

Cilt 1 Sayı 2

Vol 1 No 2

Mart

March

2020

2020

ISSN 2687-4318

J

journal of

CO

computational

DE

design

Yapı Bilgi Modelleme

Building Information Modelling

Cilt 1 Sayı 2

Vol 1 No 2

Mart

March

2020

2020

J

journal of

CO

computational

DE

design

ISSN 2687-4318

Yapı Bilgi Modelleme

Building Information Modelling

Cilt 1 Sayı 2 | Mart 2020
Vol 1 No 2 | March 2020

İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi
Istanbul Technical University Faculty of Architecture E-Journal

Yılda iki kez yayınlanır. | Published two issues in one year.

Yayıncı | Publisher
İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü | Istanbul Technical University Rectorate

Editörler | Editors
Prof. Dr. Gülen Çağdaş
Doç. Dr. Sema Alaçam
Dr. Öğr. Üyesi Ethem Gürer

Yayın Kurulu | Editorial Board
Prof. Dr. Leman Figen Gül
Prof. Dr. Mine Özkar
Prof. Dr. Hakan Yaman
Doç. Dr. Meltem Aksoy
Doç. Dr. Hasan Serdar Kaya
Doç. Dr. Gülten Manioğlu
Dr. Öğr. Üyesi Bahriye İlhan Jones
Dr. Öğr. Üyesi Aslı Kanan
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Ali Örnek
Dr. Öğr. Üyesi Sevil Yazıcı
Öğr. Gör. Dr. Elif Sezen Yağmur Kilimci
Araş. Gör. Dr. Hakan Tong

Danışma Kurulu | Advisory Board
Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Gülay Öke Günel (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Tahir Sandikkaya (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Özgür Ediz (Uludağ Üniversitesi)
Doç. Dr. Neşe Çakıcı Alp (Kocaeli Üniversitesi)
Doç. Dr. Güzden Varinlioğlu (İzmir Ekonomi Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yazgı Badem Aksoy (Medipol Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Güven Çatak (Bahçeşehir Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emre Dinçer (Karabük Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Özlem Atak Doğan (Erciyes Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Şehnaz Cenani Durmazoğlu (Medipol Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Esra Gürbüz Yıldırım (Gaziantep Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Halil Çavuloğlu (Erzurum Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Serdar Aydın (Mardin Artuklu Üniversitesi)
Fernando García Amen (Universidad de la República, Uruguay)

Bölge Temsilcisi | Regional Representative
Benay Gürsoy Toykoç (Pennsylvania State University)

Editöryal Sekreteryası | Editorial Assistance
Begüm Hamzaoğlu
Gülce Kırdar

Dizgi | Typesetting
Begüm Hamzaoğlu
Gülce Kırdar

Logo | Logo
Melis Dağ

Kapak | Cover
İlke Yıldan
Varlık Yücel

Web | Web
Begüm Hamzaoğlu



ISSN 2687-4318

İletişim | Contact
JCoDe: Journal of Computational Design
Yayın Sekreterliği
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, 34437
İstanbul Türkiye

email: jcode@itu.edu.tr
web: jcode.itu.edu.tr

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Building Information Modelling (BIM)

Editörden

JCoDe'un ikinci sayısı, mimari tasarım ve uygulama süreçlerinde son yıllarda etkin biçimde kullanılmaya başlanan YBM "Yapı Bilgi Modelleme / BIM "Building Information Modelling" i odak olarak almaktadır. YBM, son yıllarda mimarlık, mühendislik ve imalat alanlarında ortaya çıkan en gelecek vaat eden teknolojilerden biri olma özelliğindedir. Mimari tasarım ve imalat süreçlerindeki tüm paydaşların ortak, entegre ve bütünleşik biçimde çalışmasına olanak veren YBM sistemleri, genel anlamda bir yapının dijital ortamda üretilen hassas, sanal bir temsili olmanın ötesinde, tasarımdan planlamaya, hassas maliyet analizlerinden operasyon ve uygulamaya kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyasla Yapı Bilgi Modelleri bu noktada, yapıların coğrafi bilgileri, geometrileri, taşıyıcı/mekanik sistemleri, metraj ve maliyet analizleri, malzeme envanterleri, üretim yöntem ve takvimleri gibi farklı mimari bilgi türlerini bütüncül bir biçimde sunmaktadır. Dolayısıyla Yapı Bilgi Modelleme mimarlıkta, temsile dayalı bir yazılım olmaktan ziyade, bir süreç otomasyonu olarak da değerlendirilebilmektedir.

Bu bağlamda JCoDe'un ikinci sayısında, YBM düşünce ve felsefesi; mimari tasarım ve inşaa süreçlerindeki kullanımları; sistem, araç ve arayüzleri; lojistik, maliyet, enerji, malzeme, güvenlik, üretkenlik ve verimlilik gibi noktalarda mimari süreç yönetimine katkıları; disiplinler arası işbirliği olanakları; mimarlık eğitime entegrasyonu ve mimari tasarımın geleceğine dair etkileri gibi alt başlıklar çerçevesinde tartışmaya açılmaktadır. Alandaki ulusal kaynak eksikliğini gidermeye çabalamak, YBM kavramı ile yeni tanışanlara farklı perspektiflerden rehberlik etmek, dünyada ve Türkiye'de gün geçtikçe dijitalleşen yapı sektörünün YBM farkındalığını artırmak, bu sayının temel amaçları arasındadır.

Ömer Çavuşoğlu ve Gülen Çağdaş, YBM'nin erken tasarım evresindeki karar alma süreçlerinde rolünü, sürdürülebilirlik bağlamında tartışmaya açmaktadır. Çalışmada erken tasarım süreçlerindeki karar mekanizmalarında etkin olan kavramsal, içgüdüsel ve varsayımsal

girdilerin tasarıma etkisi, protokol analizleri ve bulguları üzerinden değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, Yapı Bilgi Modelleme ortamının sağladığı geri beslemelerin, erken tasarım kararlarının alınma sürecine ne gibi katkı ya da etkilerde bulunduğu, geniş bir kaynakça eşliğinde detaylı bir tartışmaya açılmıştır.

“İnşaat Sektöründe Elektronik İhale (E-İhale) Sistemleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi Entegrasyonu: Örnek Bir Çalışma” isimli araştırmada, Ayşen Saraç Çıracıoğlu ve Hakan Yaman, YBM'nin inşaat sektöründe E-İhale hizmetlerinin etkin kullanılmayışına alternatif bir çözüm sunmaktadır. E-ihale hizmetleri ve Yapı Bilgi Modellemesi bütünleştirilmesi, kullanılan terimler ve gerekli teknolojiler ile detaylandırılarak anlatılmıştır. Çalışmada derin bir literatür araştırması yapılmış, Dünya'da örnek E-İhale uygulamaları tüm gereklilikleriyle incelenmiştir. Örnek olarak, Türkiye Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP), yapım işleri başlığı altında araştırılmıştır.

Enes Kaan Karabay, “Hesaplamalı Tasarım ve Yapı Bilgi Model Entegrasyonu: “Dynamo” ile Yeni Olanakların Araştırılması” makalesinde, bir tasarım sürecindeki Hesaplamalı YBM içeren çalışmanın aşamalarını açıklamakta; özellikle Autodesk, Revit'e yeni eklenen “DynamoPlayer” eklentisi ile, yazılı algoritmaların büyük bir tasarımcı grubundaki kullanımını nasıl kolaylaştırdığını ve bilgi gereksinimini nasıl azalttığını tanımlı örnekler üzerinden detaylandırmaktadır. Çalışma, bu yeni mantıksal işlemler sayesinde, yinelenen görevler için gereken iş gücünün azaltılabildiğini ve bunun da son kullanıcı tarafından yapılan otomasyonların yolunu açtığını öne sürmektedir.

Ayşe Polat, “Building Smart with Using BIM Correctly” adlı çalışmasında, Akıllı Bina yapım teknolojisindeki gelişmeleri, Yapı Bilgi Modelleme sistemleri ekseninde ele almaktadır. Özellikle 3B modelleri ve yapı elemanları ile ilerleyen değerlendirme, daha hassas bir tasarım dokümantasyonu sağlanması yönünde hangi kritik nokta ve aşamaların oluşturulması gerektiği üzerinde titizlikle durmaktadır.

Öncelikle bu sayının gerçekleştirilmesine olanak sağlayan İTÜ Rektörlüğü ve Mimarlık Fakültesi Dekanlığı'na, bu ikinci sayıya özveri ile zaman ayırarak katkıda bulunan tüm yazarlarımıza, içeriği iyileştirmeye dönük kıymetli yorum ve hakem değerlendirmeleri ile Yayın ve Danışma Kurulu'na ve Editoryal Sekreteryaya Editörler olarak şükranlarımızı sunarız.

Bina Bilgi Modelleme İle Erken Tasarım Aşamasında Karar Verme Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi Evaluation Of Decision Making Processes In The Early Design Stage With Building Information Modeling In The Context Of Sustainability Ömer Çavuşoğlu, Gülen Çağdaş	1
İnşaat Sektöründe Elektronik İhale (E-İhale) Sistemleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi Entegrasyonu: Örnek Bir Çalışma Electronic Procurement Systems and Building Information Modeling Integration in Construction Sector: A Case Study Ayşen Saraç Çıracıoğlu, Hakan Yaman	27
Hesaplamalı Tasarım ve YBM Entegrasyonu: "Dynamo" İle Yeni Olanakların Araştırılması The Integration of Computational Design with BIM: The Exploration of New Possibilities with "Dynamo" Enes Kaan Karabay	41
YBM'yi Doğru Kullanarak Akıllı Yapım Building Smart with Using BIM Correctly Ayşe Polat	65

Evaluation Of Decision Making Processes In The Early Design Stage With Building Information Modeling In The Context Of Sustainability

Ömer Halil Çavuşoğlu¹, Gülen Çağdaş²

¹Erzurum Technical University

²Istanbul Technical University

Starting with the Industrial Revolution, there has been a change and development in world history at an unprecedented speed. As a result of the developments in the last fifty years, the emerging needs and the solutions implemented; global warming problem affecting the world globally, significant climate changes, ozone depletion, the danger of depletion of underground resources, increased energy consumption and environmental pollution have emerged. Researches show that this situation is directly related to the field of architecture and particularly architectural design. To overcome this situation, new architectural design tools and approaches started to be developed. In this context, design tools for massing have been developed for Building Information Modeling environments and the conceptual analysis and simulations have been provided. Thus, the designers have been offered the environment to test their designs with certain conceptual and presumptive inputs and to evaluate their work in the context of sustainability even at the early design stage.

From this perspective, the primary aim of this study is to examine the impact of new design tools presented by Building Information Modeling environments on early design decisions in the context of sustainability and to examine the findings. The research questions identified to achieve this aim are as follows:

- What intensity of physical and cognitive design actions occur in protocol studies?
- Is it possible to identify any similarities or differences in the context of the distribution of design actions the participants have undertaken within the scope of these working processes?
- How do feedbacks provided by the Building Information Modeling environment contribute to or influence early design decisions?

Keywords: BIM, Building Information Modeling, Sustainability, Decision making in design, Protocol Analysis.

Received: 13.03.2020

Accepted: 29.03.2020

Corresponding Author:

contact@omercavusoglu.com

Çavuşoğlu, Ö. H. & Çağdaş, G. (2020). Evaluation Of Decision Making Processes In The Early Design Stage With Building Information Modeling In The Context Of Sustainability, JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 1-26.

Bina Bilgi Modelleme İle Erken Tasarım Aşamasında Karar Verme Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi

Ömer Halil Çavuşoğlu¹, Gülen Çağdaş²

¹Erzurum Teknik Üniversitesi

²İstanbul Teknik Üniversitesi

Sanayi Devrimi ile başlayan ve günümüze kadar uzanan süreçte dünya tarihinde daha önce görülmemiş bir hızda değişim ve gelişim gerçekleşmiştir. Özellikle son elli yılda gerçekleşen gelişmeler, ortaya çıkan ihtiyaçlar ve uygulanan çözüm yollarının sonucunda; küresel olarak dünyayı etkileyen küresel ısınma sorunu, belirgin iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incelmeye, yeraltı kaynaklarının tükenme tehlikesi, enerji sarfiyatının ve çevre kirliliğinin artması gibi yeni olumsuzluklar ortaya çıkmıştır. Araştırmalar, mimarlık alanının ve özellikle de mimari tasarımın bu durum ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu olumsuz durumun üstesinden gelebilmek adına yeni tasarım araçları ve yaklaşımları geliştirilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda, Bina Bilgi Modelleme ortamları için kütle tasarım araçları geliştirilmiş ve ortamın bu kütle modelleri üzerinde kavramsal analiz ve simülasyonlar yapabilmesi sağlanmıştır. Böylelikle, tasarımcılara erken tasarım aşamasında dahi tasarımlarını belirli kavramsal ve varsayımsal girdiler ile sınavabilme ve çalışmalarını sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirebilme ortamı sunulmuştur.

Bu çalışmanın birincil amacı, erken tasarım aşamasında Bina Bilgi Modelleme ortamlarının sunduğu yeni tasarım araçlarının, tasarımcıların ilk tasarım kararları üzerindeki etkisini sürdürülebilirlik bağlamında incelemek ve erişilen bulguları irdelemektir. Bu amaca ulaşabilmek için belirlenmiş olan araştırma soruları aşağıda paylaşılmıştır:

- o Protokol çalışmalarında hangi fiziksel ve bilişsel tasarım eylemleri ne yoğunlukta ortaya çıkmaktadır?
- o Katılımcıların bu çalışma süreçleri kapsamında gerçekleştirdikleri tasarım eylemlerinin dağılımı bağlamında, herhangi bir benzerlik veya farklılık tespit edilebilmekte midir?

Anahtar Kelimeler: BBM, Bina Bilgi Modelleme, Sürdürülebilirlik, Tasarımda Karar Verme, Protokol Analizi.

Teslim Tarihi: 13.03.2020

Kabul Tarihi: 29.03.2020

Sorumlu Yazar:

contact@omercavusoglu.com

Çavuşoğlu, Ö. H. & Çağdaş, G. (2020). Bina Bilgi Modelleme İle Erken Tasarım Aşamasında Karar Verme Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 1-26.

1. GİRİŞ

Endüstri Devrimi sonrasında büyük bir hızla gerçekleşen teknolojik gelişmeler, ortaya çıkan ihtiyaçlar ve uygulanan çözüm yollarının sonucunda; tüm dünyayı etkileyen küresel ısınma sorunu, iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, yeraltı kaynaklarının tükenme tehlikesi, enerji sarfiyatının ve çevre kirliliğinin artması gibi yeni olumsuzluklar ortaya çıkmıştır. Dünyanın sahip olduğu doğal kaynakların sonsuz olmadığı, bu hızla tüketilmeye devam edilirse yakın gelecekte insanlığın ihtiyaçlarına karşılık veremeyeceğinin anlaşılması ve küresel ölçekte gerçekleşen tahribatın insanlığı tarafından da deneyimlenebilir hale gelmesiyle, son çeyrek yüzyılda sürdürülebilir kalkınma konusuna odaklanılmış ve sürdürülebilir bir ekosistemin nasıl sağlanabileceği üzerine çalışmalar başlatılmıştır.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar, inşaat endüstrisinin ve inşa edilmiş yapıların işletim giderlerinin bu olumsuz duruma sebep olan etkenler arasında büyük bir paya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkelerinde yapılan incelemeler sonucunda bu ülkelerin enerji sarfiyatlarının %47,6 (Architecture 2030, 2017) ve %40'ının (The European Union, 2012) ülkelerdeki binalar tarafından gerçekleştirildiği saptanmıştır. Birleşmiş Milletler (2005) yılında dünya nüfusunun 6 milyar olması durumunda dünyanın insanlara orta seviyede bir tüketim ortamını ancak sağlayabileceğini açıklamıştır. Dünya nüfusunun 6 milyar 1990'lı yıllarda aştığı göz önünde bulundurulursa (Smith ve Tardiff, 2009), mevcut durumun sürdürülebilirliğinin ne ölçüde zorlaştığı net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu durumu daha da kritik bir seviyeye taşıyan bir diğer durum ise; dünya nüfusunun ve buna bağlı olarak yapıli çevre ihtiyacının büyük bir ivmeyle artmaya devam ediyor olmasıdır. Birleşmiş Milletler (2017) 2050 yılında dünya nüfusunun 10 milyar sınırına ulaşmasının öngörüldüğünü bildirmiştir. 2056 yılı için yapılan öngörüler ve hesaplamalar, küresel bağlamda ekonomik hareketliliğin 5 kat, enerji sarfiyatının yaklaşık 3 kat ve üretim yoğunluğunun en az 3 kat artacağını göstermektedir (Matthews ve diğ., 2000). Benzer bir tesbite göre 20 yıl içerisinde dünyadaki yapıli çevrenin iki kattan daha fazla artması beklenmektedir (Krygiel ve Nies, 2008). Bu durum doğal kaynaklara ve enerjiye olan ihtiyacımızın büyük bir ivmeyle katlanarak artmakta olduğunu net bir şekilde göstermektedir.

İnşaat endüstrisi genelinde belirlenen bu olumsuzluklar mimari tasarım ölçeğine indirildiğinde, erken tasarım süreci mevcut problemlere

ortam hazırlayan ve dolayısıyla çözüm üretebilecek olan en önemli çalışma alanlarından biri olarak belirlenmiştir. Bu durumun temel nedeni; erken tasarım süreci işlevsel, estetik ve mali kaygılar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilirken, bu kriterlerle enerji etkinlik kriterleri ve çevresel faktörlerin ilişkisinin eş güdümlü olarak değerlendirilmesinin tasarımcılar için zorlayıcı olması olarak saptanmıştır (Radford ve Gero 1980). Bu durum üzerinde daha detaylı araştırmaların yapılmasıyla sürdürülebilirlik kriterleri ile doğrudan ilgili birçok kararın tasarımın ilk evrelerinde alındığı belirlenmiştir. Tasarımın ilk evrelerinde yapının biçimi, kabuğu, strüktür sistemi, işlevsel özellikleri, enerji verimliliği, iklim ve çevresel etkenlerle ilişkisi bazı bitirme malzemelerinin seçimi gibi tasarım ürününe ait birçok önemli karar; yeterli bilgiye sahip olmaksızın verilmekte, (Gervasio ve diğ., 2014; Granadeiro ve diğ., 2013; Hong ve diğ., 2000; Gratia ve De Herde, 2003) ve bu durum nihai tasarım ürününün çevresel, iklimsel veya coğrafik gerçekliklerle uyumlu olamaması ve ekolojik anlamda zararlı olabilmesi durumuna neden olmaktadır.

Nihai tasarım ürününe ait birçok önemli kararın tasarımın ilk evrelerinde alınıyor olması; alınan bu kararların ilerleyen evrelerde değiştirilmesinin zaman, iş gücü ve ekonomik anlamda büyük zorluklara neden olması ve bunun sonucu olarak tasarım ürünüyle ilgili arzu edilen düzenlemelerin yapılamamasından dolayı; tasarımın ilk evrelerinde tasarımın performansını ölçebilen, sınavabilen; tasarım ürünü ve tasarımcıyla etkileşime girerek bu süreçte tasarımcıya destek sağlayabilecek yeni araçlara gereksinim doğmuştur (Crawley et al. 2008, Flager et al. 2009, Schlueter ve Thesseling 2009).

Günümüzde mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinin ihtiyaçları ile doğal etkenler arasındaki olumsuz etkileşimi azaltabilmek ve hatta sonlandırabilmek için, mimari tasarımın sahip olduğu yaratıcı düşünceyi rasyonel düşünce ile desteklemenin ve tasarım sürecinin diğer bilim dallarından beslenme durumunun tasarımın ilk evrelerinden itibaren mimarların önderliğinde gerçekleştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda inşaat endüstrisinin birçok alanında yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmakta olması, erken tasarım aşamasıyla ileri aşamalar arasındaki devamlılığı, etkileşimi ve iletişimi sağlayabilecek özelliklere sahip olması ve erken tasarım aşamasında deneyimlenen problemlere çözüm ortamı oluşturabilecek varsayımsal, kavramsal ve ileri düzey analiz araçlarını içinde barındırması sebebiyle; geleneksel ve yenilikçi erken tasarım araç ve ortamlarına destekleyici olarak

çalışabilecek yeni bir çalışma ortamı olarak Bina Bilgi Modelleme öne çıkmıştır.

2. 2. ERKEN TASARIM AŞAMASINDA BİNA BİLGİ MODELLEME YAKLAŞIMI

Bina Bilgi Modelleme (BBM) ortamlarının temelini atan ilk tartışmalar, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) araçlarının henüz yeni yeni geliştirilmekte olduğu dönemlere kadar uzanmakta olsa da, BBM yaklaşımının inşaat endüstrisinde yer edinmesi ve etkinliğini artırmaya başlaması 2000'li yıllardan itibaren gerçekleşmiştir. Ancak, sahip oldukları özellikler, sundukları çalışma prensipleri ve yapabilirlikleri doğrultusunda BBM ortamları erken tasarım aşaması için katı, sınırlayıcı ve yönlendirici olarak değerlendirilmiş ve yakın bir tarihe kadar erken tasarım süreci için uygun olmayan bir çalışma ortamı olarak değerlendirilmiştir.

Son çeyrek yüzyılda sürdürülebilirlik kapsamında deneyimlenen olumsuzlukların inşaat endüstrisi üzerindeki etkileri sonucunda, tasarım sürecinin ilk evrelerinden itibaren tasarımcıların hiçbir ileri mühendislik bilgisine ihtiyaç duymaksızın, tasarımlarını performans ve etkinlik kriterlerine göre analiz edebilmelerini ve elde ettikleri geri beslemelerle tasarım sürecini sürdürebilmelerine ortam sağlayacak araçlar üzerine çalışılmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ve tespit edilen gereksinimler sonucunda; tasarımın ilk aşamalarından itibaren estetik, işlev ve performans kaygısının eş güdümlü olarak ele alınabildiği BBM, bir erken tasarım ortamı olarak öne çıkmayı başarmıştır. Bir diğer deyişle, BBM ortamlarının sahip olduğu mevcut özelliklerden faydalanabilecek ve aynı ortamda çalışabilecek yeni erken tasarım ve analiz araçları geliştirilmiştir. Böylelikle, tasarımcılara erken tasarım aşamasında dahi tasarımlarını BBM ortamında sinayabilme ve çalışmalarını sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirebilme ortamı sunulmuştur.

Erken tasarım aşamasında geometrik model üzerinden elde edilebilen ve tasarım ürünün nihai performansına bir ön bakış sağlayan bu özellikleriyle BBM, tasarımcılara tasarım ürünleri ile ilgili sayısal ve gerçek zamanlı geri beslemelerde bulunabilmekte ve tasarımcıların tasarımın her aşamasında çalışmalarını istedikleri şartlar doğrultusunda sinayabilmelerini ve geliştirebilmelerini sağlamaktadır. Analizlerin gerçekleştirilmesi, geri beslemelerin değerlendirilmesi ve tasarımın geliştirilmesi süreçleri döngüsel olarak sürdürülebilmekte; tatminkar

çözüm arayışında estetik, işlev ve performans gelişiminin eşgüdümlü olarak sürdürülebilmesi sağlanmaktadır (Schade ve diğ., 2011).

BBM, en temel erken tasarım kararlarının alındığı ilk aşamalarda dahi tasarımcılara tutarlı çizim, model ve dokümantasyon üretimi ve kontrolü sağlamakla birlikte, üretilmiş modelin ilgili hesaplamalarının yapılması ve bu sonuçların karşılaştırılması gibi konularda da ortam sağlamaktadır. Böylelikle, tasarımcılar alışık oldukları sayısal tasarım aracı özellikleri ve tasarım yöntemlerinden kopmadan, günümüzde ihtiyaç duyulmaya başlanan bina performans gereksinimlerini tasarımın ilk aşamalarından itibaren kolaylıkla kontrol edebilecek ve değerlendirebilecek duruma gelmiştir.

Tasarım ile ilgili birçok önemli karar erken tasarım aşamasında henüz alınmamış olduğu için; BBM ortamlarının kütle tasarım modelleri üzerinden analiz ve simülasyon yapabilme özelliği BBM'yi diğer araç ve ortamlardan ayırmakta ve erken tasarım için önemli bir çalışma ortamı olarak öne çıkarmaktadır. Bu bağlamda, Krygiel ve Nies'in (2008) sürdürülebilir BBM yaklaşımı için belirledikleri pasif ve aktif önlemler, BBM'nin erken tasarım aşamasında sağlayabileceği imkanlara uygun olarak indirgenmiş ve sıralanmıştır:

- o Bina Konumlandırma (Building Orientation)
- o Bina Kütlesinin Belirlenmesi (Building Massing)
- o Güneş ve Gölge Analizleri (Solar and Shadow Analysis)
- o Kavramsal Enerji Modellemesi (Conceptual Energy Modeling)
- o Potansiyel Yenilenebilir Enerji Analizi (Potential Renewable Energy Analysis)

BBM'nin erken tasarım aşamasından itibaren yukarıda listelenmiş başlıklar altında kalan alanlarda tasarımcılara hizmet verebiliyor olması, yapıya ait belirlenen sürdürülebilirlik hedeflerinin tasarımın ilk aşamalarından itibaren değerlendirilmeye başlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik performans değerlendirme sistemleri ile belirlenmiş olan değerlendirme ölçütleri ve ağırlıkları göz önüne alındığında, Erken Tasarım Aşamasında Bina Bilgi Modelleme Yaklaşımı (ETABBY) ile erken tasarım aşamasından itibaren mimarların süreç üzerinde ne kadar etkili bir rol alabileceğini görmek son derece mümkündür.

3. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın birincil amacı erken tasarım aşamasında Bina Bilgi Modelleme ortamlarının sunduğu yeni tasarım araçlarının,

tasarımcıların ilk tasarım kararları üzerindeki etkisini sürdürülebilirlik bağlamında incelemek ve erişilen bulguları irdelemektir. Bu amaca ulaşabilmek için belirlenmiş olan araştırma soruları aşağıda paylaşılmıştır:

Araştırma Sorusu I: Protokol çalışmalarında hangi fiziksel ve bilişsel tasarım eylemleri ne yoğunlukta ortaya çıkmaktadır?

Araştırma Sorusu II: Katılımcıların, bu çalışma süreçleri kapsamında gerçekleştirdikleri tasarım eylemlerinin dağılımı bağlamında, herhangi bir benzerlik veya farklılık tespit edilebilmekte midir?

Araştırma Sorusu III: Bu bağlamda, Bina Bilgi Modelleme ortamının sağladığı geri beslemeler, erken tasarım kararlarının alınma sürecine ne gibi katkı ya da etkilerde bulunmaktadır?

Çalışmanın amaç ve hedefleri doğrultusunda belirlenen araştırma konusunu incelemek ve araştırma sorularına cevap bulabilmek için BBM ortamında erken tasarım uygulamaları, asgari katılımcı olma şartlarını sağlayan ve gönüllü olarak katılımcı olmayı kabul eden 3 kişilik bir katılımcı grubuyla protokol çalışmaları olarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların bireysel farklılıklarının, bilgi ve beceri seviyelerinin birbirlerinden çok büyük farklılıklar göstermemesi amacıyla; katılımcıların mimarlık bölümü mezunu olması, mimari tasarımda bilişim alanında lisansüstü eğitim alıyor olması ve bu alandaki temel konuların en az birinde iyi düzeyde kuramsal ve pratik bilgiye sahip olması şartları aranmıştır. Bu şartları sağlayan, protokol çalışmaları öncesinde verilen eğitim seminerleri ve uygulamalara tam katılım gösteren 3 aday katılımcı olarak belirlenmiştir.

Protokol çalışmaları süresince veri toplanması için tasarım ve biliş bilimi arakesitinde sıklıkla kullanılan sesli düşünme ve geçmiş anma yöntemleri araştırılmış ve her iki yöntem de farklı pilot çalışmalar aracılığıyla denenmiştir. Bu çalışmalar sonrasında çalışmanın birincil veri toplama yöntemi olarak sesli düşünme tercih edilmiş ve tercihin sebepleri aşağıda açıklanmıştır:

o Sesli düşünme tasarımcının kısa süreli belleğinden faydalanmakta (Gero ve Tang, 1999) ve dolayısıyla tutarlı biliş temsillerinin elde edilebilmesini sağlamaktadır. Kısa süreli bellekten faydalanma durumunun karar verme eylemi ile ilgili birçok detayın ortaya çıkarılmasını sağlayabildiği literatürde tartışılmıştır (Kuusela ve Paul, 2000).

o Sesli düşünme ile gerçekleştirilen sözlü ifadelendirme sürecinde tasarımcı, ne yaptığını ya da neden yaptığını açıklamak zorunda kalmadan, problem çözme sürecinde doğrudan kendi düşüncelerini dile getirmektedir (Ericsson ve Simon, 1993; van Someren ve diğ., 1994; Goldschmidt, 2014). Böylelikle, tasarımcının gerçekleştirdiği eylemler sırasındaki düşünceleri herhangi bir yorum ve muhakeme sürecinden geçmeden doğrudan elde edilebilmektedir.

o Sesli düşünme yöntemi, tasarımcıların problemi algılamaya çalıştıkları tasarım sürecinin başlangıç aşamasında geçmişini anma yöntemine göre daha çok bilgi ortaya çıkarmaktadır (Gero ve Tang, 2001).

o Sesli düşünme protokollerinde problemin analiz edilmesi, dış verilere (external information) danışılması ve tasarım probleminin değerlendirilmesi gibi eylemlerin geçmişi anma protokollerine göre daha geniş bir bölümde ele alındığı tespit edilmiştir (Gero ve Tang, 2001).

Sesli düşünme yöntemine ek olarak, protokol çalışmalarının tamamlanması sonrasında katılımcılarla yarı yapılandırılmış ve açık uçlu mülakatlar yapılmıştır. Böylelikle, katılımcıların çalışma konusu kapsamında gerçekleştirdikleri bilişsel eylemlerle ilgili düşünceleri hakkında derinlemesine bilgi edinilebilmesi ve veri toplanabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, bu yöntem ile doğrudan katılımcılardan edinilen bu geri bildirimler protokol çalışmalarının geçerliliğinin sınanması amacıyla da kullanılmıştır.

Veri toplama işlemlerinin hemen sonrasında kayıt altına alınmış olan protokol çalışmaları süreçlerine ait video tabanlı dokümanlar düzenlenmiş ve veri çözümleme aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada toplanan verilerin çözümleme işleminin gerçekleştirilmesi için tasarımda biliş alanında kabul görmüş ve sıklıkla kullanılan bir yöntem olan protokol analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu bağlamda, protokol çalışmalarından elde edilmiş veriler göz önünde bulundurulmuş ve çalışmanın amacına hizmet etmek üzere Ortam, Fiziksel Eylemler ve Bilişsel Eylemler olmak üzere üç ana kategoriden oluşan bir kodlama şeması geliştirilmiştir. Böylelikle, katılımcıların hangi ortamda çalışırken hangi fiziksel ve bilişsel eylemleri eş güdümlü veya sıralı olarak gerçekleştirdikleri takip edilebilir hale gelmiştir. Bu üç ana kategori ve ilgili alt kategorileri **Tablo 1**'de tanımlanmıştır.

Ortam (O)	Ortam kategorisinin temel amacı diğer ana kategoriler altında gerçekleştirilen eylemlerin hangi çalışma ortamında gerçekleştirildiğini çözümlene ve bulguların açığa çıkarılması süreçlerinde doğrudan değerlendirebilmek ve kontrol edebilmektir.
Eskiz Ortamı (O1)	Katılımcıların doğrudan eskiz ortamında çalışmaları durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O1' (Eskiz Ortamı) olarak kodlanmıştır.
Kütle Modelleme Ortamı (O2)	Katılımcıların doğrudan kütle modelleme ortamında çalışmaları durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O2' (Kütle Modelleme Ortamı) olarak kodlanmıştır.
Enerji Analizi Arayüzü Ortamı (O3)	Katılımcıların doğrudan enerji analizi arayüzü ortamında çalışmaları durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O3' (Enerji Analizi Arayüzü Ortamı) olarak kodlanmıştır.
Fiziksel Eylemler (F)	Fiziksel Eylemler kategorisinde katılımcıların çalıştıkları ortamda bilişsel eylemleri ile eş güdümlü olarak gerçekleştirdikleri fiziksel eylemlerin genel bir perspektifte kodlanarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
Eskiz Çalışması (F1)	Katılımcıların eskiz ortamında gerçekleştirdikleri çalışmalar doğrudan 'F1' (Eskiz Çalışması) olarak kodlanmıştır.
Kütle Modeli Oluşturma veya Dönüştürme (F2)	Katılımcıların Bina Bilgi Modelleme ortamında gerçekleştirdikleri kütle modeli oluşturma ve dönüştürme gibi modelleme tabanlı eylemler 'F2' (Kütle Modeli Oluşturma veya Dönüştürme) olarak kodlanmıştır.
Kütle Modeline Varsayımsal Değerler Atama (F3)	Katılımcıların Bina Bilgi Modelleme ortamında geliştirdikleri kütle modellerine analiz sürecinde kullanmak üzere ortamın özelliklerini kullanarak varsayımsal değerler atamaları 'F3' (Kütle Modeline Varsayımsal Değerler Atama) olarak kodlanmıştır.
Analiz Sonuçlarını İnceleme ve Enerji Analizi Arayüzü Üzerinde Varsayımsal Değerler Atama (F4)	Katılımcıların bu çalışmada kullanılan Bina Bilgi Modelleme ortamı olan Revit (Url-1) üzerinde bir eklenti olarak çalışan ve ayrıca bir websitesi arayüzü ile de erişim sağlanabilen Insight aracının (Url-2) arayüzünde ilgili enerji analiz sonuçlarını incelemeleri ve yine bu arayüz üzerinde varsayımsal değerler atayarak model ile analiz girdi ve çıktıları arasındaki etkileşimi deneyimleme eylemleri 'F4' (Analiz Sonuçlarını İnceleme ve Enerji Analizi Arayüzü Üzerinde Varsayımsal Değerler Atama) olarak kodlanmıştır.

Tablo 1: Kodlama şeması kategoriler, kodlar ve tanımları.

Durum Değerlendirme (F5)	Protokol çalışmaları süresince bazı durumlarda, katılımcıların doğrudan bir fiziksel eylem gerçekleştiriyorken de düşüncelerini sesli olarak ifade ettikleri belirlenmiştir. Bu süreçler değerlendirildiğinde katılımcıların o esnalarda daha çok mevcut durumları ile ilgili bir değerlendirme yaptıkları tespit edilmiştir. Katılımcıların herhangi bir fiziksel eylem gerçekleştirmediği süreçler 'F5' (Durum Değerlendirme) olarak kodlanmıştır.
Bilişsel Eylemler (B)	Bilişsel eylemler kategorisinde katılımcıların çalıştıkları ortamdafiziksel eylemler ile eş güdümlü olarak gerçekleştirdikleri bilişsel eylemlerin genel bir perspektifte kodlanarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
Düşüncenin İfade Edilmesi ve Problemin Kurgulanması (B1)	Katılımcıların düşüncelerini sesli olarak ifade etmeleri ile elde edilen transkriptlerin içeriği doğrultusunda katılımcının düşüncesini ifade ettiği veya problem kurgulamaya yönelik ifadelerde bulunduğu süreçler 'B1' (Düşüncenin İfade Edilmesi ve Problemin Kurgulanması) olarak kodlanmıştır.
Değerlendirme (B2)	Katılımcıların sözlü ifadelerinin temel amacının ilgili durumu değerlendirmek olduğu süreçler 'B2' (Değerlendirme) olarak kodlanmıştır.
Karar Verme (B3)	Katılımcıların sözlü ifadelerinin temel amacının ilgili durum ile ilgili karar vermek olduğu süreçler 'B3' (Karar Verme) olarak kodlanmıştır.
Değerlendirme Dışı İçerik (X)	Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ortam ve fiziksel eylemler kategorileri kapsamında baştan sona kadar kodlanmış olsalar da bilişsel eylemler bağlamında belirli nitelikteki bazı süreçler değerlendirme dışı olarak kabul edilmiş ve 'X' (Değerlendirme Dışı İçerik) olarak kodlanmıştır.

Tablo 1 (devam)

4. PROTOKOL ÇALIŞMALARININ UYGULANDIĞI TASARIM PROBLEMİ

Protokol çalışmalarının tasarım konusu olarak, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü içerisinde yer alacak; gerek lisans gerekse lisansüstü seviyesinde, öğrencilerin akademik ve sosyal aktivitelerini gerçekleştirebilecekleri yeni mekanlara olan ihtiyaca cevap verebilecek işlevleri kapsamak üzere; öğrencilerin

toplama ve buluşma merkezi olarak kullanabileceği, eğitim ve sosyal tabanlı aktivitelerini gerçekleştirebileceği konforlu bir ortam olarak bir 'çok amaçlı öğrenci merkezi' için kütle tasarım modeli geliştirmek olarak belirlenmiştir. Tasarım problemi için belirlenmiş olan alana ve yakın çevresine ait fotoğraflar ve katılımcılara verilen vaziyet modeline ait görsel **Şekil 1**'de; tasarım problemine ait mimari ihtiyaç programı ise **Tablo 2**'de verilmiştir.



Şekil 1 Tasarım problemi için belirlenen tasarım alanına ait görseller ve çalışma dosyası.

Kullanım Amacı	Alan
Akademik Çalışma Alanları <i>Açık planlı çalışma salonları ve stüdyolar (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	2500 m ²
Akademik Çalışma Alanları <i>Çalışma grubu, seminer, çalıştay odaları ve bilgisayar laboratuvarı (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	1500 m ²
Sosyal İçerikli Çalışma ve Dinlenme Alanları <i>Öğrenci kulüp odaları ve ortak kullanım alanları (ilgili servis ve sirkülasyon alanları)</i>	1500 m ²
Yeme/İçme Alan(lar)ı <i>Öğrenci merkezi ve yurtlar için yeme/içme alanı (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	1500 m ²
Toplam	7000 m ²

Tablo 2 Tasarım problemine ait mimari ihtiyaç programı.

İşlevsel Hedefler: Tasarım problemi kapsamında belirlenmiş olan kullanım alanlarının işlevsel özellikleri ve mekansal büyüklükleri (Çizelge 3) bağlamında belirlenmiş olan işlevsel hedefler aşağıda sıralanmıştır:

- Katılımcıların Çizelge 3'te verilmiş olan mimari ihtiyaç programında belirtilen mekansal ve işlevsel özellikleri göz önünde bulundurarak tasarım problemine ait ilk tasarım önerilerini geliştirmeleri beklenmektedir.
Erken tasarım sürecinin doğasını bozmamak amacıyla mimari ihtiyaç programında belirlenmiş mekansal büyüklüklerin %10'luk oranı aşmamak kaydıyla artırabilmesine izin verilmiştir.
- Bu bağlamda, katılımcılardan tasarım önerilerinin temel mekansal kurgusunu oluşturmaları, farklı işlevlere, mahremiyet seviyelerine ve çalışma saatlerine sahip mekanların doğrudan ve dolaylı bağlantılarını kurgulamaları istenmiştir.

Bağlamsal Hedef: Tasarım problemi kapsamında belirlenmiş olan bağlamsal hedef aşağıda verilmiştir:

- Geliştirilen ilk tasarım önerilerini öncelikli olarak komşu binalar ve yakın çevre olmak üzere çevre ile başarılı bir şekilde bütünleşebilecek nitelikte tasarlamak.

Sürdürülebilirlik Hedefleri: Tasarım problemi kapsamında belirlenmiş olan sürdürülebilirlik hedefleri aşağıda sıralanmıştır:

- Protokol çalışmaları kapsamında geliştirilen tasarım önerilerinin asgari enerji etkinlik performansının Revit ortamının da referans değer olarak kullandığı standartlardan biri olan ASHRAE 90.1 standardını sağlaması beklenmektedir. Ancak, katılımcılar çok daha yüksek enerji etkinlik seviyesine sahip bir tasarım önerisi geliştirme konusunda teşvik edilmiştir. Bu bağlamda Revit ortamının referans standartlarından bir diğeri olan Architecture 2030 inisiyatifinin 2030 yılı için belirlediği 'Sıfır Karbon Salımlı Bina Hedefi' katılımcılara bir diğer hedef olarak sunulmuştur. Özetle, katılımcıların geliştirmiş oldukları tasarım önerisinin ASHRAE 90.1 standardını sağlaması asgari teslim şartı olarak belirlenmiş, ancak bu değeri elde ettikten sonra tasarımlarını kendi mimarlık görüşleri ve sürdürülebilirlik parametreleri bağlamında ne yönde ve ölçüde geliştirecekleri kendi inisiyatiflerine bırakılmıştır.
- Tasarım sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinin önemi vurgulanmış ve tasarım önerisinin enerji etkinlik performansı geliştirilirken bu kapsamda bir çalışmanın da yapılması konusunda katılımcılar cesaretlendirilmiştir.

Tablo 3 Tasarım probleminin asgari hedefleri

Tasarım çalışmasının belirlenen sürede tamamlanabilmesini sağlamak ve araştırmanın amacına engel olmayacak şekilde tasarım problemini kurgulamak amacıyla; çalışmanın asgari tasarım hedefleri işlevsel, bağlamsal ve sürdürülebilirlik hedefleri bağlamında belirlenmiş ve bu hedefler **Tablo 3**'te açıklanmıştır.

5. BULGULAR

Çalışmanın amacı ve kapsamını netleştirmek amacıyla belirlenmiş olan 3 araştırma sorusu; protokol analizlerinin sonuçları, araştırmacının gözlemleri ve katılımcıların geri bildirimleri doğrultusunda detaylıca değerlendirilmiş ve tartışılmıştır (Çavuşoğlu, 2019). Bu bölümde ise, ilgili çalışmalarda edinilen ana bulgular ve sonuçlar kısaca paylaşılmış ve açıklanmıştır. Bu bağlamda elde edilen verilerin ve sonuçların örtüşmesi sebebiyle ilk iki araştırma sorusuna yönelik elde edilen bulgu ve sonuçlar aynı kapsamda irdelenmiş ve paylaşılmıştır:

Araştırma Sorusu I: Protokol çalışmalarında hangi fiziksel ve bilişsel tasarım eylemleri ne yoğunlukta ortaya çıkmaktadır?

Araştırma Sorusu II: Katılımcıların bu çalışma süreçleri kapsamında gerçekleştirdikleri tasarım eylemlerinin dağılımı bağlamında, herhangi bir benzerlik veya farklılık tespit edilebilmekte midir?

Protokol çalışmalarında eskiz, Revit (Url-1) ve Insight (Url-2) ortamları katılımcıların kullanımına sunulmuş ve tasarım probleminde belirtilen şartların sağlanması şartıyla ortamlarda geçirilecek süre ve yapılacak çalışmalar bakımından hiçbir ek şart koşulmamıştır. Katılımcıların (K1, K2 ve K3) tasarım süreçleri ayrı ayrı incelenmiş ve protokol çalışmaları sonrasında gerçekleştirilen mülakatlarda gerek tasarım süreci gerek ise son tasarım ürünü ile ilgili olarak katılımcıların görüşleri alınmıştır. Protokol çalışmalarında edinilen verilerin çözümlenme aşamasında 3 katılımcının protokol çalışması süreçleri kendi çalışma süreçleri özelinde yüzdelerle ifade edilmiştir. Böylelikle, uygulama süresi birbirinden farklılık gösteren çalışma süreçleri arasındaki dengesizliğin giderilmesi ve her sürecin kendi içerisinde bir bütün olarak ele alınması sağlanmıştır.

Bu kapsamda ilk olarak katılımcıların tasarım süreçlerinin birbirleri ile benzerlik ve farklılık gösteren yönleri tespit edilmiştir. Örneğin K2, ilk tasarım alternatifini geliştirmek için eskiz ortamında uzun bir çalışma gerçekleştirirken; K3'ün çok kısa bir eskiz çalışması sonrasında

doğrudan kütle modelleme ortamına geçiş yaptığı ve tasarımını burada şekillendirmeyi tercih ettiği görülmüştür. Protokol çalışmaları sonrasında gerçekleştirilen mülakatlarda, iki katılımcı da gerçekleştirdikleri çalışmanın kendi doğal çalışma süreçlerini yansıttığını ifade etmiştir.

Tespit edilen bir diğer önemli nokta ise, katılımcıların eskiz ve kütle modelleme ortamlarında gerçekleştirdikleri ilk tasarım çalışmalarından tatmin olmamaları durumunda, kütle modelleme ortamından eskiz ortamına geçiş yapabilmeleri ve tasarımlarını tekrar gözden geçirerek uygun gördükleri şekilde dönüşümü sağlayabilmeleri olmuştur. Bu bağlamda, protokol çalışmalarının kurgusunun katılımcıları kendi tasarım pratiklerinden uzaklaştırmadığı ve tasarım süreçlerini bir optimizasyon çalışmasına dönüştürmediği tespit edilmiştir. Katılımcılar da mülakatlarda bu tespiti onaylamış ve gerçekleştirdikleri tasarım çalışmaları boyunca kendi tasarım görüşlerini, kendilerine verilen tasarım problemi bağlamında değerlendirdiklerini, asgari şartları sağlamaları koşuluyla mimari tasarım anlayışlarına ters düşen herhangi bir duruma zorlanmadıklarını ifade etmişlerdir.

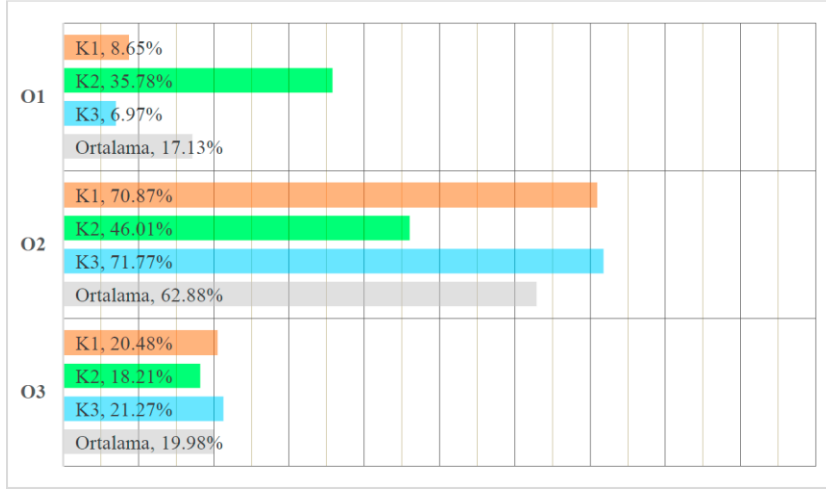
Protokol çalışmalarının tasarım süreçleri genel bir perspektifte irdelendiğinde, katılımcıların iki farklı tasarım yaklaşımını uyguladıkları görülebilmektedir. Buna göre K1 ve K3, ilk tasarım alternatiflerine ait genel kararları eskiz ve kütle modelleme ortamında belirledikten hemen sonra enerji analizi ortamında çalışmalarına başlamış ve tasarım süreci ile enerji analizi çıktılarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi çalışmalarını eş güdümlü bir şekilde sürdürmeyi tercih etmiştir. K2 ise, öncelikle eskiz ortamında detaylı bir çalışma yaparak süreci başlatmıştır. Ardından, Revit ortamında kütle modelini oluşturmuş ve geliştirdiği tasarım alternatifinden tatmin olduğuna kanaat getirmesi ile enerji analizi ortamına geçiş yapmayı tercih etmiştir. Bu bağlamda K1 ve K3'ün aksine; K2, enerji analizi ortamında edindiği geri bildirimleri, mevcut tasarımına çok fazla müdahale etmeden sadece kütlelerinin cephesi ve varsayımsal değerler üzerinde çalışarak değerlendirmeyi tercih etmiştir. Dolayısıyla, küçük bir katılımcı grubu içinde dahi olsa, protokol çalışmalarında elde edilen tasarım süreçlerinin farklılık gösterdiği ve erken tasarım aşamasında sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirme yapmanın tasarımcıları belli bir tasarım kalıbına sokabileceği endişelerinin gerçekleşmediği saptanmıştır.

Elde edilen bir diğer bulgu ise, katılımcıların tasarım eylemlerinin farklı kapsamlarda yaptıkları çalışmalarda farklı nitelikler göstermesi olmuştur. Tasarım eylemini açıklamak için ortaya atılmış olan iki önemli paradigma olan (Dorst ve Djikhuis, 1995) rasyonel problem çözme süreci ve 'eylemde yansıma' (reflection-in-action) yaklaşımı doğrultusunda bu durum değerlendirilirse, katılımcıların tasarım alternatiflerini geliştirmeye çalıştıkları süreçlerin, Schön'ün 'eylemde yansıma' yaklaşımıyla örtüştüğü görülmektedir (Schön, 1993). Insight ortamında elde edilen çıktıların değerlendirilmesi, bu bağlamda kararlar alınması ve bu kararların kütle modeli üzerinde uygulanması gibi daha çok neden-sonuç ilişkisine dayalı uygulamaları kapsayan süreçler ise, Simon'ın rasyonel problem süreci kapsamında değerlendirilebilir nitelikler göstermektedir (Simon, 1992).

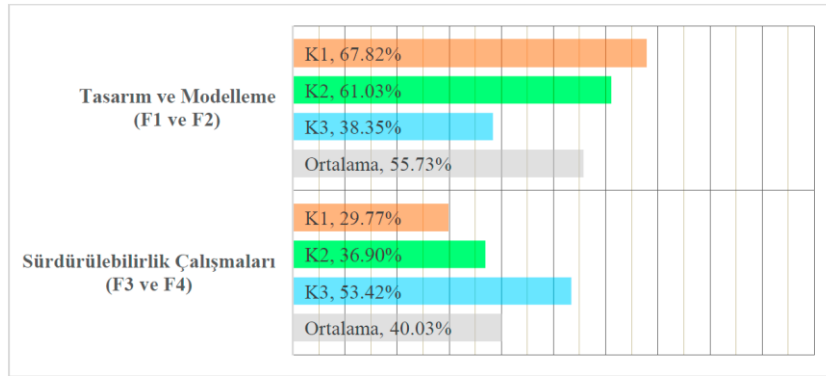
Bu gözlem ve tespitler doğrultusunda ve araştırma sorusu I kapsamında, protokol çalışmalarında kullanılan ortamlar ve gerçekleştirilen fiziksel eylemlerin çalışma süreci içerisindeki dağılımları incelendiğinde elde edilen sonuçlar **Şekil 2** ve **3**'te paylaşılmıştır. **Şekil 2**'de de görüldüğü üzere katılımcılar; çalışma süreçlerinin ortalama %17'sini O1, %63'ünü O2 ve %20'sini O3 ortamlarında gerçekleştirmeyi tercih etmişlerdir. Daha önce de açıklandığı üzere, ortaya çıkan 2 farklı çalışma yaklaşımı sebebiyle katılımcıların bireysel süreçleri arasında ise belli oranda farklılaşma tespit edilmiştir.

Bu bağlamda, katılımcıların tasarım ve kütle modelleme eylemlerini ifade eden F1 ve F2 kodları, tasarım ve modelleme eylemlerini içeren bir üst kategori olarak tercih edilmiştir. Benzer şekilde, kütle modelleme ortamında varsayımsal değerlerin atanması ve cephe yüzeylerinin özelleştirilmesi ve enerji analizi ortamında analiz sonuçlarının incelenmesi ve ilgili değerlerin bu ortamda atanması gibi eylemler kapsayan F3 ve F4 ise sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında sınıflandırılmıştır. Bu fiziksel eylemlerin dışında kalan ve katılımcıların gerçekleştirdikleri durum değerlendirme eylemlerini kapsayan F5 koduna ait sonuçlar ise bu değerlendirme kapsamında tutulmamıştır. 2 ana başlık altında sınıflandırılarak tasarım süreçleri boyunca farklı amaca hizmet eden eylemlerin süreç içerisinde kapsadıkları yüzdelik dilimlere ait veriler **Şekil 3**'te sunulmuştur. Şekilde de görülebileceği üzere katılımcılar; tasarım anlayışları, sürdürülebilirlik bilgileri, BBM ortamını kullanma becerileri ve üretmeyi tercih ettikleri alternatif sayıları bakımından bu eylemleri görece farklı zaman dilimlerinde kullanmayı tercih etmişlerdir. Ancak, kullanılan ortamlardan edinilen

verilerin aksine (**Şekil 2**), bu sınıflandırma sonucunda elde edilen veriler görece birbirlerine daha yakın oranlarda tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, katılımcıların çalışma süreçlerinin %56'sını tasarım ve modelleme, %40'ını ise sürdürülebilirlik bağlamında ele alınabilecek çalışmalara ayırdıkları net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 2 Protokol Çalışmaları Süresince Katılımcıların Farklı Ortamlarda Geçirdikleri Sürelerin Oranları.

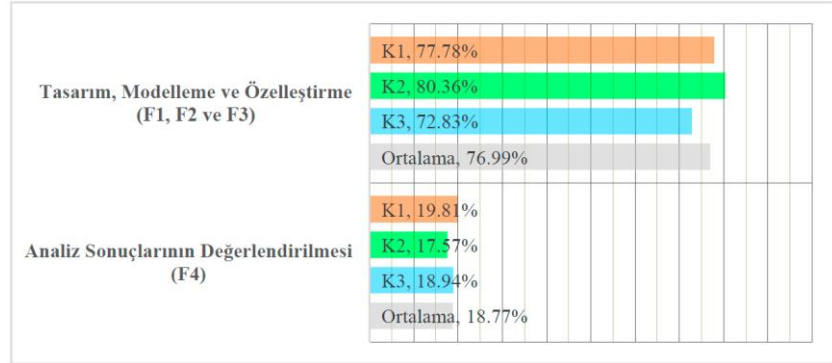


Şekil 3 Tasarım ve Modelleme ile Sürdürülebilirlik Çalışmaları Sınıflandırmalarının Protokol Çalışmaları Süreçlerindeki Zaman Dağılımı ve Ortalama Değerleri.

Ancak bir başka bakış açısıyla, F3 kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların BBM ortamında gerçekleştirilen kütle modelleme çalışmaları olarak ele alınabilmesi ve 'Tasarım ve Modelleme' sınıflandırması içine dahil edilebilmesi de mümkündür. F3 kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların çok büyük bir kısmının kütle modellerinin yüzeylerinin özelleştirilmesi bağlamında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulunca bu durumun daha da geçerlilik kazandığı ifade edilebilir niteliktedir. **Şekil 3**'te paylaşılmış olan veriler bu doğrultuda

değerlendirildiğinde ve yeniden sınıflandırıldığında elde edilen sonuç ise **Şekil 4**'te paylaşılmıştır.

Şekil 4 Tasarım ve modelleme ile sürdürülebilirlik çalışmaları sınıflandırmalarının protokol çalışmaları süreçlerindeki zaman dağılımı ve ortalama değerleri.



F1, F2 ve F3 kodlarının 'Tasarım, Modelleme ve Özelleştirme' başlığıyla kodlandırılması ve diğer sınıflandırmanın F4 kodu ile tanımlanması sonucunda elde edilen veriler Şekil 4'te sunulmuştur. Bu bakış açısıyla değerlendirildiğinde, katılımcıların çalışma süreçlerinin %77'si gibi önemli bir kısmını 'Tasarım, Modelleme ve Özelleştirme' eylemleri kapsamında; buna karşın, O3 ortamında analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve varsayımsal değerlerin sınanması ya da atanması gibi eylemlerin ise sürecin sadece %19'luk bir kısmında gerçekleştiği görülmektedir. Katılımcıların protokol çalışması sonrasında verdikleri geri bildirimlerde, kütle modelleri üzerinde yüzeyleri özelleştirebilmenin kendileri ve tasarım süreçleri için çok pozitif olduğunu belirtmeleri ve hatta tasarım süreci için çok önemli bir girdi olarak tanımlamaları doğrultusunda, Şekil 4'te ele alınan sınıflandırmanın bu çalışmanın uygulamaları kapsamında oldukça geçerli bir sonucu temsil ettiği söylenebilir.

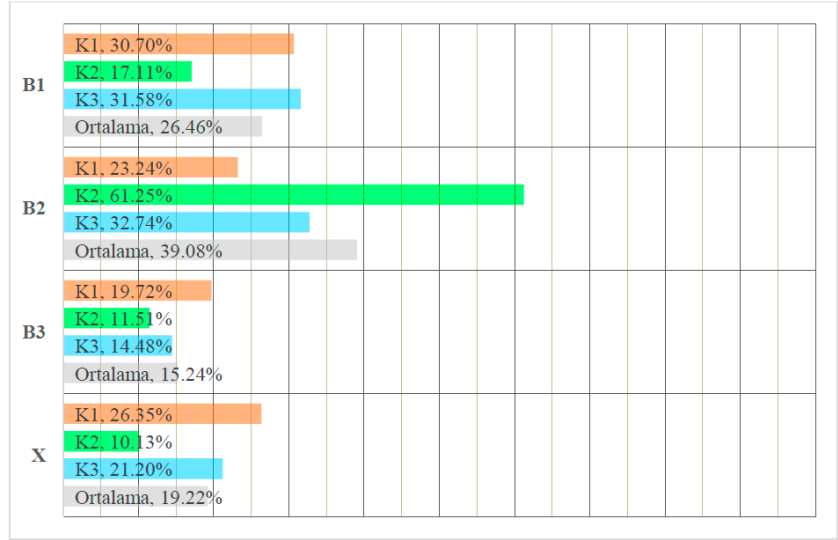
Bu bağlamda, protokol çalışmalarının ana konusu enerji etkin bir bina tasarlamak olmasına rağmen, ETABBM ortamlarında gerçekleştirilen çalışmalarda katılımcıların süreçlerinin ortalama %77'sini tasarım ve modelleme eylemlerini gerçekleştirmek için ve sadece %19'luk kısmını analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için kullandıklarının tespit edilmesi önemli bir bulgu olmuştur. Bu durumun daha da pozitif bir perspektifte değerlendirilebilmesini sağlayabilecek bir diğer unsur ise, katılımcıların O3 ortamında ve F4 eylemi bağlamında gerçekleştirdikleri çalışmaların büyük bir kısmının ilgili analiz çıktılarına anlayış geliştirmek amacıyla gerçekleştirilmiş olmasıdır. Katılımcıların kendi ifadelerinde de olduğu üzere, geliştirdikleri her yeni alternatifin değerlendirilmesinde O3 ortamının sağladığı geri bildirimlere olan aşinalık ve hakimiyet düzeyleri

arttığı için, kullanıcıların daha bilinçli ve hızlı bir şekilde işlemlerini tamamlayabildikleri görülmüştür. Bu bağlamda, uzun soluklu ya da bu alanda çalışma pratiği daha ileri düzeyde olan tasarımcılar ile gerçekleştirilen çalışmalarda bu oranların F4'ten F1-F2-F3 kodlarına doğru geçiş gösterebileceğini ön görmek mümkündür.

Araştırma sorusu I ve II kapsamında bilişsel eylemlerin ele alınması durumunda ise, araştırma sorusuna sağlıklı bir cevap verebilmek adına bilişsel eylemler kapsamındaki değerlendirmenin başlatıldığı ilk andan itibaren geçerli olan süreçler için elde edilmiş olan veriler değerlendirilmiştir (Şekil 5). Şekil 5'te katılımcıların analiz çıktılarını incelemeye başlamalarından çalışmalarını sonlandırdıkları ana kadar olan süreçte gerçekleştirdikleri bilişsel eylemlerin oranları görülmektedir. Bu değerlendirmede de; Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 kapsamında paylaşılan bulgulara benzer bulgulara ulaşmak mümkün olmaktadır. Analiz sonuçlarını değerlendirmeye ve tasarımlarını bu doğrultuda şekillendirmeye daha önce başlamış olan K1 ve K3'ün bilişsel eylemler bakımından birbirlerine daha yakın oranlara sahip olduğu görülürken, tasarım alternatifini büyük ölçüde netleştirdikten sonra O3 ortamında çalışmaya başlamayı tercih eden K2'nin O3 ortamında B2 eylemini önemli bir yoğunlukta uygulamayı tercih ettiği tespit edilebilmektedir.

Bu kapsamda ifade edilebilecek bir diğer önemli bulgu ise, katılımcıların B2 eylemini büyük oranda O3 ortamında gerçekleştirmeleri olmuştur. Bir diğer deyişle, O3 ortamında elde edilen geri bildirimlerin kütle modeli üzerine yansıtılması aşamasında katılımcılar değerlendirme yapmaktan çok düşüncelerini ifade etme, problemi kurgulama ve karar alma eylemlerini uygulamışlardır. Şekil 5'te katılımcıların X kodlu değerleri göz önünde bulundurulduğunda ise çalışma süreçlerinin yaklaşık %19'unun bu kapsamda değerlendirildiği görülmektedir. Özellikle tasarım ve enerji analizi süreçlerini eş güdümlü olarak sürdürmeye çalışmış olan K1 ve K3'te bu değerlerin daha yüksek olması, katılımcıların araca ve sürdürülebilirlik ilkelerine hakimiyetleri bakımından zorlandıklarını göstermektedir. Bu bağlamda, BBM ortamlarının sürdürülebilirlik bağlamında kullanıcılarına bir karar destek sistemi olarak önemli bir çalışma ortamı sunduğunu belirtmekle beraber, tasarımcıların da bu alanlarda kuramsal ve pratik olarak kendilerini geliştirmesinin gerekliliği net bir şekilde görülmektedir.

Şekil 5 : Bilişsel eylemler bağlamında değerlendirilen süreçlerin zaman dağılımı ve ortalama değerleri.



Araştırma Sorusu III: Bu bağlamda, Bina Bilgi Modelleme ortamının sağladığı geri beslemeler, erken tasarım kararlarının alınma sürecine ne gibi katkı ya da etkilerde bulunmaktadır?

Wang ve Ruhe (2007), karar verme eylemini; bir ölçütü göz önünde bulundurarak, farklı alternatifler arasından bir seçeneği tercih etmek olarak açıklamıştır. Araştırmacılar ayrıca, tercih alternatiflerini ve ölçütlerini oluşturan havuzun ölçeği ne kadar büyürse, verilen kararın da o ölçüde ideale yaklaşacağını savunmuştur. Aynı çalışmada; bilişsel karmaşıklık seviyesi çok yüksek problemlerin, rasyonel bir yolla çok daha basitleştirilebileceğini ve çözülebileceğini tartışmışlardır. Bu bağlamda, problemlere ait bilişsel karmaşıklıkların azaltılabilmesi için, çözüme yönelik sezgisel geri bildirimler önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tasarım problemleri genellikle açık uçlu, karmaşık ve muğlak olarak tanımlanmaktadır. Tasarım problemlerinin bu özellikleri ve tasarım sürecinin döngüsel yapısı değerlendirildiğinde, tasarım sürecinde karar verme süreçlerinin doğasının dinamik bir yapıda olmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dinamik karar verme (dynamic decision making), literatürde 4 ana özellik kapsamında tanımlanmıştır. Bu tanıma göre, dinamik karar verme süreçlerinde amaca ulaşmak için alınan kararların birbirlerinden bağımsız olması, karar vericinin eylemleri sonucunda problemin doğasının dinamik olarak değişebilmesi ve karar verme işlemlerinin gerçek zamanlı bir ortamda veriliyor olması gerekmektedir (Edwards, 1962; Brehmer, 1992).

Tasarımda karar verme, tasarım alternatiflerinin üretilmesi ve seçilmesi için döngüsel veya tekrar eden bir süreci ifade etmektedir. Bu sürecin

sonunda çok sayıda yeni, yaratıcı ve yenilikçi tasarım fikri üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için; yer, işlev, biçim, estetik, maliyet, zaman, malzeme ve ekolojik konular gibi birçok tasarım kriteri (Bianchi ve diğ., 2009) tasarım probleminin yeniden kurgulanması ve özgün bir çözüm geliştirilmesi için kullanılmaktadır (Akın ve Lin, 1995). Lerch ve Harter (2001), dinamik karar verme süreçlerinde birbirleriyle örtüşen iki bilişsel eylemden yararlanılmasının gerekliliğinin altını çizmiş ve bu eylemleri şu şekilde tanımlamıştır:

- o Güncel ve ulaşılması hedeflenen durumla ilgili önemli değişkenlere ait bilgilerin takip edilmesi ve
- o Alternatif eylemlerin denetlenmesi, üretilmesi, değerlendirilmesi ve seçilmesi.

Bu bağlamda, ETABBM yaklaşımında da önemli bir yere sahip olan geri bildirimlerin dinamik karar verme süreçleri için çok önemli bir etken olduğunu söylemek mümkündür. Bu kapsamda sonuç geri bildirim (outcome feedback), bilişsel geri bildirim (cognitive feedback) ve ileri bildirim (feedforward) 3 önemli karar destek mekanizması literatürde öne çıkmaktadır (Gonzalez 2005). Sonuç geri bildirim, performans sonuçları üzerinden karar vericilere geri bildirim sağlayarak karar verme eylemini destekleyen çıktıları ifade etmektedir. Bilişsel bildirim ise karar verme görevinin nasıl gerçekleştirilebileceği kapsamında karar vericiye yol gösteren geri bildirimleri tanımlamaktadır. İleri bildirim ise, karar vericilere bir ortam içerisinde 'olursa ne olur (what-if)' değerlendirmesi yapmayı sağlayan bildirimleri ifade etmektedir.

Karar verme eylemi ve geri bildirimlerin karar verme süreçleri üzerindeki etkisi bağlamında literatürde tartışılmış ve yukarıda özetlenmiş olan bilgiler doğrultusunda ETABBM yaklaşımının erken tasarım aşamasında ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarımcıya tam anlamıyla bir karar destek sistemi olarak hizmet verebildiği ve ortam sağlanabildiği net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Protokol çalışmalarında Revit ve Insight ortamlarının katılımcılara sağladığı geri bildirimler, yukarıda tanımlanmış olan 3 ana geri bildirim tipini kapsayacak niteliklerde karar destek hizmeti sunmaktadır.

Bu durumu açmak gerekirse, katılımcıların geliştirdikleri tasarım çalışması için enerji analizi isteminde bulunmaları durumunda karşılarına gelen ilk sonuç, tasarım alternatifinin sürdürülebilirlik bağlamında performansını ortaya koyan bir analiz çıktısı olmaktadır. Bu analiz çıktısı, literatürde sonuç geri bildirim (outcome feedback) olarak ifade edilen geri bildirim türünün özelliklerine sahiptir. Ancak, bu ortamda ve aynı analiz çıktısı üzerinde, katılımcının her bir

değerlendirme etkeni için ayrı ayrı değerlendirme yapabilmesini sağlayan yeni çalışma sayfaları bulunmakta ve katılımcılar, bu arayüz sayesinde ilgili sürdürülebilirlik etkeni için farklı alternatif tercihlerinin nasıl bir performans çıktısı üretebileceğine dair bir geri bildirim alabilmektedir. Bu özellik ise, büyük oranda bilişsel geri bildirim (cognitive feedback) mekanizması ile örtüşmektedir. Son olarak, Insight ortamında elde edilen geri bildirimler ile Revit ortamındaki kütle modelinin etkileşim halinde çalışabiliyor olması sebebiyle, tasarım alternatifi ve performans çıktıları arasında 'olursa ne olur (what-if)' senaryoları üretilip yeni değerlendirmeler yapabilmek mümkün olmaktadır.

Böylelikle, ETABBM yaklaşımı kapsamında bu çalışmanın çalışma ortamı olarak belirlenmiş olan bu ortamların, literatürde 3 önemli karar verme mekanizması olarak tanımlanmış olan bu farklı geri bildirim türlerini önemli ölçüde destekleyebildiğini söylemek son derece mümkündür. Araştırmacının gözlemleri doğrultusunda bu durum şu şekilde özetlenebilir niteliktedir:

o Katılımcılar, sürdürülebilirlik bağlamında yeterli kuramsal ve pratik bilgiye sahip olmamalarına rağmen ve tasarımlarından önemli derecede ödün vermeksizin istedikleri performans sonucuna ulaşabilmeyi başarmışlardır. Kendilerine verilmiş olan tasarım problemi doğrultusunda, tasarım çalışmalarının ne aşamada olduğunu anlayabilmeleri ve asgari şartları sağladıklarından emin olabilmeleri için doğrudan sonuç geri bildirimini kullanmışlardır.

o Bu süreç boyunca katılımcılar, sonuç geri bildirimlerini değerlendirmekte zorlandıkları durumlarda, yukarıda da kısaca açıklanmış olan bilişsel geri bildirimlerden (cognitive feedbacks) faydalanmışlardır. Böylelikle, çalışma ortamı katılımcılara sadece performans sonuçlarını paylaşan bir analiz aracı olarak değil, yardımcı olmak üzere ortam sağlayan bir karar destek sistemi olarak hizmet vermiştir.

o Katılımcıların sonuç ve bilişsel geri bildirimleri değerlendirdikten sonra aldıkları kararların ve gerçekleştirdikleri eylemlerin zaman zaman istedikleri sonuca ulaşmadığı görülmüştür. 3 katılımcı da; geri bildirimleri okumakta veya anlamlandırmakta zorlandıkları ya da değerlendirme sonucunda elde ettikleri çıktıların beklentilerini karşılamadığı durumlarda ortamın sağladığı çıktıları bir ileri bildirim mekanizması olarak kullanmayı tercih etmiştir.

6. SONUÇ

Son yüzyılda gerçekleşen ve bu çalışma kapsamında altı çizilen güncel problemler sebebiyle; bina tasarım, inşa ve işletme süreçlerinde performans kriterlerinin değerlendirmeye alınması bir tercih olmaktan ziyade bir zorunluluk olmaya doğru geçiş göstermektedir. Teknolojinin yıllar içinde hızla gelişmesiyle, pek çok yeni sayısal tasarım aracı da büyük bir hızla geliştirilmeye başlanmıştır. Yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, yeni tasarım ve çalışma yaklaşımları doğrultusunda mimarların da çalışma, düşünme, karar alma ve tasarlama pratiklerinde köklü değişiklikler gerçeklemeye başlamıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde BBM, sadece bir araç ve ortam olarak değil bir çalışma yöntemi ve yaklaşımı olarak da önem arz etmeye başlamıştır. BBM ortamlarının bina ile ilgili her türlü veriyi ve bilgiyi bünyesinde barındırabilmesi, işleyebilmesi, çözümlenebilmesi ve çıkarım üretebilmesi doğrultusunda, BBM yalnızca bir modelleme aracı değil bir karar destek sistemi olarak da inşaat endüstrisinde yerini sağlamlaştırmaya başlamıştır. Karar destek sistemi bağlamında değerlendirilebilecek katkılarının yanı sıra, bütün temsil elemanlarının ve o elemanlara ait her türlü bilginin birbirleriyle parametrik, topolojik ve anlamsal ilişki kurabildiği BBM ortamları gerçek zamanlı obje tabanlı modelleme ve bilgi yönetimi ortamı olarak da alternatif bilgisayar destekli tasarım araçlarına göre önemli ölçüde gelişim göstermeyi başarmıştır. Böylelikle, tasarımcılar estetik ve işlevsel kaygılarla tasarım süreçlerini sürdürürken bu döngüsel sürecin içerisine sürdürülebilirlik kaygılarını da ekleyebilir (Azhar ve diğ., 2009) ve bu bilişsel yükün altından kalkabilir duruma gelmişlerdir. Bu bağlamda BBM, erken tasarım aşamasında kullanıcılarına sunduğu mevcut ve potansiyel karar destek sistemi özellikleriyle ön plana çıkmayı sürdürmektedir.

Kymmell (2008), insan eylem ve etkileşiminin temel kavramlarını, birbirleriyle etkileşim içinde olmak üzere; görselleştirme, anlama, iletişim ve işbirliği olarak tanımlamış ve BBM'nin sahip olduğu doğrudan ve dolaylı özelliklerin, bu dört ana kavramı nasıl beslediğini açıklamıştır. BBM, özellikle sunduğu güçlü görselleştirme ve işbirliği araçları ile, geleneksel tasarım yaklaşımlarına göre daha etkin ve interaktif bir çalışma ortamı sunmakta ve tasarım pratiğinin birçok farklı katılımcı, girdi ve hedef üzerinden sürdürülebilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle, günümüzde sıklıkla göz ardı edilen ya da değerlendirilmesi oldukça zor olan birçok farklı etkenin, tasarım sürecine dahil edilebilmesi mümkün hale gelmektedir. Kymmell (2008), bu durumu;

'bir resim bin sözcüğe bedeldir' sözü üzerinden şu şekilde açıklamıştır: "Eğer bir resim bin sözcüğe bedelse, o zaman 3B'lu bir model ya da ardarda gelen zaman serili videolar ne değerdedir?"

Benzer şekilde Miller (1956), bilgi işleme esnasında bireylerin kısa süreli hafızalarının (short term memory) 7 ± 2 adet girdiyle sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Bir problem çözme eylemi esnasında yapılan hamlelerin, o an içerisindeki düşüncelerin temsili olmasının kabulünden dolayı; gerçekleştirilen hamlelerin 7 ± 2 hamle aralığında birbirleriyle bağlantılı olduğu kabul edilmektedir (Goldschmidt, 2014). Böylelikle, Kymmell'in (2008) de belirtmiş olduğu gibi; Bina Bilgi Modeli ve ondan elde edilen bütün çıkarımlar, erken tasarım sürecinde göz ardı edilmeye ve çalışma hafızasından (working memory) kaybolmaya yatkın birçok tasarım ölçütü için hatırlatıcı rol oynayarak daha etkin bir tasarım arayışı için tasarımcılara yardımcı olmaktadır. BBM'nin bina ile ilgili verileri saklama, çıkarsama ve çözümlene becerileri, erken tasarımda mimarlara bir karar destek sistemi gibi hizmet etmekte ve mimarların karar alma süreçlerinde değerlendirdikleri etkenler için hatırlatıcı ve yol gösterici rol oynamaktadır. BBM, diğer BDT araçlarının standart tasarım ve çizim özelliklerine ek olarak sağladığı yeni araçlarıyla, mimarların estetik ve işlev arayışından ödün vermeden performans tabanlı kaygılarına da cevap bulabileceği ve sürecin bütünü için mimarların karar alma eylemlerini geliştirebileceği nitelikte bir ortam olduğunu göstermektedir (Azhar ve diğ., 2009).

Bütün bu bakış açıları doğrultusunda BBM'nin inşaat endüstrisindeki birçok talebe karşılık verebildiği gibi erken tasarım aşaması için de kullanıcılarına önemli imkanlar sunabildiği net bir şekilde gözükmektedir. Her ne kadar BBM ortamlarının daha iyi bir erken tasarım aracı olabilmek için kat etmesi gereken gelişmeler olsa da, mevcut haliyle dahi erken tasarım aşamasında özellikle tasarım alternatiflerinin tasarım aşamasının ilk anından itibaren sürdürülebilirlik hedefleri bağlamında değerlendirilmesi amacıyla kullanılması bakımından çok güçlü özelliklere sahip olduğu ifade edilebilir niteliktedir. Ortamın sağladığı özelliklerin de ötesinde, katılımcıların geri bildirimlerinin de önemli ölçüde olumlu olması altı çizilmesi gereken önemli bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Katılımcılar bu ortam ve yaklaşım ile gerçekleştirdikleri tasarım süreçlerinden ve ürettikleri tasarım alternatiflerinden memnun olduklarını dile getirmiş ve ETABBM yaklaşımının kendilerini tasarım pratiklerinin doğal akışının ötesinde başka bir şekilde çalışmaya itmediğini ifade etmişlerdir.

Son olarak, erken tasarım aşamasında Bina Bilgi Modelleme ortamlarının sürdürülebilir tasarım alternatifleri geliştirmek amacıyla kullanılması kapsamında gerçekleştirilen protokol çalışmaları, araştırmacı gözlemleri ve katılımcı geri bildirimleri sonrasında; ETABBM'nin günümüz inşaat endüstrisinde deneyimlenen ekolojik olumsuzluklara çözüm üretebilecek önemli bir tasarım, modelleme ve analiz ortamı ve çalışma yaklaşımı olarak öne çıktığını söylemek mümkündür. Katılımcılar, gerçekleştirdikleri çalışmalarda kendilerinden beklenen performans değerlerini rahatlıkla sağlamayı başarmış ve bu süreci tamamlarken kendilerini herhangi bir şekilde doğal tasarım anlayışlarının dışına itilmiş olarak hissetmediklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca, katılımcıların BBM ortamının sağladığı ilgili özellikleri, dijital bir temsil ortamı olarak kullanmanın yanı sıra, bir öğrenme ortamı olarak da kullandıkları görülmüştür.

Bu kapsamda erken tasarım aşamasında kullanılmak üzere geliştirilmiş BBM ortamlarının, genel tasarım hedefleri ve sürdürülebilirlik ilkeleri bağlamında gerçekleştirilen çalışma süreçlerinde katılımcıların tasarım anlayışlarına uyum sağlayabildiği, hedeflenen performans değerlerine ulaşmaları için ortam hazırladığı ve karar verme süreçleri bakımından gerçek bir karar destek sistemi olarak hizmet verebildiği tespit edilmiştir. Protokol çalışmaları sonrasında gerçekleştirilen geri bildirim mülakatlarında, katılımcılar da bu tespitleri onaylamış ve ETABBM'nin kullanımı hakkında sahip oldukları olumsuz düşüncelerin tam anlamıyla olumlu yöne evrildiğini ve bu ortamın sunduğu özelliklerin erken tasarım aşaması için oldukça faydalı ve heyecan verici bir yenilik olduğunu dile getirmişlerdir.

Kaynakça

Akın, O. ve Lin, C. (1995). Design protocol data and novel design decisions. *Design Studies*, 16(2), 211-236.

Architecture 2030. (n.d.). <<http://goo.gl/o4FC5X>>, erişim tarihi: 10.01.2018.

Azhar, S., Brown, J., ve Farooqui, R. (2009). BIM-based sustainability analysis: An evaluation of building performance analysis software. Paper presented at the Proceedings of the 45th ASC Annual Conference.

Bianchi, G., Kowaltowski, D. C. ve Paiva, V. T. (2009). Methods that may stimulate creativity and their use in building design education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(4), 453-476.

Birleşmiş Milletler. (2017). *World Population Prospects 2017*. <<https://goo.gl/48ujS6>>, erişim tarihi: 10.01.2018.

Birleşmiş Milletler. (2005). Population Division of the Department of Economic and Social Affairs, World Population Prospects: The 2004 Revision.

Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta psychologica*, 81(3), 211-241.

Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M. ve Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and environment*, 43(4), 661-673.

Çavuşoğlu, Ö. H. (2019). Bina Bilgi Modelleme ile Erken Tasarım Aşamasında Karar Verme Süreçlerinin Değerlendirilmesi (Yayımlanmış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul, (Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen Çağdaş).

Dorst, K. ve Dijkhuis, J. (1995). Comparing paradigms for describing design activity. *Design Studies*, 16(2), 261-274.

Edwards, W. (1962). Dynamic decision theory and probabilistic information processings. *Human factors*, 4(2), 59-74.

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. MIT Press.

Flager, F., Welle, B., Bansal, P., Soremekun, G. ve Haymaker, J. (2009). Multidisciplinary process integration and design optimization of a classroom building. *Journal of Information Technology in Construction*, 14, 595-612.

Gero, J. S. ve Tang, H. H. (1999). Concurrent and retrospective protocols and computer-aided architectural design.

Gero, J. S. ve Tang, H. H. (2001). The differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the process-oriented aspects of the design process. *Design Studies*, 22(3), 283-295.

Gervásio, H., Santos, P., Martins, R. ve Simões da Silva, L. (2014). A macrocomponent approach for the assessment of building sustainability in early stages of design. *Building and Environment*, 73, 256-270.

Goldschmidt, G. (2014). *Linkography: unfolding the design process*. MIT Press.

Gonzalez, C. (2005). Decision support for real-time, dynamic decision-making tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96(2), 142-154.

Granadeiro, V., Correia, J. R., Leal, V. ve Duarte, J. P. (2013). Envelope-related energy demand: A design indicator of energy performance for residential buildings in early design stages. *Energy and Buildings*, 61, 215-223.

Gratia, E. ve De Herde, A. (2003). Design of low energy office buildings. *Energy and Buildings*, 35(5), 473-491.

Hong, T., Chou, S. K. ve Bong, T. Y. (2000). Building simulation: an overview of developments and information sources. *Building and environment*, 35(4), 347-361.

Krygiel, E., Nies, B. (2008). Green BIM: successful sustainable design with building information modeling. John Wiley & Sons.

Kuusela, H. ve Paul, P. (2000). A comparison of concurrent and retrospective verbal protocol analysis. *The American journal of psychology*, 113, 3.

Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. McGraw Hill Professional.

Lerch, F. J. ve Harter, D. E. (2001). Cognitive support for real-time dynamic decision making. *Information systems research*, 12(1), 63-82.

Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Hüttler, W., Ottke, C., Rodenburg, E., ... ve Weisz, H. (2000). The weight of nations-material outflows from industrial economies. In World Resources Institute.

Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63(2):81-97.

Radford, A.D. ve Gero, J. S. (1980). Tradeoff diagrams for the integrated design of the physical environment in buildings. *Building and environment*, 15(1), 3-15.

Schade, J., Olofsson, T. ve Schreyer, M. (2011). Decision-making in a modelbased design process. *Construction Management & Economics*, 29(4), 371-382. doi: 10.1080/01446193.2011.552510.

Schlueter, A. ve Thesseling, F. (2009). Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. *Automation in Construction*, 18(2), 153-163.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. Harper Collins, USA.

Simon, H. A. (1992). *Sciences of the artificial*. MIT Press, Cambridge.

Smith, D. K. ve Tardif, M. (2009). *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons.

The European Union. (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012. *Official Journal of the European Union* no. 55. doi: 10.3000/19770677.L_2012.315.eng.

van Someren, M. W., Barnard, Y. F. ve Sandberg, J. A. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes (Vol. 2)*. London: Academic Press.

Wang, Y. ve Ruhe, G. (2007). The cognitive process of decision making. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCINI)*, 1(2), 73-85.

Url-1: (<https://www.autodesk.com/products/revit/>), 28.03.2020.

Url 2: (<https://www.autodesk.com/products/insight/overview>), 28.03.2020.

Electronic Procurement Systems and Building Information Modeling Integration in Construction Sector: A Case Study

Ayşen Saraç Çıracıoğlu¹, Hakan Yaman²

¹ Istanbul Technical University, Graduate School of Science, Engineering, and Technology, Department of Architecture, Project and Construction Management Program

² Istanbul Technical University

With the help of the rapid developments of information and communication technologies, construction sector has made a great progress in the last decade. Procurement terms which are one of the important components of the construction, were also affected by the improvements on the field of the information and communication technologies; electronic medium has become an environment for procurement process. Although electronic medium has been able to be used for procurement terms since 2000's, in contrast with the other sectors that use e-procurement terms, the utilization of it in the construction sector has fallen behind.

In this paper Building Information Modeling (BIM) is proposed as an alternative solution to the ineffective usage of e-procurement terms in construction field. The qualitative method was considered appropriate, as this study is exploratory in nature and the BIM-e-procurement process integration concept may be new to Turkish building professionals, being rarely reported in the Turkish Construction industry. The research has been undertaken in several stages. To begin with, the extensive previous literature review has provided an overview of different e-procurement applications those are implemented all around the world. Also, interaction between BIM functionalities and e-procurement process. As an example, Türkiye Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) is examined in detail in terms of construction, in-depth semi-structured interviews were conducted with the experts in EKAP and it is compared with one of the most sophisticated application for e-procurement application for all around the world, KONEPS, South Korean e-procurement application. Throughout the findings of the research EKAP-BIM integration is suggested for a new solution over construction sector.

Keywords: Building Information Modeling, Cloud Computing, Electronic Procurement, Interoperability, Public e-Procurement.

Received: 26.02.2020

Accepted: 30.03.2020

Corresponding Author:

aysnsarac@gmail.com

Saraç Çıracıoğlu, A., Yaman, H. (2020). Electronic Procurement Systems and Building Information Modeling Integration in Construction Sector: A Case Study. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 27-40.

İnşaat Sektöründe Elektronik İhale (E-İhale) Sistemleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi Entegrasyonu: Örnek Bir Çalışma

Ayşen Saraç Çıracıoğlu¹, Hakan Yaman²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Proje ve Yapım Yönetimi Programı

² İstanbul Teknik Üniversitesi

Günümüzde enformasyon ve iletişim teknolojilerinin gelişimiyle inşaat sektöründe büyük gelişimler kaydedilmiştir. İnşaat sektörünün önemli bir bölümünü oluşturan ihale süreçleri de enformasyon ve bilgi teknolojilerinden beslenmiş ve ihale işlemleri de elektronik ortamda yapılmaya başlanmıştır. İnşaat sektöründe 2000'li yılların başından beri elektronik ortamda ihale işlemleri yapılmaya başlansa da diğer sektörlerle karşılaştırıldığında kullanım oranı açısından geri planda kalmıştır.

Bu çalışmada, Yapı Enformasyonu Modellemesi (BIM) inşaat sektöründe E-İhale hizmetlerinin etkin kullanılmayışına alternatif bir çözüm olarak sunulmuştur. E-ihale hizmetleri ve Yapı En-formasyonu Modellemesi bütünleştirilmesi, kullanılan terimler ve gerekli teknolojiler ile detaylandırılarak anlatılmıştır. Çalışmanın başında derinlemesine bir literatür araştırması yapılmış, Dünya'da örnek E-İhale uygulamaları tüm gereklilikleriyle incelenmiştir. Örnek olarak, Türkiye Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP), yapım işleri başlığı altında araştırılmıştır. EKAP uzmanlarıyla karşılıklı görüşmeler yapılmış, Dünya'da E-İhale uygulamaları konusunda sofistike bir uygulama olan Güney Kore E-İhale uygulaması (KONEPS), EKAP ile karşılaştırılmış, sonuç olarak EKAP-BIM entegrasyonu önerilmiştir.

Teslim Tarihi: 26.02.2020

Kabul Tarihi: 30.03.2020

Sorumlu Yazar:

aysnsarac@gmail.com

Saraç Çıracıoğlu, A., Yaman, H. (2020). İnşaat Sektöründe Elektronik İhale (E-İhale) Sistemleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi Entegrasyonu: Örnek Bir Çalışma. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 27-40.

Anahtar Kelimeler: Birlikte Çalışabilirlik, Bulut Bilişim, E-İhale, Kamu E-İhale Yapı Enformasyonu Modellemesi

1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe, küresel pazar koşullarında rekabetçi, şeffaf, kaliteli ihalelerin ger-çekleşmesi açısından büyük önem arz eden E-İhale işlemlerinin etkin uygulanamayışı, sektörün gelişimi açısından çok kritiktir. Yapılan literatür araştırmalarında görülen odur ki; E-İhale hizmetlerinin inşaat sektöründe uygulanamayışı sektörün kendine has karmaşık ve belirsiz yapısı, her projenin tek olması, yapısal olmayan ürün ve hizmetleri içermesi gibi sektörün doğal yapısından kaynaklandığı gibi, inşaat şirketlerinin de kültürel, birlikte çalışabilirlik (interoperability), altyapı, gizlilik, yasal, maliyet, uyumluluk v.b. gibi başlıklarda sıralanan değişime gösterdikleri dirençten kaynaklanmaktadır (Eadie vd., 2010). Bir başka çalışma sonucuna göre E-İhale hizmetlerinin kullanımı önündeki bariyerler, kültürel, altyapı, gizlilik, yasal, maliyet, uyumluluk ve genel başlıkları altında sıralanmıştır (Eadie vd., 2011)

Literatür araştırmaları ışığında, Dünya’da inşaat sektöründe E-İhale sistemlerinin etkin uygulanamayış problemine çözüm olarak Yapı Enformasyonu Modellemesi (BIM) kavramı üzerine çalışıldığı görülmüştür. BIM, inşaat sektöründe parçalanmışlığı azaltarak işlemlerin etkinlik ve etkisini artırır. Bina yaşam dönemi boyunca, tasarım ve proje verilerini yönetmek için bir metodoloji öneren BIM, kendi içinde uyumlu kurallar, süreçler ve teknoloji bütünüdür. BIM, inşaat sektöründe tüm paydaşlar için çözümler üretip, koordinasyon içerisinde birlikte çalışmayı mümkün kılmakla birlikte, detaylı modellemeler ve performans analizleriyle binaların karmaşıklığını ve belirsizliğini ortadan kaldırıp, inşaat sektöründe yeni ufuklar açmaktadır.

Bu çalışmada, inşaat sektöründe E-İhale hizmetleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi bütünleştirilmesi, kullanılan terimler ve gerekli teknolojiler ile detaylandırılarak anlatılmıştır. Örnek olarak, Türkiye Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP), yapım işleri başlığı altında araştırılmıştır. Dünya’da E-İhale uygulamaları konusunda sofistike bir uygulama olan Güney Kore E-İhale uygulaması (KONEPS), EKAP ile karşılaştırılmış, sonuç olarak EKAP-BIM entegrasyonu önerilmiştir.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE E-İHALE SİSTEMİ

Farzin'e (2010) göre E-ihale hizmetleri, şirketlerin müşteri ihtiyaç ve beklentilerine odaklanmasını sağlayan bir teknolojidir, birkaç yıl sonra bu teknolojiyi kullanmadan iş hayatını devam ettirmek mümkün olmayacaktır.

Projenin erken safhalarında ihale hizmetlerinin temel görevi, tekliflerin alınmasıdır. İlerleyen aşamalarda yüklenici, malzeme ve ürün tedarikçileri ve alt sözleşme hizmetleri ihale sürecine dâhil olduğunda süreç karmaşıklaşıp yoğunlaşmaktadır. Özellikle en karmaşık ve güç olan, istenen ürünün geniş tedarikçi yelpazesi arasından seçilmesidir. Büyük projelerde çok çeşitli malzemeler büyük miktarlarda gerekmektedir. Her inşaat kalemi için binanın toplam ihtiyaç listesi göz önüne alındığında oldukça kabarık bir liste ortaya çıkmaktadır. Bu noktada Elektronik İhale hizmetleri doğru kullanıcı ve tedarikçinin buluşması açısından çok kritiktir. E-İhale sistemi sayesinde tedarikçiler oluşturdukları ürün kataloğunu son kullanıcıya kadar ulaştırabilmektedir (Grilo ve Goncalves, 2010).

Arjun Neupane ve diğerleri, 2012 yılında Uluslararası Kamu İhaleleri Konferansı'nda, E-İhale hizmetlerine uyum sağlamanın, ülkelerin şeffaflık ve etkinliğini arttıracaklarını, maliyetleri azaltıp, daha iyi karar verme ve tedarikçi performansını gözleme imkânını sağlamanın yanı sıra, hizmet kalitesinin arttıracaklarını belirtmişlerdir.

Andersen'e (2000) göre, bilgi teknolojileriyle donanmış E-ihale sistemleri inşaat sektörüne 3 yolla faydalı olmaktadır (McIntosh ve Sloan, 2001). Bunlar Etkinlik, Etkililik ve Başarım konularında sağladığı faydalardır.

1. Etkinlik (efficiency):

- Depolama gereksinimlerinin azaltılması;
- İşlem zamanının kısaltılması;
- İşlem maliyetlerinin azaltılması;
- Teslim programının geliştirilmesi.

2. Etkililik (effectiveness):

- Rekabetçi kapasitenin artırılması;
- Tedarikçi fiyat tekliflerini hızlı cevaplama;
- Müşterileri fiyat konusunda hemen bilgilendirme.

3. Başarım (performance):

- Stok ve fiyat bilgisine dışarıdan ulaşılabilirlik;
- Yeni tedarikçilerin sisteme entegre olup, ulaşılabilirlikleri.

Genel olarak; E-İhale süreçleri ürün tanımı, tedarikçilerin araştırılması ve seçimi, tedarikçilerle görüşmeler ve sözleşme oluşturma gibi süreçleri satın almayla entegre ederek yeni bir teknoloji oluşturmuş olur. Böylece geleneksel ihale sistemleri, rekabetçi piyasa koşullarına uygun işletim maliyetleri düşük, sipariş sürecini azaltan, envanter düzenlenmesi ve saklanması kolaylaştıran, satın alma etkinliğini ve iş profilini arttıran yeni pazarlara imkan veren, organizasyonlar arasında iletişim ve ortak çalışmayı sağlayan, riski hem yönetip hem de riskten sakınma avantajı sağlayan bir sisteme dönüşür (Grilo ve Goncalves, 2010).

İnşaat sektöründe E-İhale türleri ikiye ayrılmaktadır (Costa ve Grilo, 2015):

1. **Yapısal E-ihale Türleri:** Yapısal olan E-İhale hizmetleri oldukça standart olup, işlem sırası, tanımlama, sipariş ve tamamlama şeklinde tanımlanabilir. Yapısal ihale sistemlerinde talep düzenli olup ürün şartnameleri zamanla değişmemektedir; tedarikçiyle uzun dönemli sözleşmeler üzerine görüşülüp yeniden siparişi verilen ürün veya hizmetlerde ihale işlemleri otomatik olarak düzenlenebilir ve bu durumda işlem maliyetleri oldukça düşük olur.
2. **Yapısal Olmayan E-ihale Türleri:** Yapısal olmayan ihale hizmetleri, önceden otomatikleştirilen prosedürlere uyarlanamayan ürün ve hizmetlerde ortaya çıkmaktadır. Bu tip ihale hizmetlerinde kullanıcının istediği tedarikçiyi seçebilmesi için geniş çapta ihale hizmetlerinin sunulması gerekmektedir. Buna örnek olarak, özel isteklerle şekillenmiş bina malzemeleri, ofis mobilyaları, ticari alt sözleşmeler gösterilebilir.

İnşaat sektöründe yapısal ürünlerle ilgili tedarikçi arayışına gidildiğinde belli parametrelerle karşılaştırmalar yapılabilir de; yapısal olmayan ürünlerde maliyet, ulaşılabilirlik ve teslim zamanı gibi konularda karşılaştırma yapmak zordur (Grilo ve Goncalves, 2010). Bu sebeple çoğunlukla yapısal olmayan ürünleri içeren inşaat sektöründe etkin E-İhale uygulaması zordur.

3. BIM VE E-İHALE ENTEGRASYONU

Sayısal araçlar mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde son 30 yıldır kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda, proje yaşam döngüsü boyunca bilgi teknolojilerinin kullanımını arttırmaya yönelik yeni araç ve yöntemler geliştirilmiştir (Hetherington vd., 2010). Geliştirilen araçlardan en önemlisi, bir binanın bilgisini, performansını, planlamasını ve işletilmesini yönetebilen bir dizi araç, süreç ve teknolojiyi kapsayan Yapı Bilgisi Modellemesi'dir. (BİM) (Arayıcı vd., 2015).

BİM, tasarım ve yapım entegrasyonu, optimizasyon, risk değerlendirmesi, maliyet tahmini, iş programı, iletişim, koordinasyon, dokümantasyon, tasarımda değer artışı, verimlilik, kalite, güvenlik, enerji verimliliği / sürdürülebilirlik, proje ve tesis yönetimi gibi çok çeşitli amaçlar için kullanılabilir (Azhar vd., 2011). İnşaat sektöründe farklı uzmanlık seviyelerindeki paydaşlar, birbirinden farklı yerleşimlerde farklı proje tiplerinde çalışmaktadır. Bu durum inşaat sektöründe parçalanmış bir yapıyı beraberinde getirmektedir. BİM'in inşaat sektörünün parçalanmışlığını azaltan, verimliliğini arttıran ve yüksek maliyetlere sebep olan birlikte çalışabilirlik problemini ortadan kaldıran bir bilgi teknolojisi olduğu belirtilmektedir (Aladağ vd., 2016).

E-İhale hizmetleri inşaat sektöründe gelişen teknolojiye rağmen çeşitli sınırlamalara maruz kalmaktadır. Mell Grance, 2010'da buna neden olarak; birlikte çalışabilirlik probleminin inşaat sektöründe elektronik sektör araçlarına adapte olmayı engellediğini söylemiştir (Ren vd., 2012). Nitekim birlikte çalışabilirlik konusunda yaşanan problem şirketlerin Bilgi ve İletişim Teknolojileri'nden (ICT) faydalanmasını engellemektedir. Bu problem yalnızca tasarım aşamasında değil, bütün yapım evrelerinde ve bina tamamlanmasından sonraki işletim ve bakım sürecinde de ortaya çıkmaktadır.

Elektronik İhale hizmetlerinde BİM'i kullanmak için araç ve yazılımlar arasında büyük bir işbirliğinin olması gerekmektedir. Modelleme bilgilerine parametrik üç boyutlu modellerin haricinde, teklife çağrı, sipariş, faturalandırma ve Elektronik İhale sistemlerinde kullanılacak sayısal bilgilerin de eklenmesi gerekmektedir. Uluslararası Elektronik İhale sistemleri için elektronik kataloglar veya çeşitli seviyelerde ürün modellemelerinin bulunduğu mekanizmaların olması gerekmektedir.

Bu demektir ki, proje başlangıcından itibaren Elektronik İhale sistemlerinde proje eylem ve işlemlerinin eksiksiz ve otomatik çalışmasını sağlayacak bir veri yapısı oluşturulmalıdır.

Birlikte çalışabilirlik terim olarak, 'iki ya da daha fazla sistem ya da bileşenin bilgi değiş tokuş etmesi ve değiş tokuş edilen bilginin kullanılmasıdır' (Grilo ve Goncalves, 2010). Birlikte çalışabilirlik her bir katılımcının iç veri yapısını uluslararası veri modeline eşleştirmesiyle gerçekleşmektedir. Birlikte çalışabilirlik sayesinde yazılımların birbirleriyle bütünleştirilme maliyeti düşürülmüş olur.

Günümüzde birlikte çalışabilirlik probleminin çözümü, BIM'in araçları, uygulamaları ve platformları arasındaki dosya alışverişlerine dayanmaktadır. Antonio Grilo ve diğerlerine göre (2015) 'Birlikte çalışabilirlik' kavramının inşaat sektöründe uygulanamama sebepleri teknolojik ve kültürel başlıklarda açıklanabilir. BIM Teknolojik problemlere büyük bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

BIM'de bu duruma çözüm üretecek 2 ana ürün modeli bulunmaktadır: Industry Foundation Classes (IFC): Proje planlaması, tasarımı, yapımı ve yönetimi için kullanılmakta olup Alliance for Interoperability (IAI) tarafından 2000'li yılların başında geliştirilmiştir. Modelleme üzerine çalışan birçok yazılım şirketi BIM araçlarıyla uyum sağlayabilecek tamamlayıcı yazılımlar üretmektedir. Ancak üretilen birçok yazılım kendi içinde uyumlu olsa da diğer vericilerle uyum göstermemektedir. Bu noktada farklı yazılım araçları IFC standardına dönüştürülüp birbirine entegre edilmektedir.

CIMsteelIntegration Standard Version 2(CIS/2): strüktürel yapım ve üretim aşamaları için kullanılmaktadır.

Her bir inşaat projesi kendine has ve benzersiz olduğu için BIM ve Elektronik İhale sistemlerinin bir arada çalışmasını sağlayan, birlikte çalışabilen birçok yazılım ve standardın oluşturulması gerekir. Söz konusu yazılımlar yalnızca elektronik teklif verme, elektronik fatura oluşturma, elektronik sipariş ve elektronik kataloglarda değil, aynı zamanda ürün ve süreç modellemesi için de kullanılmalıdır.

Teknoloji gereksinimleri için aşağıdaki üç hizmetin dâhil edilmesi gerekir: Model odaklı yazılım mimarisi modeli (MOYM), Servis Odaklı yazılım mimarisi modeli (SOM) ve Bulut Bilişim.

Model odaklı yazılım mimarisi (MOYM) modeli, bütünleştirme ve birlikte çalışabilirliği gerçekleştirmek amacıyla Object Management Grup (OMG) tarafından, 2001 tarihinde MYOM yaklaşımı önerilmiştir. MYOM yaklaşımı, yazılım gelişim süreçlerini destekleyen farklı seri modelleri kullanarak BIM'i karmaşık durumlarda desteklemektedir.

Servis odaklı yazılım mimari (SOM) modeli, genel çalışma prensibi, bilgi kaynakları ve yazılım işlemlerinin ağ sistemi içerisinde birbirlerinden farklı servis birimlerine dağılımları ve sistem üzerindeki iş uygulamalarında karmaşık problemleri çözmek üzere birleşmeleridir. SOM yaklaşımı kullanılarak, bilgi kaynakları ve sistemler modüler servis bileşenlerine dönüştürülür ve bir standart protokol bağlantısıyla bu bileşenin yeri tespit edilebilir, araştırılabilir ve talep edilebilir. SOM'un en önemli özelliği kontrol, yönetim, gelişim, modülerlik ve ölçeklenebilirlik görevleri için alt birimlere ayrılmasıdır. Sistem fonksiyonelliği sınırlandırılmaz, analizler ve alternatiflerin değerlendirilmesiyle geliştirilir ancak birlikte çalışabilirliği sağlaması için diğer platformlar tarafından desteklenmelidir.

Bulut Bilişim, kolayca kullanılabilen ve ulaşılabilen sanal kaynaklar olup, büyük bir havuz gibi düşünülebilir. Söz konusu kaynaklar değişen ölçeğe göre dinamik bir şekilde yeniden yapılandırılabilir, bunun yanı sıra optimum kaynaktan yararlanmayı sağlar. Buna ek olarak, inşaat endüstrisinin Bulut Bilişim'den yararlanmasının dört ana nedeni vardır. Bunlar esneklik, çeviklik, maliyet etkinliği, ölçeklenebilirliktir (Amarnath vd., 2011).

4. ÖRNEK UYGULAMA EKAP ve KONEPS

KONEPS, yapım sektöründe E-ihale uygulamaları açısından önde gelen bir Güney Kore E-ihale hizmetlerini yürüten bir kamu platformudur. EKAP ise Türkiye'de KONEPS'ten oldukça sonra geliştirilen bir sistemdir, geliştirme aşamasında 2010 yılında KONEPS yetkililerinden E-ihale sistemleriyle ilgili bilgiler alınmıştır.

KONEPS'in inşaat sektörünü geliştirmeye yönelik ciddi çalışmaları bulunmaktadır, oysaki EKAP'ın Türkiye'de inşaat sektörünün yapısal problemleri sebebiyle yapım işlerine odaklanmadığı görülmüştür. KONEPS BIM stratejileri oluştururken, EKAP'da BIM kullanımına yönelik

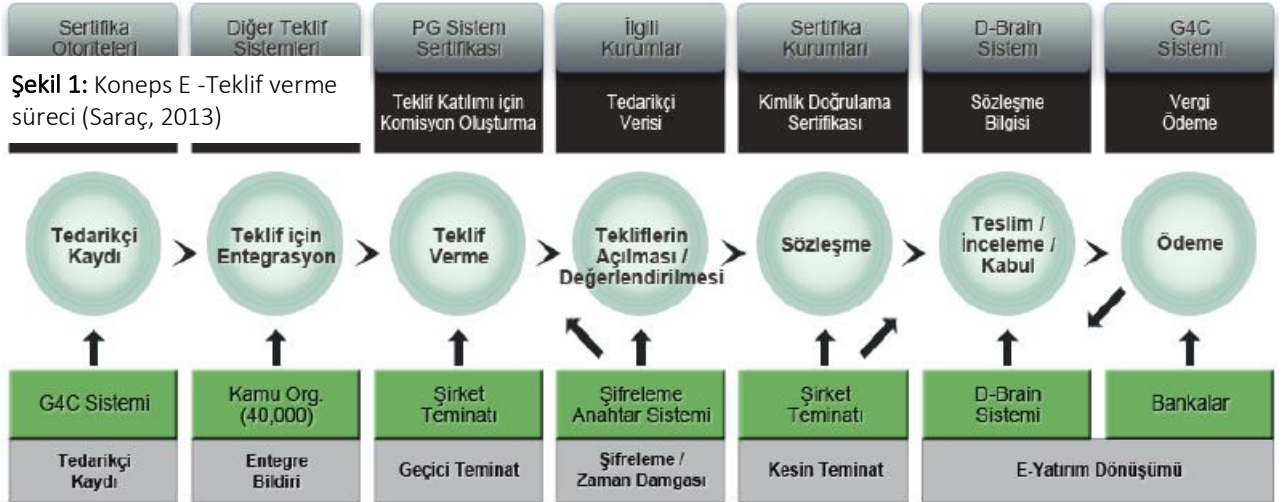
mevcut bir strateji yoktur. İnşaat sektöründe BIM sistemlerinin E-ihale hizmetleriyle bütünleşmesi sektörü farklı boyutlara taşıyacak olup, Türk inşaat sektörü bu gelişimin dışında kalacaktır. Bu sebeple, bir an evvel EKAP'ın BIM entegrasyonu için alt yapı çalışmaları başlamalıdır. Bu bağlamda, KONEPS pilot çalışmaları ve adaptasyon süreçleri örnek olarak alınabilir.

KONEPS'in EKAP'dan önemli farklarından biri, KONEPS'de E-ihale sistemi üzerinden çevrimiçi alışverişin yapılabilmesi ve bu bağlamda sistemde e-katalogların bulunmasıdır. Yapım ihalelerinde, e-katalogların ürün şartname ve parametrelerinin belirlenmesi açısından önemli olduğunu belirten KİK Uzmanı Ümit Alsaç, KONEPS'in bu sistemini örnek aldıklarını ve gelecek stratejilerinin içerisinde bulunduğunu belirtmiştir (Saraç, 2013).

Genel olarak KONEPS ve EKAP'ın Teknoloji, Güvenlik, Finansman ve Hukuki başlıkları altında karşılaştırılmaları aşağıda anlatılmaktadır.

Teknolojik açıdan:

- Her iki sistemde de eb-XML tabanlı ağ uygulamaları mevcuttur.
- EKAP ve KONEPS'de Sayısal imza uygulaması bulunmaktadır.



- EKAP'ta kullanıcılar tüm dokümanlarını EKAP üzerinden oluştururken, KONEPS'te her kullanıcı kendi oluşturduğu dokümanı sisteme yükler. Bu durum EKAP'a sorumluluk yüklemektedir, şöyle ki EKAP üzerinde oluşturulan her dokümanın güvenliğinden EKAP sorumludur.

- KONEPS PKI (Public Key Infrastructure) sistemini uygularken, EKAP'ta böyle bir uygulama yoktur.

Güvenlik açısından:

- İki sistem bu başlık altında benzer özelliklere sahiptir. Ağ Güvenliği, İnternet ve Extranet ayırma, Çift taraflı yangın duvarı, Saldırı Tespit Sistemi, Gizlilik Çözümü vb.

Hukuki açıdan:

- EKAP ve KONEP'in kurulabilmesi için her iki ülkede de Kamu İhale Kanun'larında gerekli düzenlemeler yapılmıştır, söz konusu sistemler yasalarla güvence altında olup, yetkileri yasalarla belirlenmiştir.

Finansman açısından:

- Kamu E-ihale hizmetleri olan EKAP ve KONEPS devlet yatırım politikaları sonucu oluşmuşlardır. Yatırım ve işletim maliyetleri de devlet kontrolündedir.

5. EKAP VE BIM ENTEGRASYONU

Türk yapım sektöründe, küçük ve orta ölçekli inşaat şirketleri eklerde mevcut AutoCAD çalışmalarını temel alarak teklif verseler de, bu teklifler çok eksik ve muğlak hazırlanmaktadır. Çoğunlukla gerekli doküman ve bilgiler ilgili idarelerden temin edilerek teklifler hazırlanıp ilgili kuruma gönderilmektedir, ancak büyük çapta uluslararası projelerde yabancı bir şirketin bu dokümanları temin etmesi oldukça zor olup caydırıcıdır. Nitekim proje bilgilerine kısıtlı ulaşıldığı durumlarda projeye ilgili yapısal ürünler konusunda bir şekilde fikir oluşsa da yapısal olmayan ürünlerle ilgili hiçbir çalışma yapılamamaktadır. Bu durumda hazırlanan teklifler oldukça yüzeysel olup, nitelikli değildir. Söz konusu sebepler göz önüne alındığında yapım sektöründe EKAP Projesinin E-ihale hizmet amacını tam olarak yerine getirdiği söylenemez.

Mevcut durumda, idareler tarafından oluşturulan ihale eklerine bakıldığında; idari şartname ve/veya ön yeterlik şartnamesi, sözleşme tasarısı, alımın türü ve uygulanacak ihale usulüyle ilgili uygulama yönetmelik ekinde yer alan tip idari şartname, tip ön yeterlik şartnamesi ve tip sözleşme tasarısı, teknik şartname gibidir. Bunun haricinde yapım işlerinde gerekli görüldüğü takdirde ihale eklerine AutoCAD çizimleri de eklenmektedir; ancak bu konuda bir zorunluluk yoktur. EKAP'ın yapım sektöründe potansiyelinden faydalanmayı engelleyen bariyerler vardır. Bunlardan en önemlisi sistemin 40Mb den yüksek dosyaların yüklenmesine izin vermiyor oluşudur (Sarac,2013). Bu durum BIM

dosyalarının yüklenmesinde en büyük engellerden biridir. Bu sorunu çözdükten sonra, kullanıcılar BIM projeleri üzerinde çalışacak ve teklifleri bilinçli olarak gönderebileceklerdir.

Diğer önemli bir sorun da kullanıcıların istenen ürünleri ve kalifiye tedarikçileri ararken EKAP'ı kullanamamasıdır. E-ihale sistemleri için bu faaliyetlerin çok önemli olduğu açıktır. Çünkü makalenin ikinci bölümünde belirtildiği gibi, E-ihale sistemleri süreci basitleştirmeli, şeffaflık sağlamalı, atıkları azaltmalı ve daha düşük fiyat ve daha iyi kalite açısından daha iyi sonuçlar getirmelidir. Ne yazık ki EKAP bu beklentilerin gerisinde kalmakta ve bu faaliyetler olmadan EKAP platformu amacını yerine getirememektedir.

EKAP'ın yapım işleri konusunda BIM ile bütünleştirilmesi, inşaat sektörüne büyük bir ivme kazandıracaktır. BIM'in entegre olduğu EKAP ihalelerinde, tekliflerin hazırlanması çok ciddi çalışmayı gerektirecek olup, şirketler malzeme detayı ve eleman ilişkilerine kadar detaylı ölçeklerde analiz yapabilecek, kontrol ve değerlendirme sürecini geleneksel sisteme göre daha kolay gerçekleştireceklerdir. Bu durumda teknik alt yapı gerektiren bu çalışmalarda, isteyen her teklifçinin teklif göndermesi mümkün olmayacak, doğal olarak BIM sayesinde çıktıları güvenilir, saydam bir teklif süreci oluşacak ve EKAP'da büyük bir yenilik olarak yapım sektöründe elektronik ortamda ihale gönderebilmenin önü açılacaktır. BIM'in mevcut altyapıya entegre edilebilirliği üzerine konuştuğumuz Fujitsu Application Manager H. Onur Cebeci bu konuda Fujitsu'nun teknik altyapıyı sağlayabileceğini belirtmiştir. Bunun için öncelikle EKAP'ın kullandığı Özel Bulut sisteminin ve SOM'in mevcut olduğunu belirtmiştir (Sarac,2013).

6. DEĞERLENDİRME

EKAP BIM entegrasyonunun gerçekleşmesi için öncelikle EKAP'ta BIM Proje Uygulama Planlaması Rehberi ve Autodesk BIM Yayılım planı çalışmaları örnek alınarak BIM adaptasyon çalışmaları başlatılmalıdır. Söz konusu rehberler sayesinde, EKAP'ta BIM kullanımının amacı belirlenecek, projelerin BIM süreçleri oluşturulacak, paylaşılan roller, veriler tespit edilecek, uygulanacak proje teslim sistemi belirlenmesi yoluyla ilgili sözleşme gereksinimleri ve teknik altyapı oluşturulacaktır. Oluşturulacak kılavuz sayesinde gri alanlar ortadan kalkacak, iş süreçleri bilinçli ve kontrollü bir şekilde ilerleyecektir. Ayrıca, KONEPS'in BIM'e geçiş adaptasyon çalışmaları ve oluşturdukları stratejiler örnek alınarak, bu alanda EKAP'ta ayrı bir birim oluşturulup uygulamaları kontrol edecek gerekli teknik personel sağlanmalı, personel sürekli eğitilmelidir.

EKAP'ta BIM kullanım stratejisinin başarılı olabilmesi için Kamu İhale Kanunu'na bu konuda destekleyici maddeler konulmalıdır; bu alanda BIM Proje Uygulama Planlama çalışmaları, gerek teslim sistemi gerekse gerekli belge ve sözleşmeleri tanımlayıcı olması sebebiyle kullanılabilir. Birleşik Krallık ve Güney Kore'de olduğu gibi Türkiye'de de, belli bütçenin üzerindeki projelerde BIM kullanımı zorunlu hale getirilmelidir.

Teknik olarak EKAP'ta kullanılan Özel Bulut Sistemi ve Servis Odaklı Yazılım Mimari altyapısı BIM çalışmalarına hizmet verecek şekilde geliştirilmelidir. Nitekim günümüzde EKAP üzerinden 40Mb'ın üzerinde dosya alışverişi yapılamamaktadır, yapım sektöründe bu durum oldukça kısıtlayıcıdır. BIM ve E-İhale entegrasyonu kapsamında önerilen Model Odaklı Yazılım Mimari yaklaşımı oluşturulabilir. Sektörde ihaleye katılacak şirketlere mevcut yazılımlar hakkında bilgi verilmeli, oluşturulan BIM Uygulama Planlaması'nda gerekli teknik altyapılar detaylı anlatılmalıdır.

Yapım sektöründe yapısal problemler sebebiyle e-ortamda teklifler gönderilemediğinden EKAP'ta BIM uygulamasıyla belli teknik kapasitenin altındaki şirketler teklif gönderemeyeceği için, karışıklık ve e-ortamda değerlendirme zorluğu eskiye göre azalacaktır. EKAP'taki BIM'e yönelik strateji sektörde BIM'in kabulünü kolaylaştıracak, Dünya'daki önemli ihalelerde katılımcı olmalarının önünü açacaktır.

Kaynakça

Aladag, H., Demirezen, G., Isık, Z. (2016). Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium, Prague.

Andresen, J.L. (2000). Evaluation of IT in the Danish Construction Industry. Technical University of Denmark.

Arayıcı, Y., Fernando, T., Koskela, M., Victor, B., May, C. (2018). Interoperability Specification Development for Integrated BIM Use in Performance Based Design Implementation for Architectural Practices. *Automation in Construction*, 85, pp.167-181

Azhar. S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges or the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, pp. 241-252.

Costa, A., Grilo, A. (2015). BIM-Based E-Procurement: An Innovative Approach to Construction E-Procurement. *The Scientific World Journal*, 27, pp.160-172.

- Amarnath., C. B., Sawhney, A., Maheswari. (2011). Cloud Computing to Enhance Collaboration, Coordination and Communication in the Construction Industry. *World Congresson Information and Communication Technologies, Department of Civil Engineering*. Indian Institute of Technology Delhi, India.
- Grilo, A., Goncalves, R. (2010). Changing E-procurement in the AEC Sector with BIM. *Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference*. Cairo, Egypt.
- Grilo, A., Goncalves, R. (2013). *Cloud-Marketplaces: Distributed e-procurement for the AEC sector*, *Advanced Engineering Informatics*, 27, pp.160-172.
- Hetherington, R., Laney, R., & Peake, S. (2010), *Zero and low carbon buildings: A driver for 670 change in working practices and the use of computer modelling and visualization*. *International Conference on Information Visualisation*. London South Bank 672 University, London, UK.
- Eadie, R., Perera, S., Heaney, G. (2010). Identification of e-procurement drivers and barriers for UK Construction Organizations and ranking of these from the Perspective of quantity Surveyors. *Journal of Information Technology in Construction*, 15, pp 23-43.
- Eadie, R., Perera, S., Heaney, G. (2011). Analysis of the use of E-Procurement in the public and private sectors of the UK construction Industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 16, pp. 669-86.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Constructors*. Second Edition, John Wiley & Sons: Canada
- Farzin, S., Nezhad, H. (2010). E-Procurement, the Golden Key to Optimizing the Supply Chains System. *Engineering and Technolgy*, 66, pp. 518-524.
- Lin, C.H. (2012). Apply Model-Driven Architecture to Re-conceptualization of BIM for Extended Usage. *European Group for Intelligent Computing in Engineering*.
- McIntosh, G., Sloan, B. (2001). The potential impact of electronic procurement and global sourcing within the UK construction industry. In: Akintoye, A (Ed.), *17th Annual Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Conference*. University of Salford., 1, pp. 231-40.
- Mell, P., Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. (Report No. 800-145). Retrived from: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Neupane, A., Soar, J., Vaidya, K., Yong, j. (2012). Role of Public E-Procurement Technology to Reduce Corruption in Government Procurement. *International Public Procurement Conference*. University of Southern Queensland, Toowoomba, Australia.

The Integration of Computational Design with BIM: The Exploration of New Possibilities with “Dynamo”

Enes Kaan Karabay ¹

¹ Istanbul Technical University, Graduate School of Science, Engineering, and Technology, Department of Informatics, Architectural Design Computing, Istanbul, Turkey

In this article, new opportunities emerged with the graphic programming language added on BIM will be examined. Open source Dynamo was chosen as the working environment. The new system created by Revit and Dynamo, was named as Computational BIM.

In the article, the stages of the study which includes Computational BIM in a design process will be explained. Autodesk has also added a plugin called “DynamoPlayer” to Revit. This plugin makes it easy to use written algorithms in a large group of designers and reduces the need for information; this opens the way for automation by the end user. As an advanced language created by Autodesk, “DesignScript” is integrated directly into Dynamo, and also Python scripts can be written directly into the Dynamo environment. With all its advantages, the Revit environment integrated with Dynamo offers a new paradigm shift as “Computational BIM”. Algorithms are used to execute commands on geometry and BIM database and to create logical and mathematical operations. With the help of these logical operations, the workforce required for recurring tasks can be reduced. Algorithm-supported design concept is generally used to define methods in computer environment. In the article, the concept of "computation" is used instead of "algorithm supported" due to the change in the knowledge-based system.

Received: 01.04.2020

Accepted: 02.04.2020

Corresponding Author:

enes@kaankrby.com

Karabay, E. K. (2020). The Integration of Computational Design with BIM: The Exploration of New Possibilities with “Dynamo”, JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 41-64.

Keywords: Building Information Modeling, Computational BIM, Computational Design.

Hesaplmalı Tasarım Ve YBM Entegrasyonu: “Dynamo” İle Yeni Olanakların Araştırılması

Enes Kaan Karabay¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul, Türkiye

Bu makalede, YBM üzerine eklenen grafik programlama dili ile ortaya çıkan yeni olanaklar incelenecektir. Açık kaynaklı Dynamo, çalışma ortamı olarak seçildi. Revit ve Dynamo'nun oluşturduğu yeni sistem Bilgisayimli YBM olarak adlandırılmaya başlandı.

Makalede, bir tasarım sürecindeki Hesaplmalı YBM içeren çalışmanın aşamaları açıklanacaktır. Autodesk, Revit'e “DynamoPlayer” adlı bir eklenti de eklemiştir. Bu eklenti, yazılı algoritmaların büyük bir tasarımcı grubunda kullanımını kolaylaştırır ve bilgi gereksinimini azaltır; bu da son kullanıcı tarafından yapılan otomasyonların yolunu açar. Autodesk tarafından oluşturulan gelişmiş bir dil olarak “DesignScript” doğrudan Dynamo ile bütünleştirilir ve ayrıca Python betikleri doğrudan Dynamo ortamına yazılabilir. Tüm avantajları ile Dynamo ile entegre Revit ortamı “Hesaplmalı YBM” olarak yeni bir paradigma değişimi sunar. Algoritmalar, geometri ve YBM veritabanı üzerinde komutları yürütmek, mantıksal ve matematiksel işlemler oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu mantıksal işlemler sayesinde, yinelenen görevler için gereken iş gücü azaltılabilir. Bilgisayar ortamındaki yöntemleri tanımlamak için genellikle algoritma destekli tasarım kavramı kullanılır. Makalede, bilgi tabanlı sistemdeki değişim nedeniyle “algoritma destekli” yerine “hesaplama” kavramı kullanılmıştır.

Teslim Tarihi: 01.04.2020

Kabul Tarihi: 02.04.2020

Sorumlu Yazar:

enes@kaankrby.com

Karabay, E., K. (2020). Hesaplmalı Tasarım ve Yapı Bilgi Modeli Entegrasyonu: „Dynamo“ ile Yeni Olanakların Araştırılması. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 41-64.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modelleme, Bilgisayimli YBM, Hesaplmalı Tasarım.

1. GİRİŞ

Teknoloji tarihinin günümüzdeki en büyük kırılma noktası bilgisayarın icadı ve yaygınlaşması olarak gösterilebilir. Bilgisayarın kişisel olarak edinilebilmesinin kolaylaşması ve internetin hayatımızın bir parçası haline gelmesi sonucunda bugün her alanda teknolojiden ve ürünlerinden yararlanmaktayız.

Bilgisayarın ve mobil aygıtların kullanımının artmasının yanı sıra internet devrimi ve “nesnelerin interneti (Internet of Things: IOT)” ile teknoloji artık hayatın tamamında yer etmeye başladı. İnternet devriminin bilgiye ulaşmayı kolaylaştırması sonucunda önceleri profesyonel olarak öğrenilen programlama yetkinliği ve elektronik araçların kullanımı gibi yeterlilikler, artan ilgi ile herkes tarafından ulaşılabilir olmuştur ve bu değişimleri de “Arduino” gibi elektronik araçları yapmayı kolaylaştıracak başka teknolojiler izlemiştir. Bugün artık kodlama ve mucitlik (maker) profesyonel bir uğraş olmaktan çıkmış ve yaş grubu olarak da çocuk denebilecek yaşlara inmiştir (ör: LittleBits2). Nesnelerin interneti ile nesnelerin arasında iletişim sağlanmıştır. Bu süreçlerin içerisinde ve sonucunda üretilen “veri” sadece bir yan ürün olmaktan çıkıp işlenmeye açık veri haline gelmiştir. Veri madenciliği sayesinde birçok sektörde istatistiksel veri, karar verme süreçlerinin bir parçası olmuştur.

Teknolojideki bu kırılmalar farklı şekillerde mimariye de yansımıştır. Bilgisayarın kullanımı önceleri iş gücünün kolaylaştırılması yönünde üretilmiş uygulamalarla karşımıza çıkmıştır. Gelişen araçlarla birlikte ise bilgisayarın tasarım, temsil ve üretim süreçlerinin içine girdiği hatta yönlendirdiği de görülmektedir. Bugün artık tasarım pratiğini de değiştiren bir kullanım olduğu aşikârdır.

Programlamaya olan ilgi artışının mimari platformda yansımaları da “Görsel Programlama Dillerinin (GPD)” mimari tasarım ortamlarında kullanılması olarak görülebilir. Mimarideki diğer teknolojik paradigma kırılmaları da katı modellemenin tasarımda kullanılması ile “Yapı Bilgi Modellemenin (YBM)” temellerinin atılmasıdır. Genel bir bakışla birbirlerinden ayrı ortamlarda gelişmeye devam eden bu kırılmaların, tek bir proje sürecinde kontrol edilmesi hem çeşitli zorluklar ortaya çıkartmakta hem de veri kayıplarına neden olabilmektedir. YBM ortamının tutarlı bir proje ortamı olarak kullanılmasının yanında, “Rhino- Grasshopper” birlikteliğindeki ön tasarım esnekliğini sunamıyor

oluşu, farklı ortamların paralel olarak aynı proje kurgusu içinde kullanımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu makalenin amacı, GPD ile entegre olan YBM ortamının sağladığı yeni olanakları ortaya koymak ve incelemektir. Mevcut bir çevrede bir yapı tasarım modeli üzerinden, kapsam olarak çok genişletilebilecek bir Yapı Bilgi Modeli ile Görsel Programlama Dili olanaklarını bütünleştiren bir uygulama sürecinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Dynamo ile oluşturulan bu ortamın kullanımındaki en büyük motivasyon da farklı ortamlar yerine tek bir ortamda kurgulanan proje sürecini bize sunuyor oluşudur.

GPD ile bir betik oluşturma, grafik bağlantılar kullanılarak kodlamanın basitleştirilmesini sağlar. Bu basitlik ile, YBM ortamının kısıtlarının da dışına çıkabilen ve hayal gücü ile sınırlı yeni bir ortamın kullanımı ortaya çıkmaktadır. Yine Rhino – Grasshopper birlikteliği örneğinden yola çıkarsak, bu ortamda Grasshopper ortamın hesaplamalı tasarım alanındaki açığını kapatmaktadır. Rhino katı model yapan bir ortam olduğu için Grasshopper’da katı modelleme alanında açıkları kapatmaktadır. Revit – Dynamo birlikteliğinin hesaplamalı tasarım alanının dışına çıkabilmesinin nedeni ise, sadece modelleme alanında değil; aynı zamanda Revit’in YBM özelliklerine de eklenebilmesidir. Bu durumda da Dynamo ile Revit kullanımı Bilgisayimli YBM olarak adlandırılmaya başlanmıştır.

Makalede Bilgisayimli YBM aracı olarak Dynamo ele alınmış, örneklendirme ve çalışmalar da yine Dynamo üzerinden yapılmıştır. Basitçe ele alındığında, herhangi başka bir YBM ortamında GPD’nin bütün ortamı düzenleyebilecek şekilde entegre olmadığını görmekteyiz; var olan diğer araçlar da GPD araçları yerine daha çok belirli işlemler için özelleştirilmiş eklentiler şeklinde çalıştığından, Dynamo daha kapsamlı bir ortam olarak öne çıkmaktadır. Daha geniş bir perspektifte, GPD ve YBM entegrasyonu ucu açık ve sınırı YBM ortamının program kısıtlarına uzanan hatta bazı durumlarda bu sınırların da aşılmasını sağlayan, farklı ortamlarla veri kaybı olmaksızın ilişki kurmaya da yarayan bir ortam oluşturmayı sağlamıştır.

2. DYNAMO İLE TASARIM SÜRECİ

Bu bölümde, bir tasarım sürecinde “Dynamo” aracı kullanılarak Bilgisayimli YBM yaklaşımı anlatılacaktır ve neden bilgisayarımı denildiği de ortaya koyulmaya çalışılacaktır. Yapılan örneklendirmelerle süreç

içerisinde Dynamo ve Revit birlikteliğinin neleri kapsadığı araştırılacaktır. Tasarıma konu olan modelin, Dynamo ortamında tasarlanması ve analize bağlı parametrelerle YBM ortamına aktarılması ile ilgili süreç açıklanacaktır.

Örneklenecek tasarım konusunun bina ihtiyaç programı:

- Sergi alanı olarak kullanılabilir kapalı bir alan;
- Fuaye alanı olarak açık mekân;
- Sergi alanları destek birimi olarak depolar;
- Kamusal toplanma alanı olarak pergola bölümü;
- Kafe alanı;
- Genel destek birimi olarak WC ve diğer alanlar olarak ele alınacaktır.

Tasarımın tüm aşamaları Dynamo görsel programlama dili kullanılarak bilgisayarlı bir ortamda gerçekleştirilecek ve süreçte sağladığı olanaklar tartışılacaktır.

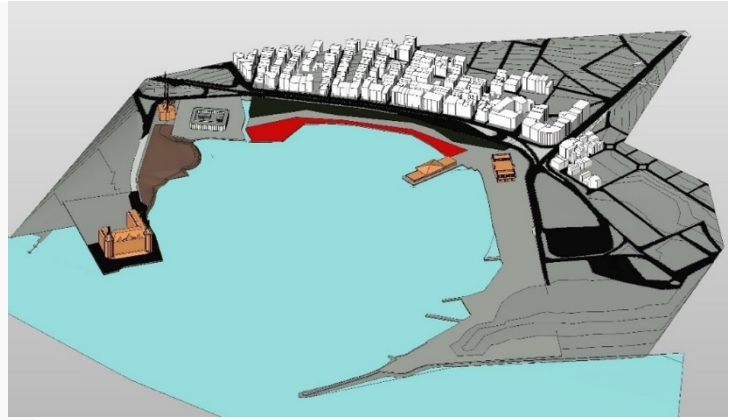
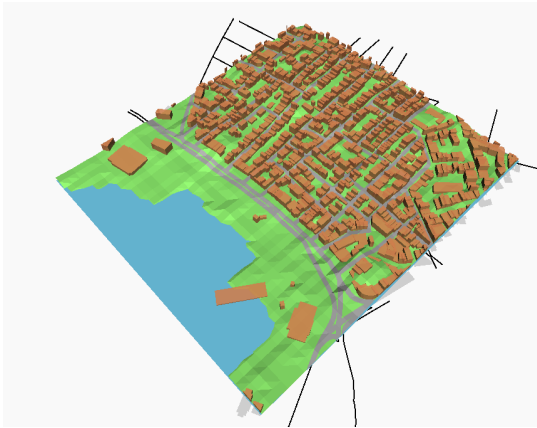
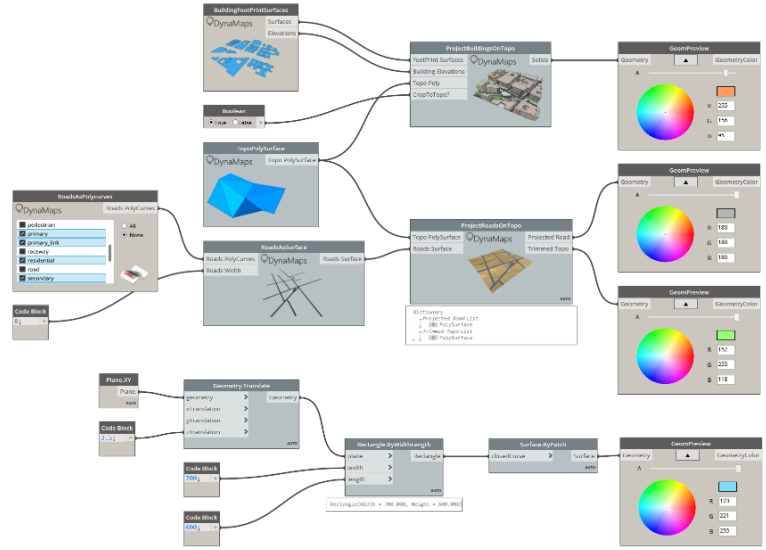
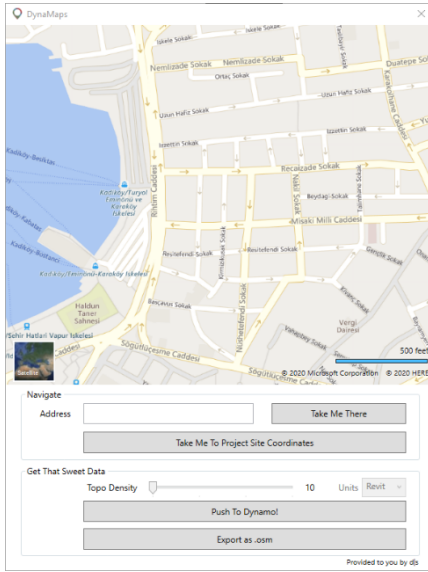
2.1 Ön Tasarım- Hesaplamalı Tasarım Aracı Olarak Dynamo

Mevcut görsel programlama dilleri (GPD) arasında tasarım pratiği içerisinde en fazla destek bulanı ve kullanılanı şüphesiz Grasshopper eklentisi ile birlikte Rhino ortamıdır. Bu ortamın çok fazla destek bulma sebeplerinden biri de “açık kaynak” felsefesi ile geliştirilmesi ve paylaşılmasıdır. Açık kaynak kodlanan bir programın kendisi bir kamu ürünü haline geldiği için, yine geliştirilmesi de kamu tarafından olmaktadır. Bu durum aynı zamanda farklı disiplinlerde çalışan insanların bu tip programlara destek vermesini de kolaylaştırmaktadır. Dynamo da aynı şekilde açık kaynak olarak BuroHappold bünyesinde geliştirilmeye başlanmıştır; potansiyeli ve YBM bünyesindeki eksiklik olduğu için de daha sonrasında Autodesk bünyesinde yine açık kaynak olarak geliştirilmesine devam edilmiştir. GPD'nin bir tasarım aracı olarak kullanımı sayesinde tasarım ürününün girdileri üzerinden oluşturulan kontrol, tek defaya özgü bir form oluşturmanın yanı sıra, birçok analizi de tasarım girdisi olarak dahil etmeyi sağlayabilmektedir.

Bu bölümde, ön tasarım amacıyla gereken çevre verilerine, analizlere ve bunların girdi olarak nasıl değerlendirilebileceğine değinilecektir. Ön tasarım analizlerinde ilk adım, çevre modellerinin oluşturulmasıdır ve bu amaçla DynaMaps aracı kullanılmıştır. Bu araç sayesinde harita verileri Dynamo ortamına aktarılabilir. Aynı aracın bu verileri Revit ortamına aktarma özelliği de vardır. Bu sayede ortak veri

kütüphaneleri kullanılarak arazi altlığı oluşturulmuştur. DynaMaps aracı veri kütüphanesi olarak bir başka açık kaynak proje olan "Openstreetmap" 'i kullanmaktadır. **Şekil 1**'deki algoritma Dynamaps ile Dynamo ara yüzünde gerekli aktarımlar yapılır. Dynamo üzerinden aktarılan verilerle birlikte farklı haritalardan toplanan veriler birleştirilerek, Kadıköy meydan ve çevresi modeli oluşturulmuştur (**Şekil 2**).

Şekil 1: Dynamaps Aktarım Şeması ve Harita Seçim arayüzü.

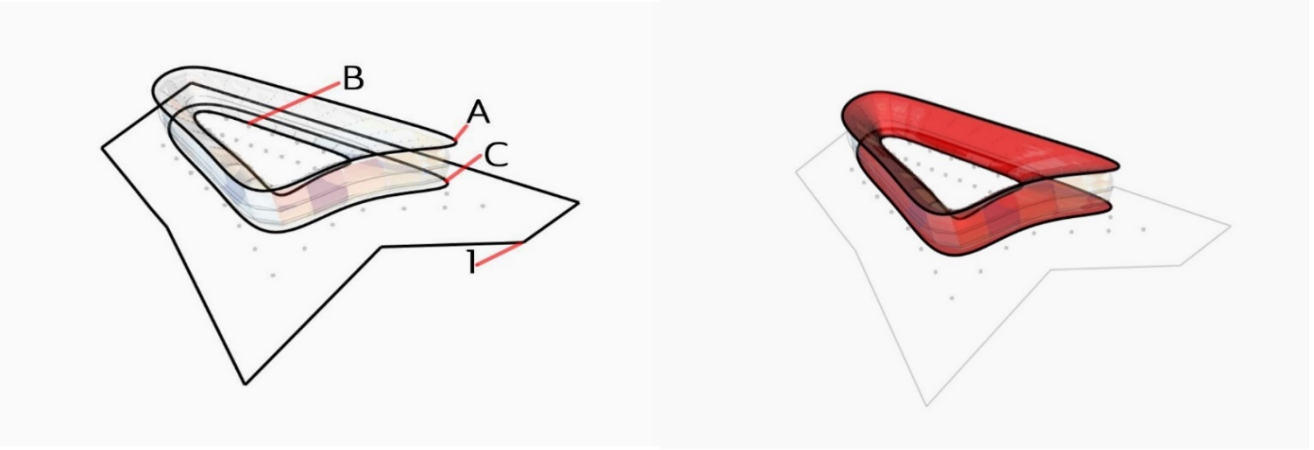
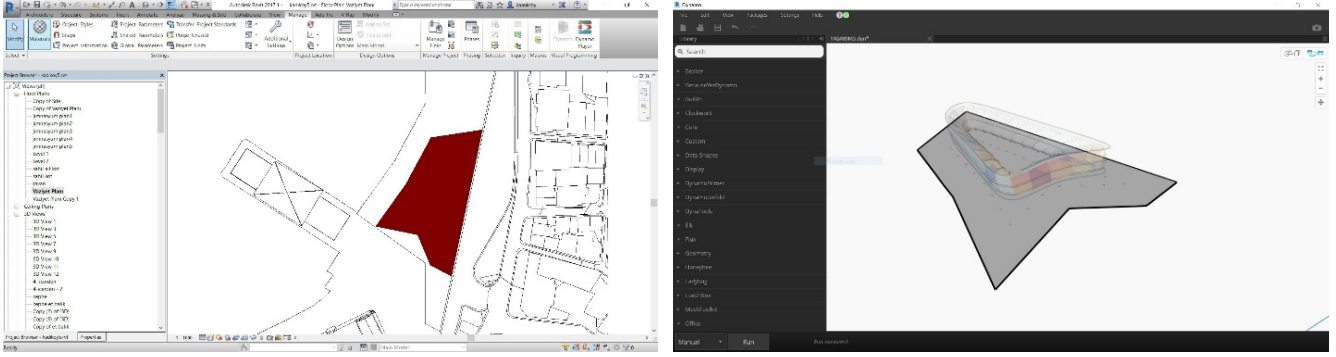


Tasarıma başlangıç aşamasında tasarlanacak yapı meydana belirli bir alan ile sınırlandırılmıştır. Bu alan "Select Face" nodu kullanılarak Dynamo ortamına aktarılmıştır. **Şekil 3**'de Revit ortamındaki ve Dynamo ortamına aktarılmış olan tasarım alanı görülmektedir. Alanı oluşturan sınırlar Dynamo ortamında ayıklanarak "NurbCurve" haline getirilmiştir.

Şekil 2: DynaMaps ile oluşturulan Dynamo vaziyet planı modeli ve Revit ortamında birleştirilmiş olan model

Şekil 3: Revit ekranındaki belirlenmiş olan yapı analı sınırı ve Dynamo ortamına taşınmış olan tasarım alanı sınırı.

Oluşturulan Nurb Curve üç farklı kota yansıtılmış ve bunların birleştirilmesinden kütleye altık oluşturacak yüzey oluşturulmuştur. **Şekil 4'**de oluşturulan altık yüzeyinin geometrik temsili Dynamo ekranında renklendirilmiştir



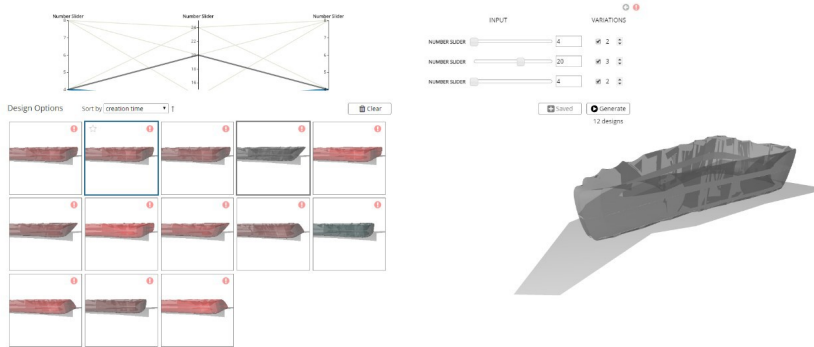
Şekil 4: Algoritma ile oluşturulan altık yüzeyi ve onu oluşturan Nurb Curvler.

Altık yüzey üzerinden de yüzeye dik olarak oluşturulan profiller birleştirilerek oluşturulan kütle görülmektedir (**Şekil 4**). Bu noktaya gelene kadar oluşturulan tüm geometrik elemanlar değişkenler yardımıyla oluşturulduğu için her parametre değişimi, sonucu değiştirmektedir. Aynı şekilde vaziyet planında belirlenmiş olan sınırlar değıştikçe de son form değışiklik gösterecektir.



Project Refinery üzerinden değişkenler ile çeşitlendirme denemesi yapılmıştır. **Şekil 6**'da kütle rengi, toplam kat alanına göre değişkenlik göstermektedir. Verinin bu şekilde görselleştirilmesi ile sonuçlar arasında ayırım yapılarak en uygun olan geometrik sonucun seçilmesi amaçlanmaktadır. Bu basit çeşitlendirmenin yanı sıra Refinery daha kapsamlı Genetik çözümler de yapılmaktadır.

Şekil 5: Liste içerisinde oluşturulan ve profiller ve birleştirilen profiller.

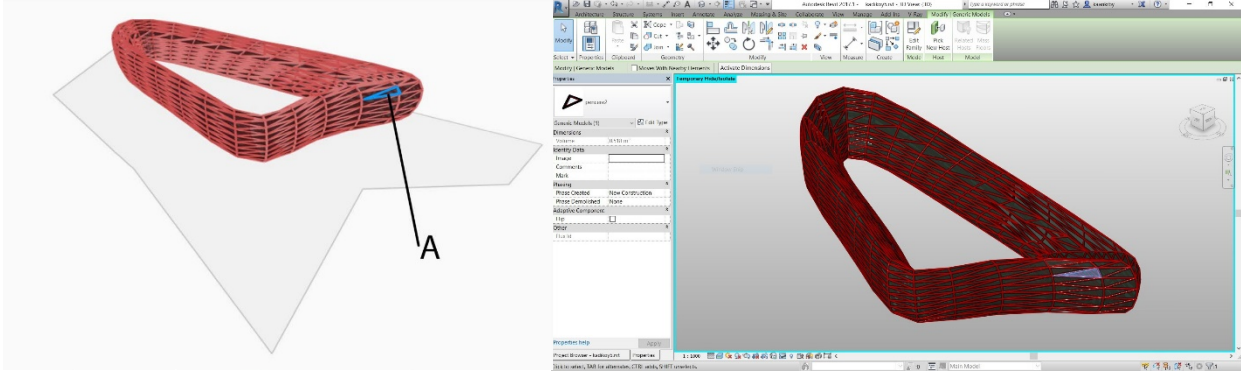


Şekil 6: Project Refinery Çeşitlendirmeleri.

2.2 Şematik Tasarım – Revit Ortamına Yapı Elemanlarının Eklenmesi

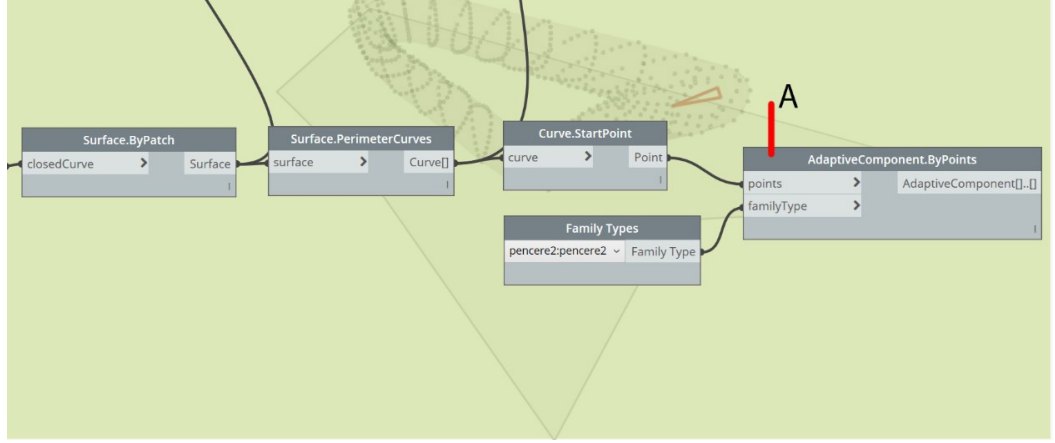
Ön tasarım bölümünde kullandığımız araçların benzerlerini başka tasarım ortamlarında da görmekteyiz. Ön tasarımdan yapı elemanlarından oluşan bir YBM'ye geçişte Dynamo ortamındaki geometrinin doğrudan katı model olarak aktarımının yapılabileceği gibi aynı zamanda Revit doğal elemanı araçları da kullanılarak model oluşturulabilir. İlk ciddi farklılığı sağlayan da Dynamo'nun bu etki alanındaki genişliktir. Grasshopper ortamında şu an için Dynamo ortamının çok önünde hesaplamalı tasarım modelleri oluşturulabilir,

Bu ortamı Bilgisayımli YBM yapan yönü ise, Dynamo'nun Revit YBM veri tabanına etki edebilme kısmıdır. Bu birliktelik, yalnızca iki sürecin paralel çalışması şeklinde değildir; ortam kısıtlarının bir diğeri tarafından kapatılabilmesini de sağlamaktadır. Tasarım modeli üzerinden bunu ele alırsak, Dynamo ortamında oluşturulan tasarım girdileri Revit ortamına aktarılarak modelin oluşturulması sağlanmıştır. kullanılarak Revit veri tabanında elemanların oluşturulması sağlanmıştır. **Şekil 8**'de Revit ortamında eklenmiş olan cephe panelleri görülmektedir.



Bu sayede tasarım katı bir model yerine YBM olarak oluşturulmuştur ve bu geçiş bir sürecin devamı olduğu için herhangi bir veri kaybı da olmayacaktır. Tasarımın ilk aşamasında oluşturulan kütleler yine sürecin devamında kullanılmaya devam edilmiştir. Oluşturulan kütle cephe panelleri için bir altlık yüzey olarak kullanılmıştır. Cephe panellerinin yerleştirileceği yüzey ilk olarak bölümlenmiş ve panel aralıkları Dynamo ortamında belirlenmiştir. Paneller için gerekli altlık yüzeyleri oluşturulmuştur ve **Şekil 9**'da örnek bir yüzey "A" ile işaretlenmiştir. Paneller Revit ortamında oluşturulurken "Adaptive component" aracı kullanılmıştır. Bu araç, hazırlanan panellerin köşe noktalarının doğru sırayla verilmesi durumunda Revit ortamında veri tabanına eklenmektedir. Dynamo ortamında da bu aracı kontrol eden bir "node" bulunmaktadır. **Şekil 9**'da "A" ile işaretlenmiş olan bu araç, gruplanmış halde köşe noktalarını ve Revit "family" girdi olarak objelerin yerleştirilmesini sağlamaktadır. Panellerin köşe noktaları aynı sırayla gruplanmalıdır. Bu işlem için Revit 'panel family' dosyası hazırlanmış ve Dynamo ortamında da yüzeyler hazırlanıp köşe noktaları yakalanmıştır (**Şekil 8**). Bu noktalar kullanılarak Revit veri tabanında elemanların oluşturulması sağlanmıştır.

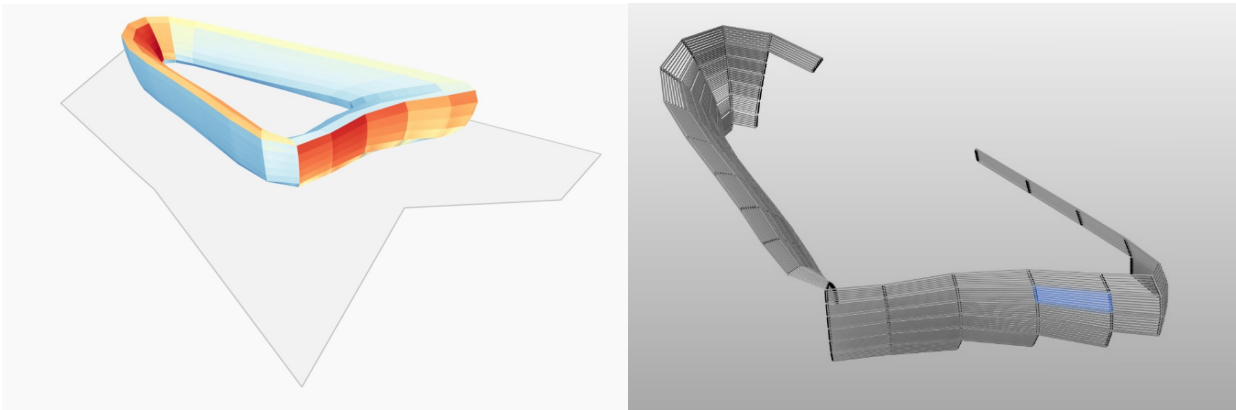
Şekil 8: Panel altlığı yüzeyler ve çerçeveleri.



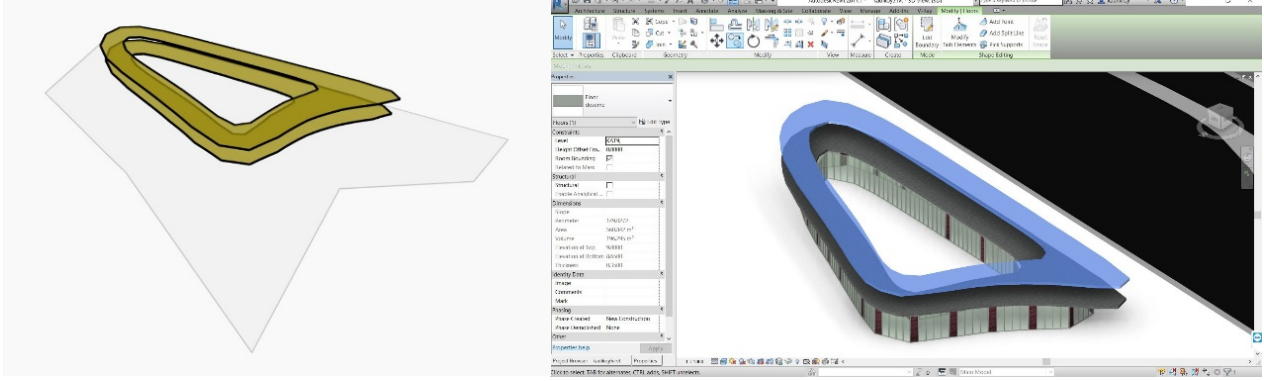
Şekil 9: Dynamo ortamında Adaptive Component aracı.

Şekil 8'de Revit penceresinde seçili olan (mavi renkli) Revit elemanın ismi ve özellikleri sol pencerede görülmektedir. Bu objeler Revit veri tabanına eklendiği için sorgulama ve listelemelerde de görüleceklerdir. Tasarımın bu aşamasında projeye ikincil bir dış cephe katmanı güneş kırıcıları olarak yerleştirilmiştir. Panelizasyon işlemi sırasında aynı yöntem izlenmiş (**Şekil 10**) fakat farklı olarak yerleştirme işlemi, güneş kırıcılar için oluşturulan yüzey altlığında güneşlenme analiz (**Şekil 10**) sonuçlarına göre yapılmıştır. Bu analize bir yıllık aralık, lokasyon ve yüzeyler girdi olarak verilmiştir. Sonuçları renk skalası ile örtüştürülmüş ve maviden kırmızıya giden bir yüzey analizi elde edilmiştir. Bu analiz sonucu, Dynamo ortamında **Şekil 10'**daki gibi görülmektedir. Bu renklendirmeye örtüştürülen bir filtreleme ile de belirli bir değerin üstündeki paneller seçilmiş ve Revit ortamında bu seçilmiş olan panellerin yerleştirilmesi sağlanmıştır (**Şekil 10 – sağdaki şekil**).

Şekil 10: Dynamo ortamında Solar Analiz sonunda renklendirilmiş yüzeyler ve bu yüzeylere Revit ortamında denk gelen güneş kırıcılar.



Güneşlenme analizinin sonucunda yerleştirilen paneller Revit ortamında Şekil 10 – sağdaki şekil gibi görülmektedir. Yine bu panellerin her biri bağımsız objelerdir, tüm sorgulamalarda görülebilirler. Sonraki aşamada, Dynamo 'da oluşturulan kütlelerin Revit kat izleriyle kesişimi yakalanarak (Şekil 11), kat döşemelerinin de yine Dynamo betiğinin devamında eklenmesi sağlanmıştır. Bu kesiştirme sonucunda yakalanan izlerin bulunduğu kotlarda Revit katları ve izlerle de döşemeler veri tabanı içerisine yazılmıştır



Son olarak zemin kattaki dış duvarlar da aynı izler referans alınarak Dynamo ortamında oluşturulmuştur. Giydirme cephe şeklinde oluşturulan dış duvarların belli bir oran içerisinde kalan sayı kadarı, rastlantısal olarak seçilmiş ve cam panelleri taş malzemeli duvar panellerine çevrilmiştir. Şekil 11'de Revit ortamında eklenmiş olan döşemeleri ve duvar panelleri görülmektedir. Yine seçili olan döşeme özelliklerine bakıldığında Revit içerisinde modele elle girilen bir elemandan farksız olduğu görülmektedir.

Şekil 11: Dynamo ortamında kat izleri ve Revit ortamında aynı izlerin aktarılmış hali.

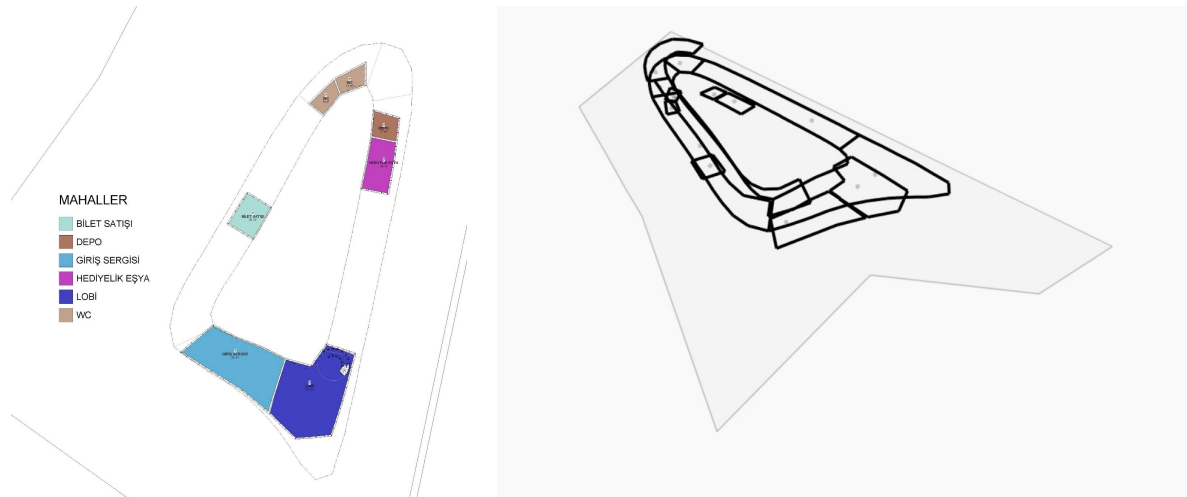
2.3 Tasarım Geliştirme

2.3.1 Oluşturulan mahallere göre döşeme izleri

Revit ortamının mahal aracı, duvar sınırlarını tanıyarak arasında kalan alanı tanımlar. Bu mahallere duvar, tavan malzeme bilgileri girilebilmektedir ve mahaller ön tanımlı olarak alan ve hacim bilgilerini veri tabanından okur.

Şekil 11'de görülen duvarlar Dynamo betiği ile oluşturulmuştu. Zemin katta boşluklar oluşturmak adına bazı sınır duvarları kaldırılmıştır. Üst katlarda da galeri boşluklarının açılması gibi fonksiyona bağlı yorumlar

yapılmıştır. Yapılan düzenlemeler sonrasında mahaller elle eklenmiştir. Tasarım geliştirme sırasında eklenecek olan ince yapı döşemeleri için Dynamo ile oluşturulan betik kullanılmıştır. Betik yardımı ile mahaller Revit ortamından okunarak sınırları bulunmuş (Şekil 12) ve mahal sınırlarına uygun olarak döşeme izlerinin standart bir döşeme ile oluşturulması sağlanmıştır. Betik içerisinde mahallerin ait oldukları katlar veri tabanından alınmış ve döşemelerin bu kat isimlerine göre doğru kata döşeme üst kotundan 10 cm üste eklenmeleri sağlanmıştır ve eklenen 10 cm kalınlığındaki bitiş döşemeleri olmaları gerektiği kotlara yansıtılmıştır. Mahallerin sadece kat izleri değil, lokasyonları da veri tabanından okunabilmektedir. Betik yardımıyla döşeme izleri eklendiğinde, bitiş döşemelerinin eklenmesi kullanıcıya bağlı olan bir eylem olmak yerine otomasyona dönüşmektedir. Mahaller, duvar ve kolon birleşimlerini otomatik olarak tanıyarak konumlandığı için de tam doğru şekilde modellenmiş olmaktadır.



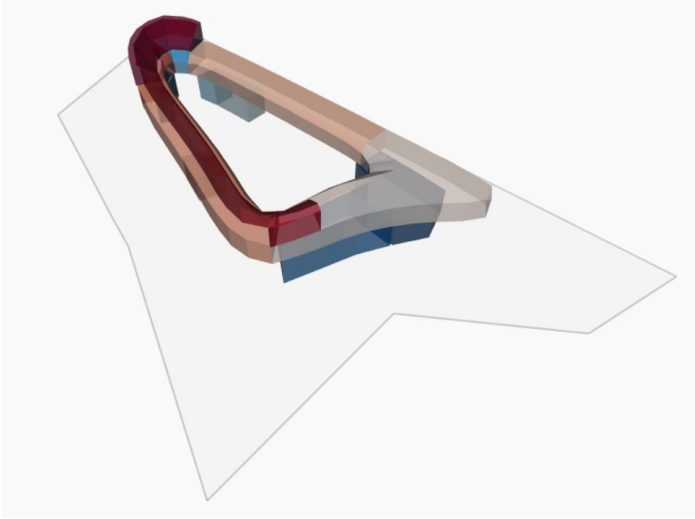
Şekil 12: Revit ortamında oluşturulan mahaller ve Dynamo ortamına aktarılmış mahal sınırları.

2.3.2 Üç boyutlu mahal renklendirme

Veri görselleştirme çalışmaları, proje geliştirme sırasında önemli yer tutan alanlardan bir tanesidir ve geleneksel hale geldiği kabul edilebilecek şekilde grafik düzenleme araçları ile yapılmaktadır. Proje içerisinden model görüntüleri veya kesitler, grafik düzenleme ortamına paylaşılarak, görselleştirmeler hazırlanmaktadır. Dynamo ortamı ile işlemlerin otomasyonunu sağlamak mümkündür. Mahalleri, Revit ortamında plan düzleminde iki boyutlu temsillerle isimlere veya departmanlara göre renklendirmek mümkündür. Fakat veri tabanında üç boyutlu objeler olarak bulunan mahallerin yine üç boyutlu olarak

renklendirilmesi Revit ortamında mümkün olmamaktadır. Dynamo ortamında bu objelerin geometrileri sorgulanarak, renklendirme çalışmasının temel alınacağı değişken olarak mahal isimleri, mahal departmanları, blok isimleri gibi farklı girdiler seçilir ve yapılan gruplandırma ile **Şekil 13**'deki gibi bir çalışma oluşturulabilir.

Algoritma geliştirilmesi sırasında oluşturulan bazı 'node'lar paket yöneticisi içerisine "ParametricAlly" paketi adı altında yüklenmiştir ve kullanıma açılmıştır.



Şekil 13: Dynamo ortamındaki mahal renklendirme çalışması.

2.4 Detaylandırma

2.4.1 Mahallerin numaralandırılması

Mahal veya otopark numaraları gibi değerler projelerde her zaman belirli bir sıra içerisinde düzenlenmektedir. Bu tip düzenlemeler de elemanlar üzerinde tek tek yapılmaktadır. Dynamo kullanarak YBM veri tabanındaki numaraların belirli bir otomasyon içerisinde düzenlenmesi sağlanabilir. Bu otomasyona referans olacak bir yol çizgisi belirlenerek bu çizgi üzerinden kesişen bütün elemanların kesişme sırasına göre numaralandırılması sağlanarak, kullanıcıların kendi girmeleri gereken parametreler yine bir otomasyon sayesinde hatasız bir şekilde projeye işlenmesi sağlanmaktadır.

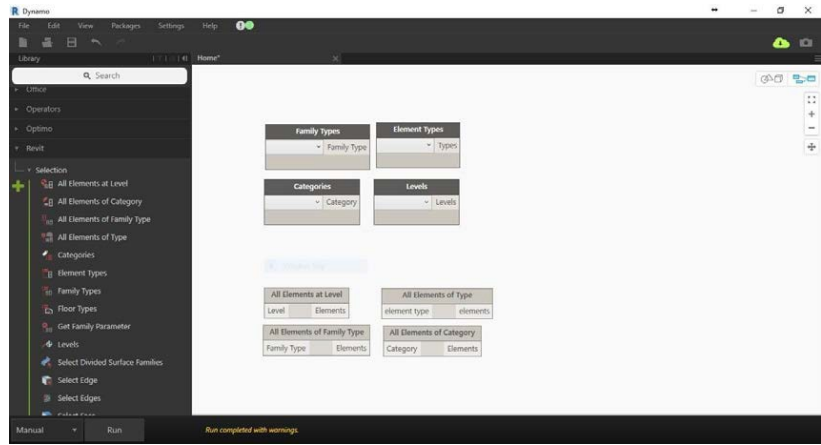
Hazırlanan betiğe girdi olarak düzenlemenin yapılacağı kat ve düzenlemeye referans olacak "curve" verilir. Mahallerin veri tabanından okunan lokasyon noktaları referans üzerine yansıtılır,

yansıtıldığı referans çizgisine göre orantısal konumları mahallerin sırasını belirtmektedir. Sıralamaya göre yeni numaralandırma formülü yapılmış ve numaralandırma işlemi sağlanmıştır. Bu basit örnek aslında yapılabilecek farklı otomasyonlar için fikir vermektedir.

2.4.2 Dynamo ile veri tabanı kontrolleri ve çapraz parametreler

Revit elemanlarının hepsi aslında bir programlama dilinin parçaları gibi çalışmaktadır. Nasıl bir program kodunun çalışması için girdiler gerekliyse ve kod bu girdileri derleyip bize bir sonuç çıkartıyorsa, Revit araçları da girdileri alıp bize grafiksel bir sonuç verir ama asıl arka planda yaptığı şey programın bunu bir veri tabanı olarak saklamasıdır. Duvar oluşturmak için, bağlı olduğu alt ve üst kotlar, bu kotlardan ne kadar üst veya alta uzayacağı gibi parametreler girdi olarak alınır ve duvar katı bir eleman olarak üretilir. Duvarın bir sonuç ürünü olmasının yanı sıra bu duvarın ürettiği alan, uzunluk, yükseklik gibi diğer yan veri ürünleri de aynı veri tabanı içerisinde tutulur. Dynamo ile bahsedilen tüm parametreler, veri tabanı içerisinde tüm elemanlar için sorgulanabilir. Aynı zamanda Revit elemanlarını seçip Dynamo tarafından tanınır hale getiren seçim araçları da mevcuttur. **Şekil 14'**de Dynamo içerisinde bulunan "Revit eleman Seçim" araçları görülmektedir. Bu araçlar ile veri tabanına yazılmış olan bütün elemanların değişkenleri okunabilmektedir. Bu değişkenler de başka elemanlara veri olarak girilebilmektedir. Okunabilen parametreler program ara yüzünde görüldenden daha fazlasıdır.

Şekil 14: Dynamo ara yüzündeki Revit Eleman Seçimlerinden bazıları.



Daha somut bir örneklendirme gerekirse, projede bütün duvarların kat parametrelerine bağlı olması beklenmekte ise, aksi durumda olan duvarların üçüncü boyut ortamında renklendirilmesi sağlanabilir; hatta

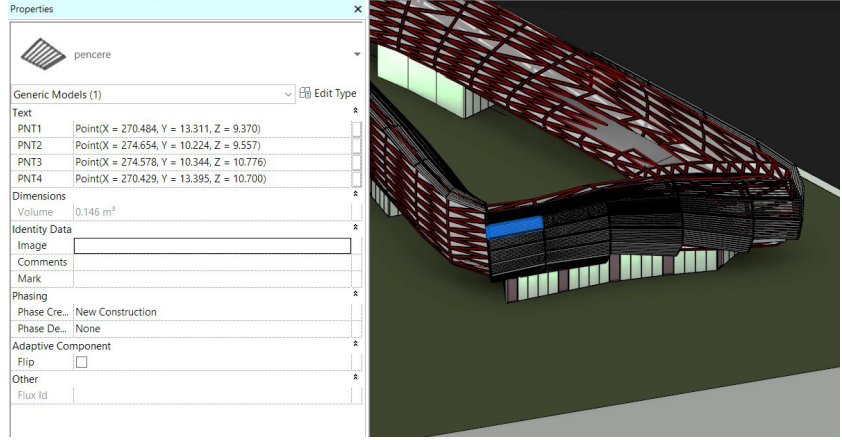
hatalı olan bütün duvarların kat parametresine bağlanması sağlanabilir. Bu tip sorgulamalar ve kontroller Dynamo benzeri bir yapı kullanılmadığı takdirde otomasyondan uzak bir şekilde kullanıcı kontrolünde yapılmaktadır.

Veri tabanı üzerinden çapraz olarak değişkenlerin kullanılması için oluşturulan betikler ise, özellikle mantıksal olarak kurgulanabilen sıralı işlemlerin otomasyon haline getirilebilmesini sağladığı için, zaman açısından büyük avantajlar sağlar. Özellikle nitelikli iş gücünün aktif kullanılması açısından da bu tip işlemleri otomasyon haline getirmek önemli bir avantajdır.

Değişkenlere girdi eklemek iç için en iyi uygulamalardan biri mahal kodlarının farklı elemanlara değişken olarak eklenebilmesidir. Proje yönetimi sırasında mahale bağlı olan kapıların kodlarının proje ortamına girilmesi sırasında, bağlı olduğu mahal kodlarının da parametre olarak eklenmesi istenmektedir. Böyle bir durumda bu kodların hem her mahal kodu değişikliğinde elle kontrol edilmesi zordur, hem de çok bloklu ve katlı projelerde girilmesi gereken parametre sayısı çok fazla artmaktadır. Örneğin Dynamo ile mahal kodlarının okunup mahale bağlı olan kapılara sırasıyla yazılması ve numaralandırılması sağlanabilir. Bu tip mantıksal fonksiyonlar kurulabilen işlemler, bir kişi için belki birkaç günlük iş gücü kaybı demek iken, Dynamo ile hazırlanan betik ile dakikalar içerisinde bitirilebilmektedir. Tasarım modelinde benzer bir problem olarak cephe panellerinin köşe koordinatlarının obje içine yazılması ele alınmıştır.

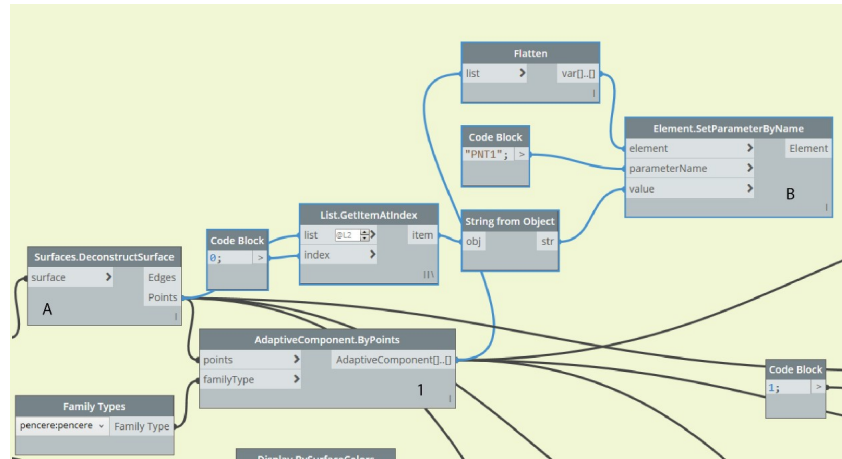
Hazırlanan panel objesinin özelliklerine eklenmiş olan “Pnt” değişkenlerine sırasıyla köşe noktalarının koordinatları eklenecektir. Köşe koordinatlarının normal araçlar ile Revit içerisinde yazılması mümkün değildir. Bu çözüm aynı zamanda program kısıtlarının önüne geçmek açısından da değerlendirilebilir. **Şekil 15'**de oluşturulan betik ile köşe noktaları koordinatları yakalanarak Revit veri tabanına girilmektedir.

Şekil 15: Revit ortamındaki parametreler.



Şekil 16'da seçili olan güneş kırıcı panelinin 'family' özellikleri soldaki özellikler penceresinde görülmektedir. Betik yardımı ile verileri toplanan köşe noktaları "PNT1-2-3-4" altında girdiler halinde görülmektedir. Burada oluşturulan paneller, YBM veri tabanına eklenmiş objeler olduğu için ilgili tüm veriler Revit ortamındaki sorgulamalarda ve listelemelerde görünürler (Şekil 17). Dynamo ile Revit sorgulama araçları kullanılarak her türlü değişkenin okunması sağlanabilmektedir. Dynamo ile Revit sorgulama araçları kullanılarak her türlü değişkenin okunması sağlanabilmektedir.

Şekil 16: Panel ilk köşe noktasını okuyan betik.



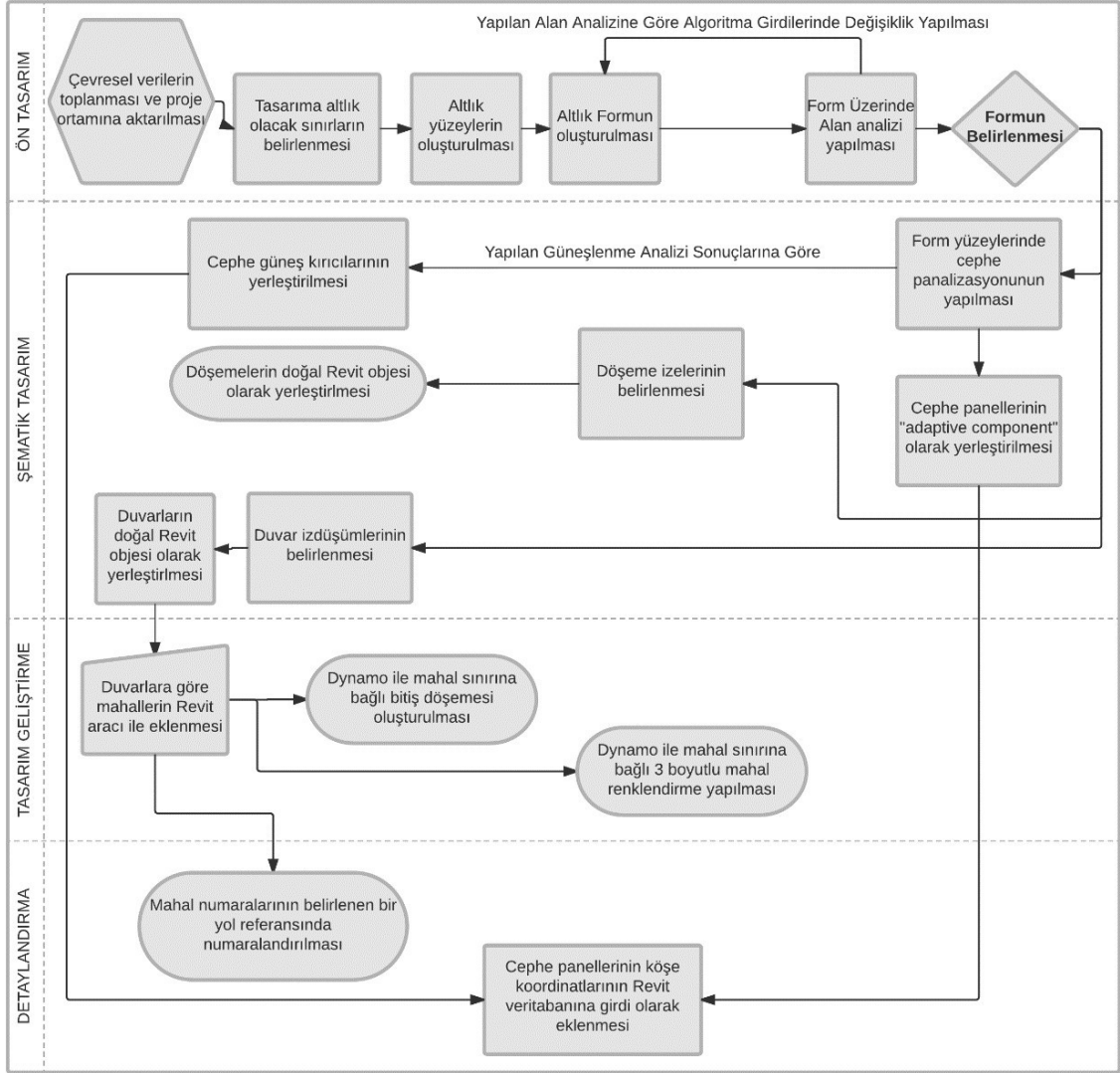
<Multi-Category Schedule>				
A	B	C	D	E
Family	PNT1	PNT2	PNT3	PNT4
pencere	Point(X = 296.965, Y = 7.663, Z = 10.519)	Point(X = 298.541, Y = 15.138, Z = 10.616)	Point(X = 298.334, Y = 15.403, Z = 12.070)	Point(X = 296.757, Y = 8.106, Z = 12.135)
pencere	Point(X = 298.541, Y = 15.138, Z = 10.616)	Point(X = 300.115, Y = 22.625, Z = 10.704)	Point(X = 299.912, Y = 22.748, Z = 12.002)	Point(X = 298.334, Y = 15.403, Z = 12.070)
pencere	Point(X = 304.442, Y = 44.744, Z = 11.968)	Point(X = 304.998, Y = 51.163, Z = 12.003)	Point(X = 303.144, Y = 49.951, Z = 11.473)	Point(X = 302.566, Y = 44.232, Z = 11.437)
pencere	Point(X = 304.998, Y = 51.163, Z = 12.003)	Point(X = 303.332, Y = 55.312, Z = 12.014)	Point(X = 301.769, Y = 53.547, Z = 11.436)	Point(X = 303.144, Y = 49.951, Z = 11.473)
pencere	Point(X = 303.144, Y = 49.951, Z = 11.473)	Point(X = 301.769, Y = 53.547, Z = 11.495)	Point(X = 300.968, Y = 52.671, Z = 10.833)	Point(X = 302.204, Y = 49.360, Z = 10.788)
pencere	Point(X = 302.204, Y = 49.360, Z = 10.788)	Point(X = 300.968, Y = 52.671, Z = 10.833)	Point(X = 300.180, Y = 51.813, Z = 10.133)	Point(X = 301.284, Y = 48.786, Z = 10.063)
pencere	Point(X = 301.284, Y = 48.786, Z = 10.063)	Point(X = 300.180, Y = 51.813, Z = 10.133)	Point(X = 299.411, Y = 50.981, Z = 9.381)	Point(X = 300.396, Y = 48.235, Z = 9.282)
pencere	Point(X = 300.396, Y = 48.235, Z = 9.282)	Point(X = 299.411, Y = 50.981, Z = 9.381)	Point(X = 298.677, Y = 50.194, Z = 8.551)	Point(X = 299.563, Y = 47.727, Z = 8.417)
pencere	Point(X = 299.563, Y = 47.727, Z = 8.417)	Point(X = 298.677, Y = 50.194, Z = 8.551)	Point(X = 298.020, Y = 49.506, Z = 7.583)	Point(X = 298.857, Y = 47.312, Z = 7.406)
pencere	Point(X = 298.857, Y = 47.312, Z = 7.406)	Point(X = 298.020, Y = 49.506, Z = 7.583)	Point(X = 297.644, Y = 49.161, Z = 6.352)	Point(X = 298.599, Y = 47.211, Z = 6.165)
pencere	Point(X = 303.332, Y = 55.312, Z = 12.014)	Point(X = 299.002, Y = 56.139, Z = 12.010)	Point(X = 298.089, Y = 53.976, Z = 11.496)	Point(X = 301.769, Y = 53.547, Z = 11.495)
pencere	Point(X = 301.769, Y = 53.547, Z = 11.495)	Point(X = 298.089, Y = 53.976, Z = 11.496)	Point(X = 297.610, Y = 52.891, Z = 10.836)	Point(X = 300.968, Y = 52.671, Z = 10.833)
pencere	Point(X = 300.968, Y = 52.671, Z = 10.833)	Point(X = 297.610, Y = 52.891, Z = 10.836)	Point(X = 297.136, Y = 51.827, Z = 10.139)	Point(X = 300.180, Y = 51.813, Z = 10.133)
pencere	Point(X = 300.180, Y = 51.813, Z = 10.133)	Point(X = 297.136, Y = 51.827, Z = 10.139)	Point(X = 296.673, Y = 50.794, Z = 9.390)	Point(X = 299.411, Y = 50.981, Z = 9.381)
pencere	Point(X = 299.411, Y = 50.981, Z = 9.381)	Point(X = 296.673, Y = 50.794, Z = 9.390)	Point(X = 296.227, Y = 49.813, Z = 8.565)	Point(X = 298.677, Y = 50.194, Z = 8.551)
pencere	Point(X = 298.677, Y = 50.194, Z = 8.551)	Point(X = 296.227, Y = 49.813, Z = 8.565)	Point(X = 295.820, Y = 48.846, Z = 7.606)	Point(X = 298.020, Y = 49.506, Z = 7.583)
.....

Şekil 17: Revit tabanına eklenmiş parametreler.

3. DEĞERLENDİRME

Proje süreci açısından baktığımızda; ön tasarım bölümünde Dynamo form yaklaşımları açısından denemeler yapılan bir GPD olarak kullanılırken, şematik tasarım aşamasından itibaren YBM elemanlarının yönetildiği bir ortam olarak kullanılmıştır (Şekil 18). Süreçte herhangi bir kopukluk olmadan tüm YBM elemanları GPD üzerinden veri tabanına eklenmeye devam etmiştir (Şekil 18). Özellikle YBM merkezli olmayan süreçlerde ortaya çıkan veri kayıpları ya da ortamlar arası iletişim problemleri tamamen aşılmıştır.

Araçların nitelikleri açısından incelendiğinde, ön tasarım bölümünde kullanılan araçların yapabildikleri, büyük ölçüde hatta fazlasıyla, Grasshopper ve eklentileri tarafından da karşılanmaktadır. Tasarım geliştirme aşamasına geçildiğinde Dynamo ortamının avantajları ve “Bilgisayımlı YBM” özellikleri daha fazla ön plana çıkmaktadır.



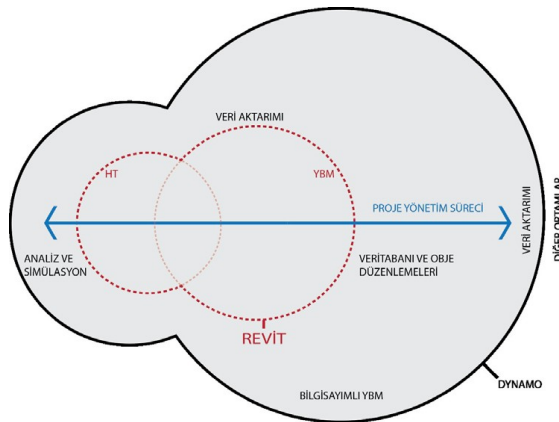
Şekil 18: Tasarım modeli proje süreci akış diyagramı.

Dynamo katı modelde değişiklik yapmaktan bir adım öteye geçerek, YBM üzerinde değişiklik yapmaya izin vermektedir. Bu değişiklikler sadece objeler üzerinde değil, Revit ortamındaki obje parametreleri üzerinde de olabilmektedir. Bu sonucu doğuran şey ise temelinde grafik programlama dili olan “Dynamo’ ya” eklenmiş olan Revit sorgulama araçlarıdır. Bu sayede tamamen kullanıcı amaç ve isteği ile şekillenen özelleşmiş uygulamalar oluşturulabilmektedir. Uygulama ekiplerinde ve ofislerde oluşturulan betikler aynı ofis içerisindeki farklı projelerde ve hatta paylaşılması halinde farklı yerlerde de kullanılabilir. Uzun süredir bu konuda oluşturduğum betikleri www.parametrically.com altında ücretsiz şekilde paylaşmaktayım.

Geliştirilme şekli açısından bakıldığında, Grasshopper gibi Dynamo da açık kaynak olarak geliştirilmektedir ve gönüllü geliştiriciler ve Autodesk geliştiricileri tarafından sürekli katkılar yapılmaktadır. Bütünleşmiş paket yöneticisi kullanılarak, kullanıcılar kendi oluşturdukları araçları diğer kullanıcıların kullanımına sunmaktadır. Tez içerisinde oluşturulan araçlar aynı şekilde paket yöneticisi içerisine “ParametricAlly” adı altında eklenmiştir.

Dynamo, tasarım modeli üzerinden yapılan çalışmalarda YBM platformuyla hesaplamalı tasarım süreçlerini bütünleştirmenin ötesine geçerek, YBM sürecinin kendisini de betikler yardımıyla yönetilebilir ve otomasyon haline dönüştürebilir hale getirmiştir. Dynamo kullanımı öncesinde de kod yazarak veya eklentilerle, tekil süreçler yönetilebilmekteydi; fakat Dynamo hem sürece bütün kullanıcılar tarafından erişilmesini sağlamıştır hem de her türlü süreç için bir grafik programlama alt yapısı sağlamıştır. Bu yüzden bütün süreç “Bilgisayımli YBM” olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 19'da anlatılan bütünleşik platform, YBM'nin tutarlı ve tek bir veri tabanından çalışma avantajlarını, hesaplamalı tasarımın ön tasarım ve sematik tasarım evrelerinde sağlamış olduğu esneklik ve deneysel yaklaşım avantajları ile birleştirmektedir. Veri aktarma işlemi, geleneksel çizim temsili şeklinde olduğunda Revit'in paftalama araçları kullanılırken, Revit'in ön tanımlı araçlarının yetersiz kaldığı veya sayısal bir verinin ayıklanarak aktarım yapılması gereken durumlarda da Dynamo kullanılabilir. Hesaplamalı Tasarımdan (HT) YBM'ye geçiş **Şekil 19**'da iki paradigmanın kesiştiği aralık olarak temsil edilmiştir ve bu kesişim aslında aynı ortamda devam ettiği için net sınırları olmayan bir hal almıştır.



Şekil 19: Dynamo ile oluşturulan tasarım modeli. Kaynak referans alınarak yeniden yorumlanmıştır (Humppi & Österlund, 2011).

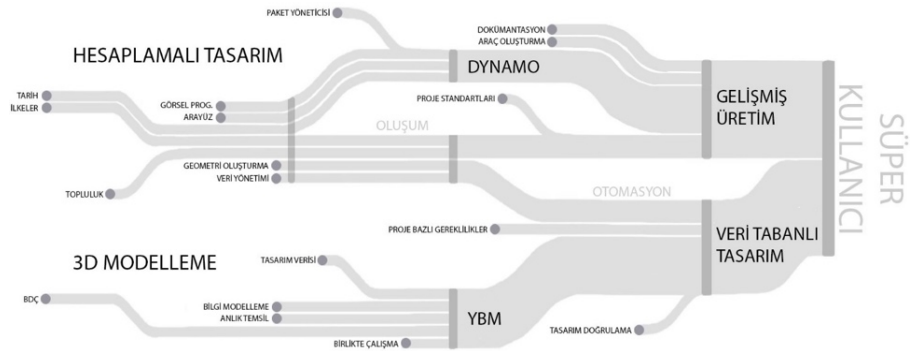
YBM ve HT entegrasyonunun Mimarlık Mühendislik ve İnşaat sektörü etkileri üzerine yapılan bir araştırmada, bu entegrasyonun problemlerin üstesinden gelmede ne kadar yardımcı olabileceği hakkındaki soruya, sektör çalışanlarının %78.9'u, öğrencilerin %64.7'si ve araştırmacıların %50'si olumlu cevap vermiştir (Abrishami et al., 2014). **Tablo 1** incelendiğinde de çalışanlarda, öğrencilerde ve araştırmacılar da çok yüksek bir çoğunlukla HT ve YBM entegrasyonu sonucunda YBM'nin de kapasitesinin artacağına ilişkin beklenti oldukça fazladır.

		HT, kullanıcıların tasarım kapasitesini arttırabilir mi?			HT, YBM kapasitesini arttırabilir mi?		
		Emin Değilim	Hayır	Evet	Emin Değilim	Hayır	Evet
Gruplar	Çalışan	13.2%	0%	86.8%	15.8%	0.0%	84.2%
	Öğrenci	11.8%	5.9%	82.4%	11.8%	5.9%	82.4%
	Araştırmacı	20%	6.7%	73.3%	33.3%	6.7%	60.0%
Toplam		20.0%	6.7%	81.7%	17.0%	4.6%	78.4%

Tablo 1: HT kullanıcı kapasitesi ve YBM kapasitesi üzerine etkileri (Abrishami et al., 2014).

Özellikle Dynamo'nun YBM ortamını çevreleyen bir yapı olduğu düşünüldüğünde, Bilgisayar destekli tasarımın gelişimindeki paralel iki yönün bugün tek bir ortamda birleşebildiğini görmekteyiz. **Şekil 20**'de farklı özellikleri kullanabildiğinden bahsedilen kurgusal süper kullanıcı bu özelliklerin birçoğunu Dynamo ve Revit birlikteliğinde toplayabilmektedir.

Şekil 20: YBM ve HT kullanımını harmanlayan kullanıcı (Deutsch, 2017).



4. SONUÇLAR

Bilgisayarın mimari tasarım ortamı olarak kullanımın iki yönü olan YBM ve HT sürekli olarak birlikte kullanılmaya çalışılmış ve entegrasyonu için farklı yöntemler denendiği literatur araştırmaları sırasında görülmüştür. Özellikle GH'in gelişmiş bir HT ortamı olmasından dolayı iş akışlarında merkezde tercih edilmiştir. Gelişen bilgi sistemlerinden dolayı YBM'nin kullanımının artmasıyla birlikte entegrasyonun önemi daha da artmış, mevcut yöntemler eksik kalmaya başlamıştır ve YBM ile entegre olmuş bir GPD'nin gerekliliği daha da artmıştır. Bu entegrasyonu sağlamak adına kullanılan araçların ya sadece geometri üzerinden aktarımlar yaptığı ya da YBM ortamında sadece belirli düzeylerde kontrole izin verdiği görülmüştür. Dynamo bu noktada aynı amaçlarla kullanılan araçların aksine YBM üzerinde çalıştığı için öne çıkmıştır. DesignScript gibi gelişmiş bir başka dilin Dynamo ortamıyla birleştirilmesiyle güçlü bir altyapı kullanıma sunulmuştur.

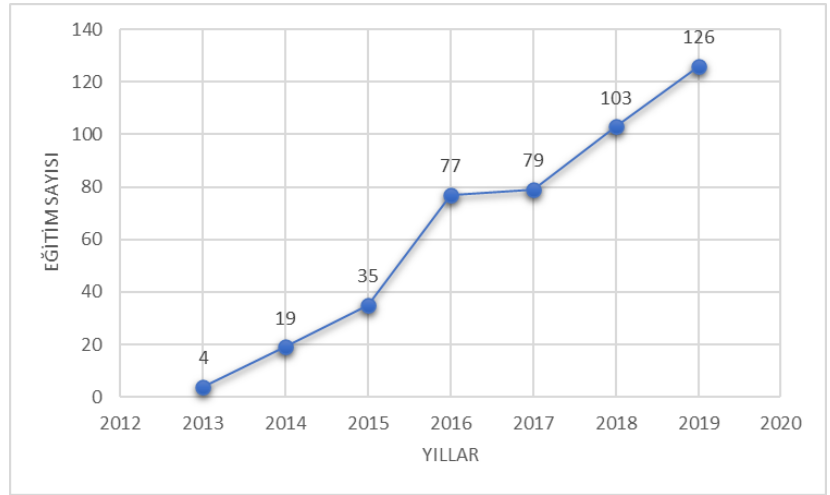
GPD ile oluşturulan entegrasyonun B-YBM (Bilgisayimli YBM) olarak yeni bir kullanım alanı açtığı tasarım modeli üzerinden görülmüştür. Tasarımın ön safhalarında GH benzeri özellikleri için kullanılan Dynamo, proje süreci içerisinde YBM veri tabanı ve değişkenleri üzerinde kontrol sağlayan betiklerle B-YBM aracı olarak kullanılmıştır. Dynamo, hesaplamalı tasarım araçları tarafında hala en çok kullanılan araç olan Grasshopper'ın, eklenti ve kullanıcı desteği anlamında gerisinde olmasına rağmen Dynamo'nun da GH gibi açık kaynak olması, büyüyen bir topluluğun oluşmasını sağlamaktadır, öyle ki Grasshopper'a eklentiler yazan programcılar benzerlerini Dynamo ortamına aktarmaktadır (Elk, FireFly, LunchBox, LadyBug vs.). 'Refinery' gibi opsiyon denemeleri yapabilen yapıların Autodesk tarafından farklı araçlarla desteklendiği takdirde daha komple bir B-YBM altyapısı kullanıcılara sunulabilir.

Paket yöneticisi sayesinde kullanıcılar arasında "node" paylaşımı yapılabilmektedir. Birçok kullanıcı kendi "node" gruplarını oluşturup bu yönetici içerisinde paylaşımına sunmuştur. Bu yönüyle giriş seviyesindeki kullanıcılar için hızlı bir kullanma ve öğrenme süreci oluşmaktadır. DesignScript'in özellikleri arasında yer alan "NodeToCode" özelliği de bu öğretici yapıyı pekiştirmektedir. Aynı şekilde uzman kullanıcılar için de paylaşılan bu araçlar iş akışı içerisinde kolaylıklar ve iş gücü kazancı sağlamaktadır.

YBM ortamının otomasyonu açısından ele alındığında ise Dynamo ortamı benzersiz bir yapıdır ve sağladığı en büyük avantajı da şüphesiz bu yönüdür. GPD ve YBM entegrasyonu bu aşamada sadece tasarım yönüne etki etmemiştir ve YBM veri tabanı ve objeleri GPD ile düzenlenebilir hale gelmiştir. Kurulan mantıksal ve matematiksel betikler sayesinde oluşturulan otomasyonlar hem iş gücünden kazanç hem de proje ortamında bir standartlaşma oluşturmayı sağlamışlardır.

Şekil 21'de yıllara göre dersler eğrisine bakıldığında ise; "Autodesk University" sayfasında Dynamo başlıklı ders sayısı 2013 yılında dört, 2014 yılında 19, 2015 yılında bu sayı otuz beş, 2016 yılında ise yetmiş yedi, 2017 yılında yetmiş dokuz, 2018 yılında yüz üç, 2019 yılında da yüz yirmi altı olmuştur.

Türkiye'de de 2015 yılı içerisinde yapılan iki farklı çalıştayda toplam iki yüze yakın katılım sağlanmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE Bilişim Anabilim Dalı Mimari Tasarımda Bilişim Lisansüstü Programı ve KSB Hesaplamalı Tasarım Kulübü bünyesinde 2016-17 güz yarıyılında aylık olarak kullanıcı toplantıları gerçekleştirilmiş ve bilgi paylaşımı yapılması sağlanmıştır. Bu açıdan bakıldığında da Dynamo kullanımı ve desteği ülke içinde ve dışında yükselen bir eğri ile artmaktadır.



Şekil 21: Autodesk University
Yıllara göre dersler.

Kaynakça

Abrishami, S., Goulding, J. S., Pour Rahimian, F., Ganah, A., & Sawhney, A. (2014). G-BIM Framework: A Feasibility Study for the Adoption of Generative BIM Workspace for Conceptual Design Automation. *Creative Construction Conference 2014*, 539–543.

Deutsch, R. (2017). *Convergence: The Redesign of Design* (1st ed.). Wiley.

Garber, R. (2014). BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling. In *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*. <https://doi.org/10.1002/9781118914694>

Humppi, H., & Österlund, T. (2011). Algorithm-Aided BIM. *2*, 601–609.

Building Smart with Using BIM Correctly

Ayşe Polat¹

¹Turner Construction Company, USA.

Building Information Modelling (BIM) is an important disruptive technology for the design and construction industries. In order to have more collaboration among parties, we need to use BIM with all the tools and approaches. Successful process in design modeling can lead to a very successful BIM coordination in construction.

Received: 03.04.2020

Accepted: 03.04.2020

Corresponding Author:

apolat@optonline.net

Polat, A. (2020). Building Smart With Using BIM Correctly. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 65-73.

Keywords: Building Smart, Building Information Modeling (BIM).

YBM'yi Doğru Kullanarak Akıllı Yapım

Ayşe Polat¹

¹Turner Construction Company, ABD

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), tasarım ve inşaat endüstrilerini sarsan önemli bir teknolojidir. Paydaşlar arasında daha fazla işbirliği yapabilmek için, YBM'yi tüm araç ve yaklaşımlarla kullanmamız gerekiyor. Tasarım modellemedeki başarılı süreç, inşaatta çok başarılı bir YBM koordinasyonuna yönlendirebilir.

Teslim Tarihi: 03.04.2020

Kabul Tarihi: 03.04.2020

Sorumlu Yazar:

apolat@optonline.net

Polat, A. (2020). YBM'nin Doğru kullanımı ile Akıllı Yapım Süreci. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(2), 65-73.

Anahtar Kelimeler: Akıllı yapım, Yapı Bilgi Modelleme (YBM).

1. INTRODUCTION

Construction technologies are rapidly changing despite of traditional thought process in design and construction which is still widely common. If we look at why we can't resist these rapid changes in construction, we should look at the way we transformed to build buildings from past to recent. Some of the reasons for these changes are, advanced or complex building systems and components, more stringent building and fire codes, increased comfort level in buildings, variety of new building materials and their applications. All these force the industry to think in a different way.

2. BUILDING SMART WITH USING BIM CORRECTLY

Building Information Modeling (BIM) is a process to develop collaborative thinking and communication with more advanced visualization techniques. This process creates in multiple layers of project coordination for stakeholders. Since BIM is an advanced tool to accelerate project collaboration, it perfectly engages with recent construction techniques and actually forces industry to use BIM to solve problems efficiently.

It is not just more advanced construction techniques which is forcing use of BIM. It is also trending project delivery methods which allows in depth communication and early collaboration among team. IPD, such as Design Assist, Early Preconstruction BIM collaboration or Design Build project delivery methods are some of the samples of these trending processes.

BIM uses are greatly advanced in design and construction in recent years by the technology advancement, such as increased cloud computing, faster processors and more advanced graphic cards etc. One of the benefits of these advancements result more comprehensive construction processes to build smarter. If we look at construction process, it has almost similar to the silos we see in design process. In design, architects and consulting engineers are mostly working in silos which don't communicate efficiently and result with less coordinated design documentation and thought process. This also makes a ripple effect to construction process and all unresolved issues appear on the surface in this phase. What happens is, now we are not just facing with

uncoordinated design issues but also facing to hardly catch up with construction schedule and budget which can be much more complicated and difficult to achieve for CM/contractors and project owners.

If we look at construction silos, from the preconstruction to the construction phase, construction team can be easily isolated if we don't implement BIM processes successfully. Estimating department might not be aware of all the details of purchasing, preconstruction team might not be aware of what was the initial contracts and promises that have been made to owner at the award phase. All these makes the construction process much harder in later days when everything mobilized to field and start building.

One of the most important action to eliminate these silos in design and construction phases is to increase collaboration among stakeholders. If both sides of the team in design and construction listen each other and understand their challenges, process will be much smoother for both. Especially in standard BIM processes in construction, contractors and CMs are still referencing on design team's models at certain levels in BIM coordination. Especially for the trades which are not participating in BIM coordination. Therefore, these referenced design models can be improved if design teams know what the modelling aspects are which can help construction process in design. These modeling practices can be tremendously beneficial for more accurate design documentation, more reliable 3D design models, less RFI and change order processes in construction. If we look at design models and consider what would be the items to achieve this may be listed as follows:

1- Every successful design BIM process starts with a well-established design BIM execution plan, organizing all roles and responsibilities among the design team including but not limited to file sharing protocol and timeline, project coordinates, file naming structure, coordination meetings etc.

2- All architectural models and backgrounds provided for consultants should be up to date in structural, MEP and/or other consultants drawing sets and coordinated, especially for the following list:

- Architectural floor plan backgrounds including reflected ceiling plans;

- All slab openings and shaft edges dimensions;
- Floor finish elevations;
- Floor slab thicknesses, floor depressions and finishes should be coordinated with structural and reflected to their respected 3D models;
- Details containing multiple disciplines' input.

3- Accurate modelling techniques for all the components of the 3D models such as wall thicknesses, types and properties, door types, properties, ceilings, light fixtures and other ceiling elements, floors and their correct thicknesses which are coordinated with structural floors and structural members, all MEP related items and their related access and clearance with accurate modelling techniques. Components needs to be considered:

Walls/Partitions:

- Wall types thickness accuracy (with correct assembly, including correct stud sizes for MEP systems, finish layers, veneers, acoustical layers, head & foot walls, feature walls etc. should be added as a layer or added as separate to the assembly thickness).
- Rated (fire or smoke) walls tagged and labeled in wall type names or in properties.
- Wall devices and access doors on walls - specifically on specialty spaces such as surgical rooms, MRIs, media rooms etc.
- Wall heights for smoke and fire rated walls (up to deck or others +/-6" above the ceiling).
- Knee walls or short walls with MEP connections (including correct structural framing) to ensure assembly is adequate.
- Modular walls, movable partitions, sky folding partitions w/ housing shown on the ceiling/ or on the sides of the wall, consider supporting structure and motor housing etc.
- Fire shutter/doors at elevator lobbies and egress areas.
- Flood walls/ barriers and their housing for space allocation (hydraulic, sliding, tilt etc.).
- Shield walls / specialty insulated walls.

- Glass walls, storefronts and their structure and connection clearances.
- Vestibules with their ceilings and MEP connections (roof drains, conduits, lights, diffusers etc.) – (vestibules are usually left behind since they are fairly smaller spaces, however, it can effect to overall lobby design and building entrance).
- Curtain wall embeds (knife plates, embed etc.), wind bracings- (Design Team may get some preliminary information from their curtain wall consultants, and allocate spaces for curtain wall connections).
- Mechanical room and closet walls or ceilings should be identified and coordinated in architectural 3D model.

Doors:

- Door width and their framing should be modeled accurately in architectural model and clarified clear door width and framing/ opening width in door schedules.
- Door types and hardware types in properties.
- Overhead rolling doors/shutters and clearance for their framing structure, hood and motor space allocation.
- Flood doors and their required clearances.
- Loading dock doors (rolling or folding etc.).
- Large width doors which require specific support (such as patient room doors, mechanical room doors etc.).
- Glass partition doors and their relations to storefront or curtain wall.
- Elevator doors.
- Revolving doors at lobby and vestibules.

Ceilings

- RCP lighting, sprinkler head, MEP diffusers and grills should be consolidated in one design source, preferably in architectural RCPs. If the mechanical engineer has to change the layout due to mechanical calculations, architectural team should be informed for the layout change.

- Architectural RCPs vs MEP RCPs backgrounds. Updated links between disciplines – accuracy of information.
- Ceiling devices (including owner provided, prepurchased, anything in the scope of the project).
- Ceiling thicknesses, insulated panel thicknesses.
- Ceiling Height/MEP/headroom clearance (generic ceiling with no thickness) at “no ceiling” areas, shell spaces/ garages, loading docks.
- Access panel locations at gypsum or any specialty ceilings.
- Above ceiling access (generic box or dashed lines on RCP).
- Soffits and soffit walls- Rated soffits for MEP.
- Cove lighting/ lighting housing etc.
- Valance walls at ceilings.
- Lighting fixtures / specialty lighting and their housing/ clearances, any pending lights needs base/ structure.
- Any ceiling hung equipment (projectors, protector screens, patient lifts, exam lights, booms, working stations with ceiling mount.
- Ceiling outlets (supply and return diffusers, linear diffusers with their plenum sizes from MEP.
- Sprinkler heads (usually architect puts the initial layout and engineer revise it and coordinates and then subs locate with final calculations).
- Specialty ceiling structure.
- Exterior soffits on envelope, ceilings, canopy etc.

Floors:

- Floor assembly thickness including finish floor (Generally, finish floors are used as a guide to maintain coordination spaces).
- Finish layers vs. structural slab should be identified and correctly modeled in architectural and structural 3D models.

- In-slab conduits, plumbing, electrical boxes, vertical penetrations, sleeves, floor drains should be coordinated between all discipline models.
- Shaft opening and floor edges, slab edges, shaft curbs should also be coordinated between disciplines.

MEP and Other Building Components:

- Owner bought or furnished equipment and their connection points.
- Connections for future equipment.
- Misc. supports for floor, wall and ceiling mounted building components such as, equipment, fixtures, devices etc. (if the size of supports are not known, it should be shown as clearance/access zone).
- Equipment platforms, catwalks, gratings, ladders etc. (if the size of supports are not known, it should be shown as clearance/access zone).
- Accurate housing of all equipment, devices or fixtures on ceilings, walls and floors (if the size of supports are not known, it should be shown as clearance/access zone).
- Access/clearances such as equipment, valve, electrical panel, access panels access, valves, equipment replacement and maintenance accesses.
- Rigging and Egress paths on MEP floors, ladders etc.
- Exit lights coordination on architectural RCPs and Electrical drawings.
- Stair standpipe and valves and their required heights (including coordination with stair structure).
- Duplicated MEP items in MEP models results with duplicated counts and misleading on scope (for exp. fire tank being shown in fire protection and plumbing at the same time produce confusion or elevator machine rooms panels shown in elevator consultants models and electrical models at the same time).

4- RCP and wall elevation coordination which shows all the ceiling and wall devices which are coordinated with structural and MEP models and coordinating the information among the documents to provide consistent information. Architectural Reflected Ceiling Plans (RCPs) are a very important design information for preconstruction and construction coordination. RCPs should show all the MEP and architectural devices (including owner provided) and ensure all these systems are coordinated in the architectural plans. If Design Team doesn't have this information from the owner, or consultant hasn't been hired at that time, the information should be included at later phases and issued as a revision.

These are just some of the items design teams should consider to have smooth transition to construction process with their documentation.

