

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

Ömer Halil Çavuşoğlu<sup>1</sup>, Gülen Çağdaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Technical University

<sup>2</sup>Istanbul 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 Çavuşoğlu<sup>1</sup>, Gülen Çağdaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi

<sup>2</sup>İstanbul 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 düşüncüyü 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.



<b>Ortam (O)</b>	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 çalışmalarını durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O1' (Eskiz Ortamı) olarak kodlanmıştır.
Kütle Modelleme Ortamı (O2)	Katılımcıların doğrudan kütle modelleme ortamında çalışmalarını durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O2' (Kütle Modelleme Ortamı) olarak kodlanmıştır.
Enerji Analizi Arayüzü Ortamı (O3)	Katılımcıların doğrudan enerji analizi arayüzü ortamında çalışmalarını durumunda o süreçteki çalışma ortamları 'O3' (Enerji Analizi Arayüzü Ortamı) olarak kodlanmıştır.
<b>Fiziksel Eylemler (F)</b>	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 kullanılmaya 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
<b>Akademik Çalışma Alanları</b> <i>Açık planlı çalışma salonları ve stüdyolar (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	2500 m <sup>2</sup>
<b>Akademik Çalışma Alanları</b> <i>Çalışma grubu, seminer, çalıştay odaları ve bilgisayar laboratuvarı (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	1500 m <sup>2</sup>
<b>Sosyal İçerikli Çalışma ve Dinlenme Alanları</b> <i>Öğrenci kulüp odaları ve ortak kullanım alanları (ilgili servis ve sirkülasyon alanları)</i>	1500 m <sup>2</sup>
<b>Yeme/İçme Alan(lar)ı</b> <i>Öğrenci merkezi ve yurtlar için yeme/içme alanı (ilgili servis ve sirkülasyon alanları dahil)</i>	1500 m <sup>2</sup>
<b>Toplam</b>	7000 m <sup>2</sup>

**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.

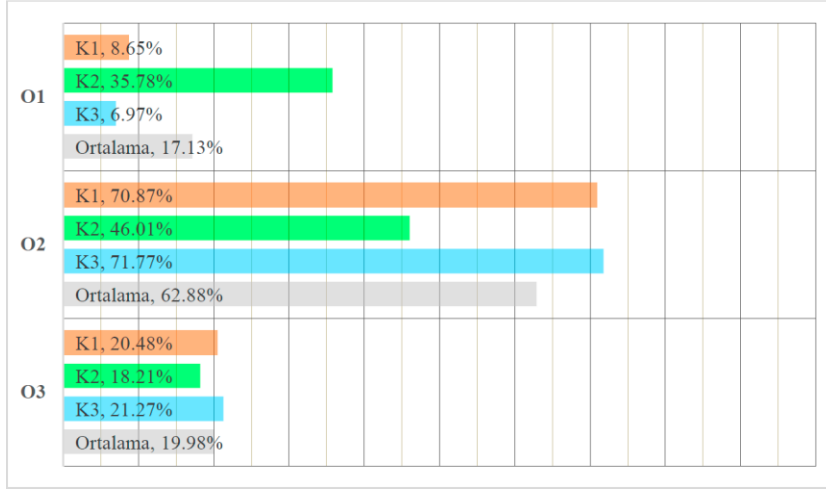
Protokol çalışmalarının tasarım süreçleri genel bir perspektifte irdelendiğinde, katılımcıların iki farklı tasarım yaklaşımını uyguladıkları görülebilmektedir. Buna göre K1 ve K3, ilk tasarım alternatiflerine ait genel kararları eskiz ve kütle modelleme ortamında belirledikten hemen sonra enerji analizi 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).

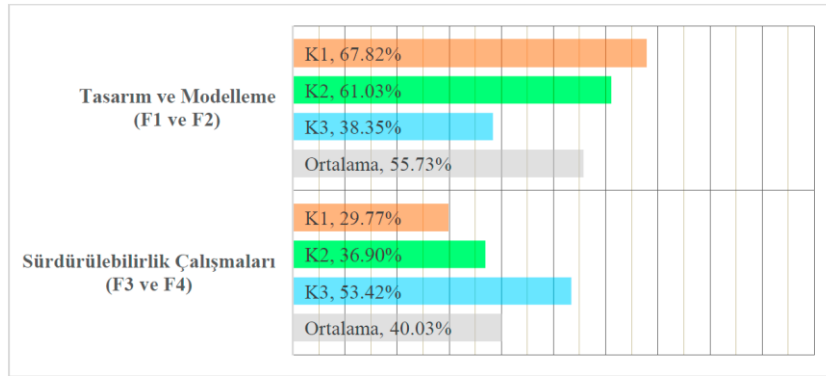
Bu gözlem ve tespitler doğrultusunda ve araştırma sorusu I kapsamında, protokol çalışmalarında kullanılan ortamlar ve gerçekleştirilen fiziksel eylemlerin çalışma süreci içerisindeki dağılımları incelendiğinde elde edilen sonuçlar **Şekil 2** ve **3**'te paylaşılmıştır. **Şekil 2**'de de görüldüğü üzere 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 yüzdeler 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.



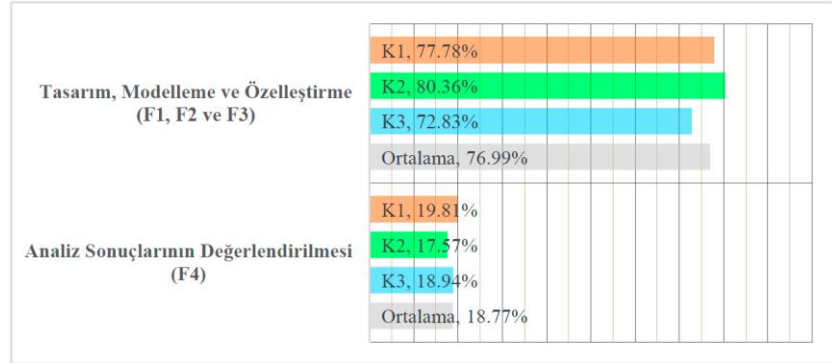
**Şekil 3** Tasarım ve Modelleme ile Sürdürülebilirlik Çalışmaları Sınıflandırmalarının Protokol Çalışmaları Süreçlerindeki Zaman Dağılımı ve Ortalama Değerleri.

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.

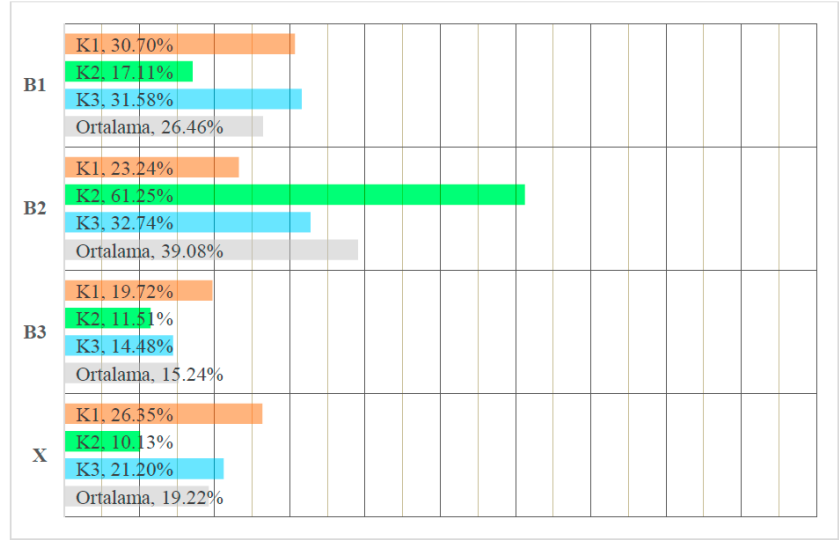
Bu bağlamda, protokol çalışmalarının ana konusu enerji etkin bir bina tasarlamak olmasına rağmen, ETABBM ortamlarında gerçekleştirilen çalışmalarda katılımcıların süreçlerinin ortalama %77'sini tasarım ve modelleme eylemlerini gerçekleştirmek için ve sadece %19'luk kısmını analiz sonuçlarının değerlendirilmesi 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 çıktılarını 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)  $7 \pm 2$  adet girdiyle sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Bir problem çözme eylemi esnasında yapılan hamlelerin, o an içerisindeki düşüncelerin temsili olmasının kabulünden dolayı; gerçekleştirilen hamlelerin  $7 \pm 2$  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.