

Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Enformasyon Modelleme (BIM) ile Güneş ve Gölge Analizleri: ‘A’ Konutu Örneği

Solar and Shadow Analyses with Building Information Modeling (BIM) within the Scope of Sustainability: The Example of House ‘A’

Esra Gözde TALU¹, Ülkü ALTINOLUK²

Gönderilme Tarihi: 27.10.2022 - Kabul Tarihi: 03.03.2023

Özet

Son yıllarda sürdürülebilirlik kavramına olan ilginin artması, mimarlık sektöründe hızlı gelişme ve değişimleri de beraberinde getirmektedir. Bu değişimlerle birlikte düzenlemeler yapılarak sürdürülebilir mimari projeler oluşturmak ve bu projeleri uygulamak üzere gelişen sürdürülebilir yapıya yönelik ürünlerin son yıllardaki hızlı gelişimi, tasarım ve yapım aşamalarında Yapı Enformasyon Modelleme (BIM) kullanımını teşvik etmektedir. BIM teknolojisi, tasarım ve görselleştirmenin yanında, performans analizinden kullanım sürecine kadar olan her aşamaya yönelik ihtiyaçlardan dolayı, sürdürülebilir bina üretim sürecinin merkezinde yer almaya başlamıştır. Bu çalışmada, seçilen ‘A’ Konutu (2010) örneği üzerinden *Revit* programında güneş ve gölge analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları *Insight 360* programı üzerinden grafiksel olarak elde edilmiş; grafiklerden alınan veriler değerlendirilerek incelenen binaya yönelik çözümlene ve çıkarımlar yapılmıştır. Çalışma kapsamında, yeni tasarlanacak ve mevcut yapılar üzerinde yapılan analizlerle yapıların sürdürülebilirlik boyutunun değerlendirilebilmesi ve araştırmanın bu tür çalışmalara yol göstermesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular, BIM’in bu amaçla kullanıldığında ‘sürdürülebilir ve enerji performansı yüksek’ yapıların elde edilebilmesine olanak tanıdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *BIM, Yapı Enformasyon Modelleme, Sürdürülebilirlik, Bütünlük tasarımı, Analiz.*

Abstract

The increasing interest in the concept of sustainability in recent years has brought about rapid developments and changes in the architecture sector. Along with these changes, the rapid development products intended sustainable construction which have been developed to create sustainable architectural projects by making regulations and implementing these projects, encourages the use of Building Information Modeling (BIM) in the design and construction stages. BIM technology, in addition to design and visualization, has started to take place at the center of the sustainable building production process due to the needs for every stage from performance analysis to the usage process. In this study, solar and shadow analyses were performed in the *Revit* program on the sample of the selected ‘A’ Residence (2010). The results of the analysis were obtained graphically through the *Insight 360* program; analysis and inferences were made for the examined building by evaluating based on graphical data. The aim of this study is to evaluate the sustainability dimension of both newly designed and existing structure and the research will guide such studies. The findings show that BIM enables ‘sustainable and high energy performance’ structures to be obtained when used for the intended purpose.

Keywords: *BIM, Structure Information Modeling, Sustainability, Integration, Analysis.*

Atıf: Talu, E. G. ve Altinoluk, Ü. (2023). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Enformasyon Modelleme (BIM) ile Güneş ve Gölge Analizleri: ‘A’ Konutu Örneği. *Modular Journal*, 6(1), 1-17.

<https://doi.org/10.59389/modular.1194823>

¹ Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Mimarlık Doktora Programı, esragozdetalu@hotmail.com | ORCID: 0000-0001-8828-5765

² Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, ulku.altinoluk@hku.edu.tr | ORCID: 0000-0002-7679-8405

1. Giriş

Sürdürülebilir mimari tasarım, *doğal çevrenin çalışma sistemlerini örnek alarak*, farklı iklimsel ve fiziksel koşullara uyum sağlar. Bu uyum süreci, durağan ve statik değil, sürekli ve dinamik bir süreçtir. Böylece sürdürülebilir tasarım, aşırı enerji kullanımı ile kalıplaşmış bir tasarım anlayışı yerine, biyolojik çeşitlilik sağlayan, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak doğal çevreye ve ekonomiye daha uyumlu bir mimari anlayışı benimsemektedir. Bununla beraber, sürdürülebilir mimari tasarım, araziyi kullanma biçimi, yönlenme, mimari yapı ya da yapı formunun şekillenmesiyle enerji kaybını minimum düzeye indirebilir. Böylece ana çıkış noktasını doğal çevreye duyarlılıktan alan, enerjinin etkin ve geri dönüştürülebilir yapı malzemelerinin kullanıldığı, kullanıcı konforunun göz önünde bulundurulduğu tasarımların ortaya çıkması amaçlanmaktadır.

Tüm bu araştırmalar ve amaçlar doğrultusunda, müstakil bir konut olan ‘A’ konutu projesi ile ilgili veriler toplandıktan sonra, detaylı proje *Autodesk Revit Architecture* programına plan, malzeme ve yapı kabuğu özellikleri dikkate alınarak aktarılmıştır. Daha sonra *Analyze* sekmesinden bina enerji modeli oluşturularak mevcut bir yapı olan ‘A’ konutunun güneş ve gölge analizleri yapılmıştır. Analizler yapıldıktan sonra, *Insight 360* programında elde edilen grafikler üzerinde, olması istenilen ve analizler sonucunda elde edilen nicel veriler karşılaştırılarak bina yönelimi, yapı kabuğu, pencere vb. özelliklerin ve yapı enformasyon modellemenin, sürdürülebilir binalar açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Bununla birlikte, yapılan analizler ile mevcut yapılarda güneş ve gölge alanlarının performansının değerlendirilmesi bakımından BIM kullanıcıları için kesinlik sağlanması da amaçlanmıştır. Analiz sonuçları ise güneş ve gölge analizlerinin mevcut binalar üzerinde yapılması ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, mevcut yapılar üzerinde yapılacak gerekli uygulamalarla bu yapıların sürdürülebilir bina standartlarına uygun hale getirilebileceğini gösterebilmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, çalışmanın amacı doğrultusunda konunun tanımlanmasının ardından sırasıyla konuya ilişkin sürdürülebilir bina kavramı, yapı enformasyon modelleme (BIM) kavramı, BIM tabanlı yazılımlar ve getirdiği yenilikler, BIM’ in sürdürülebilir binalar açısından değerlendirilmesi ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasını takiben çevresinde herhangi bir yapı bulunmayan ve müstakil halde olan ‘A’ konutu projesi, BIM programında çizilmiştir. Sonraki aşamada, Çanakkale ilinin konumu program üzerinde işaretlenmiş; çevresel gölge kaynakları (peyzaj öğeleri, topoğrafya, fiziksel çevre verileri vb.) da dikkate alınarak ‘A’ konutu üzerinden güneş ve gölge analizleri yapılmıştır. Çalışma, yapılan analizler sonucunda elde edilen verilere göre incelenen binaya yönelik çözümlenme ve çıkarımlar yapılması, bu inceleme ile elde edilen verilerin (bina yönü, pencerelerin yönlere göre güneş ve gölge oranları ve yapı kabuğu) birbiriyle ilişkilendirilerek değerlendirilmesi ile sınırlandırılmıştır. Elde edilen veriler, BIM’de olması istenilen optimum değerler ile karşılaştırılarak tartışma ve sonuç bölümü ile tamamlanmıştır.

3. Sürdürülebilir Bina Kavramı

Sürdürülebilir bina, “kaynakların kullanımında etkin olan malzeme ve metotların kullanıldığı ve çevrenin sağlığı ile kullanıcı, uygulamacı ve gelecek nesillerin ortak sağlığından ödün vermeyen binaların tasarımı ve inşa edilmesi” olarak tanımlanmaktadır (Landman, 1999, s.1).

Yüksek performanslı sürdürülebilir bina ise, “tasarım, inşaat ve tüm kullanım ömrü boyunca kaynak tüketimini minimize eden ve kullanıcılar için sağlıklı, sürdürülebilir ve yeşil bina prensipleri aracılığıyla üretici bir çevre yaratılmasını sağlayan bina” olarak ifade edilmektedir (Riley vd., 2004, s.1).

Kibert (2005, ss.11-12), geleneksel bina tasarım ve yapımının maliyet, zaman ve kalite üzerine odaklandığını; sürdürülebilir bina tasarım ve yapımının ise bu hedeflere ek olarak, kaynak tüketimini ve çevresel bozulmayı azaltmak, sağlıklı ve yapılaşmış bir çevre yaratmak üzerine odaklandığını belirtmektedir.

4. BIM Kavramı ve BIM Tabanlı Yazılımların Getirdiği Yenilikler

BIM, binayı inşa etmeden önce mimari, statiksel, elektriksel ve mekaniksel aksamların bütüncül bir model içerisinde tek tek analiz edilebildiği ve böylece binanın tamamıyla görülebildiği bir teknoloji olarak açıklanmaktadır (Kymmell, 2008, ss.19-41).

“BIM, bir binayı sayısal olarak birlikte iki kez inşa etmeyi sağlayan, bütün öğelerin akıllı nesnelere dönüşmesi, yapı sektörü için planlama, tasarım, yapım, imalat ve kullanım yöntemlerini tamamen değiştirebilecek bir teknoloji ve süreç devrimi” şeklinde tanımlanabilmektedir. BIM’e ilişkin bu tanımlamalar yapım projelerinde bulunan paydaşların projedeki görev ve konumlarına göre değişebilmektedir (Akkoyunlu, 2015, s.24).

Yapı Enformasyon Modelleme ve BIM tabanlı yazılımlar ise mühendislik, mimarlık ve yapı sektöründe son on beş yıldır, özellikle kimi Avrupa ülkeleri tarafından yoğun olarak kullanılan bir yapım yönetim argümanı ve teknolojisi haline gelmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. BIM tabanlı yazılımların getirdiği yenilikler (Talu, 2020)

BIM TABANLI YAZILIMLARIN GETİRDİĞİ YENİLİKLER	
Nesne Tabanlı Modelleme Yapabilme	Nesne tabanlı modellemeye göre, nesneler geometrik olmayan ya da geometrik olan işlevsel, topolojik ya da anlamsal bilgiye sahip olabilmektedirler.
IFC Tabanlı Belge Transferi Yapabilme	BIM tabanlı herhangi bir yazılım programında yapılan tasarımın tüm bilgi ve belgeleri IFC veri tabanı ile <u>BIM'e</u> kolaylıkla aktarılabilir.
Çakışma Kontrolü Yapabilme	İnşaat sektöründeki sorunları ortadan kaldırmak için özellikle mimari, statik, elektrik ve mekanik projelerinin yapım evresinden önce entegre edilmesi, elemanların çakışma kontrollerinin önceden belirlenebilmesi, maliyet, zaman ve işçilik tasarrufu sağlanabilmesi BIM ile yapılabilmektedir.
Birlikte Çalışabilirlik	Bu özellik ile proje paydaşları tek bir tasarım modeli üzerinde çalışarak projedeki değişiklikleri modele anında yansıtılabilmekte; diğer bütün paydaşlar da bu değişiklikler üzerinde kendilerine düşen düzeltmeleri yapabilmekte ve modeli geliştirebilmektedirler.
4D İş Programı Oluşturabilme	4D ile <u>BIM'de</u> <u>aşamalandırma</u> , simülasyonlar, son planlama, ekipman dağıtımı, zamanında tedarik ve görselleştirilmiş ödeme onay geçerliliği gibi planlamalar yapılabilmektedir.
5D Maliyet Tahmini Yapabilme	5D ile <u>BIM'de</u> gerçek zamanlı kavramsal modelleme, alternatif tasarımlar, ön üretim çözümleri ve metraj çıkarma gibi tahmini detaylı maliyet hesaplamaları yapılabilmektedir.
6D Sürdürülebilirlik İle İlgili Analizler Yapabilme	6D ile <u>BIM'de</u> konsept enerji analizi, detaylı enerji analizi, sürdürülebilir eleman takibi ve LEED gibi sürdürülebilir bina sertifikasyon sistemlerinin bina üzerindeki analizleri yapılabilmektedir.
Tümleşik Proje Yönetimi	Tümleşik proje yönetimi ile işverenler, tasarımcılar, yapı profesyonelleri atık miktarını azaltmak, verimliliği artırmak ve daha iyi yapılar inşa etmek için birlikte hazırlanmış sözleşmeler ile bir takım olarak çalışabilmektedirler.
Tasarım Bilgisinin Yeniden Kullanımı	BIM ile üretilen bilgi üretildiği anda saklanabilmekte ve yapılan tüm çalışmalar daha sonra yapılacak benzer çalışmalarda tekrar kullanılabilir.

5. BIM'in Sürdürülebilir Binalar Açısından Değerlendirilmesi

Türkiye'de BIM'in sürdürülebilir binalar açısından kullanımı oldukça sınırlı olmakla beraber, bu bilincin tasarımcılar tarafından henüz yeni yeni kabul edildiği ve kullanıldığı görülmektedir.

Yapılarda sürdürülebilir mimari tasarım kararlarının etkin olarak alınabilmesi için, yapım öncesi evrede 'kararların' belirlenmesi gerekmektedir. Ancak geleneksel yöntemlerle yapılan 2D CAD çalışmaları, yapım öncesi evrede sürdürülebilir mimari tasarım kararlarının alınmasında etkili olmamakta; genel olarak tasarım ve yapım teknikleri kararları alındıktan sonra enerji ve performans analizleri yapılmaktadır. Bunun için gereken bilgi ve veriler ise peyderpey olarak mühendis, mimar, analist vb. gibi farklı proje paydaşları tarafından toplanmaktadır.

Ayrıca, *Ecotect*, *Energy Plus* ve *IES Virtual Environment* gibi enerji simülasyon programlarında iklimlendirme, ısı yalıtımı, parlama, güneş ışını kazanımı, gölge, gün ışığı penetrasyonu, doğal havalandırma, hava akımı, mekanik havalandırma, ısı kütlesi ve yapı dinamiği simülasyonlarının ayrıntılı bir şekilde yapılabilmesi için kapsamlı yapı tasarım bilgisinin de sisteme girilmesi gerekmektedir (Cohen, 2010; Akkoyunlu, 2015,

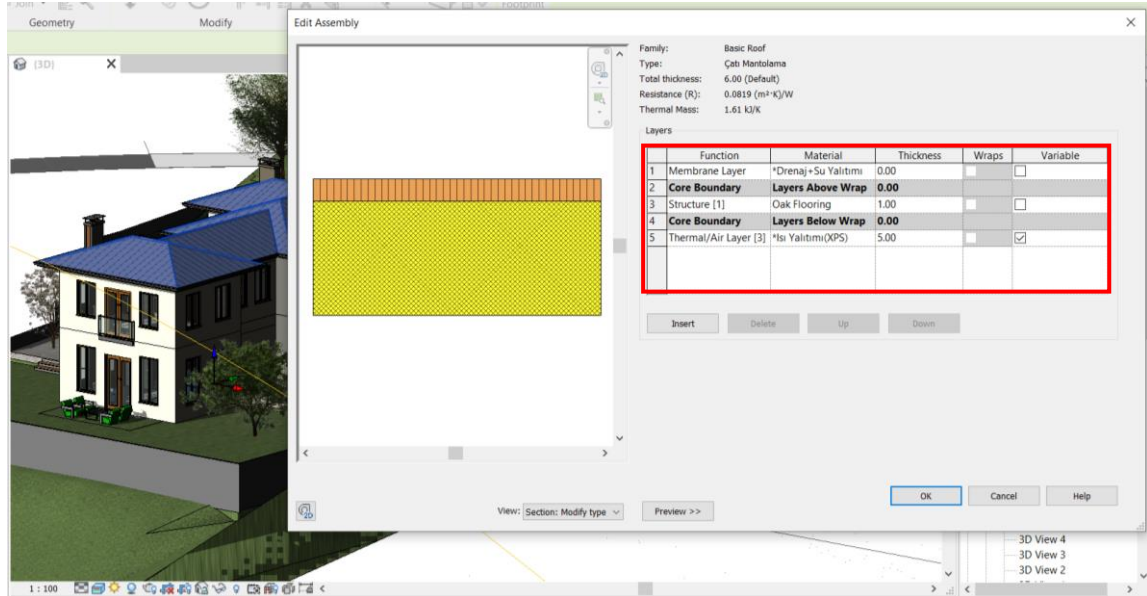
s.60). Bütün bu bilgilere ek olarak, bölgesel makroklima ve mikroklima değerleri de ısısal hesaplarda önemli olan faktörler arasında bulunmaktadır. BIM ile farklı mimari tasarım çözümleri denenerek sürdürülebilir ve maksimum enerji etkinliği olan yapıların inşa edilmesi hedeflenmektedir.

BIM sistemi ile *LEED* ve *BREEAM* vb. gibi sürdürülebilir bina sertifikasyon sistemleri ve performans değerlendirmeleri için gerekli olan veri ve bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmektedir. Bu sayede, değerlendirme maliyeti ve süreci azalmakta; tasarımın erken döneminde müdahale edilebildiği için önceden alınan uygulama kararları kolaylıkla değişebilmekte ve bu kararlar zaman kaybına veya maliyet aşımına neden olmamaktadır.

Çalışmada, ‘A’ konutu projesi bu kapsamda ele alınarak söz konusu birçok analiz yapılmış ve veri sistemine aktarılmıştır. Bu çalışmada ise ‘A’ konutu projesi *Revit Architecture* Programına aktarılarak *güneş ve gölge analizleri* yapılmış ve analiz sonuçları sayısal olarak değerlendirilmiştir.

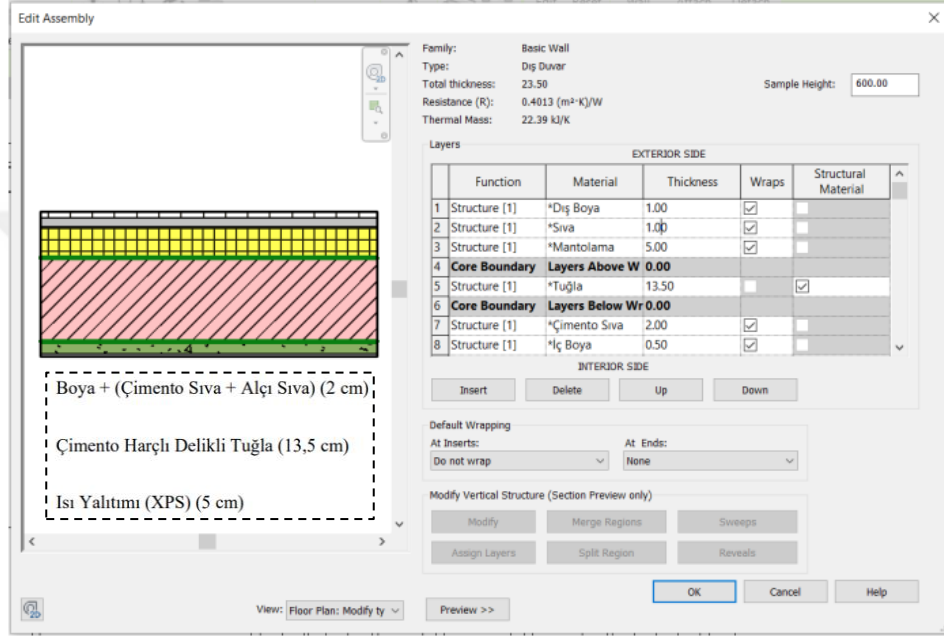
6. ‘A’ Konutu Projesinin *Revit Architecture* Programına Aktarılması, Güneş ve Gölge Analizlerinin Yapılması

Çalışmada ele alınan ‘A’ konutu, Çanakkale ilinde bulunan ve zemin katta yaşama alanı, mutfak, banyo-wc, kiler ve kazan dairesi; 1. katta dört adet oda ve banyo-wc’den oluşan müstakil bir konuttur. Yapı, betonarme sistemle inşa edilmiş olup (Şekil 6) yapıda kullanılan çatı, Çanakkale ilinin iklimine uygun olarak granada kiremit kaplı kırma ahşap çatı tipinden oluşmaktadır. Çatıda 5 cm ısı yalıtımı (XPS) ve drenaj-su yalıtımı kullanılmıştır (Şekil 1).

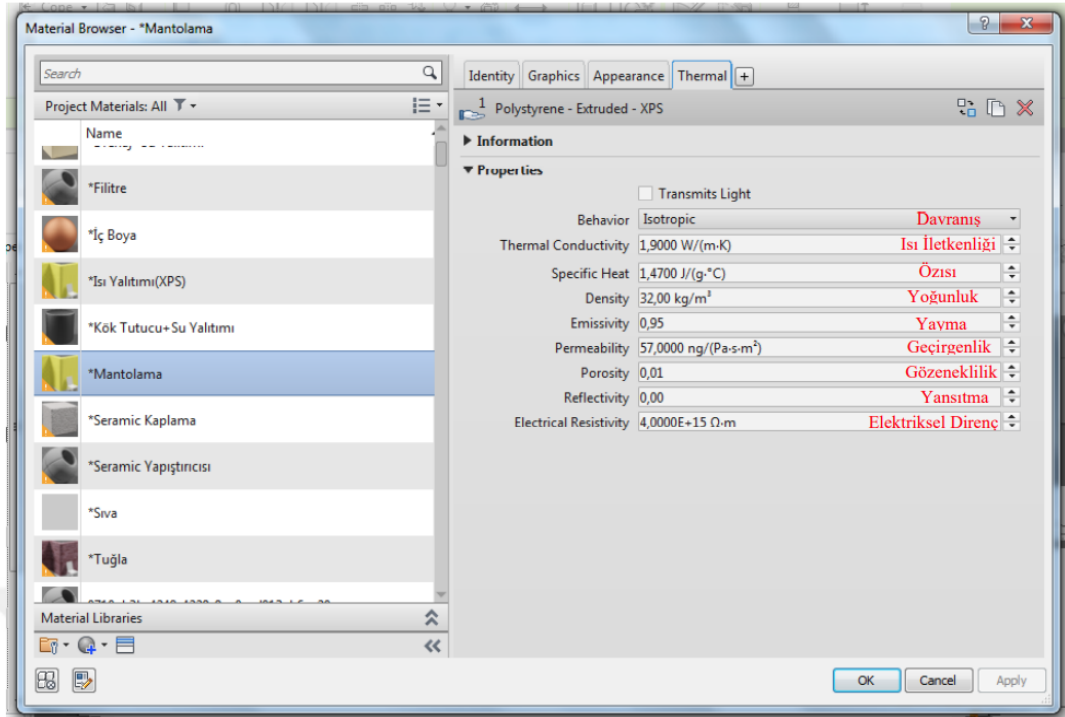


Şekil 1. ‘A’ Konutu çatı yapım sistemi ve katmanlaşması (Talu, 2020)

Yapının dış duvarları içten dışa; boya + 1,5 çimento sıva + 0,5 cm alçı sıva, çimento harçlı 13,5 cm delikli tuğla, 5 cm ısı yalıtımı (XPS), 1 cm çimento sıva + boya olarak programa girilmiştir (Şekil 2). Isı yalıtım (XPS) malzemesinin özellikleri ve değerleri de üretici firmadan alınan bilgiler doğrultusunda sisteme işlenmiştir (Şekil 3).

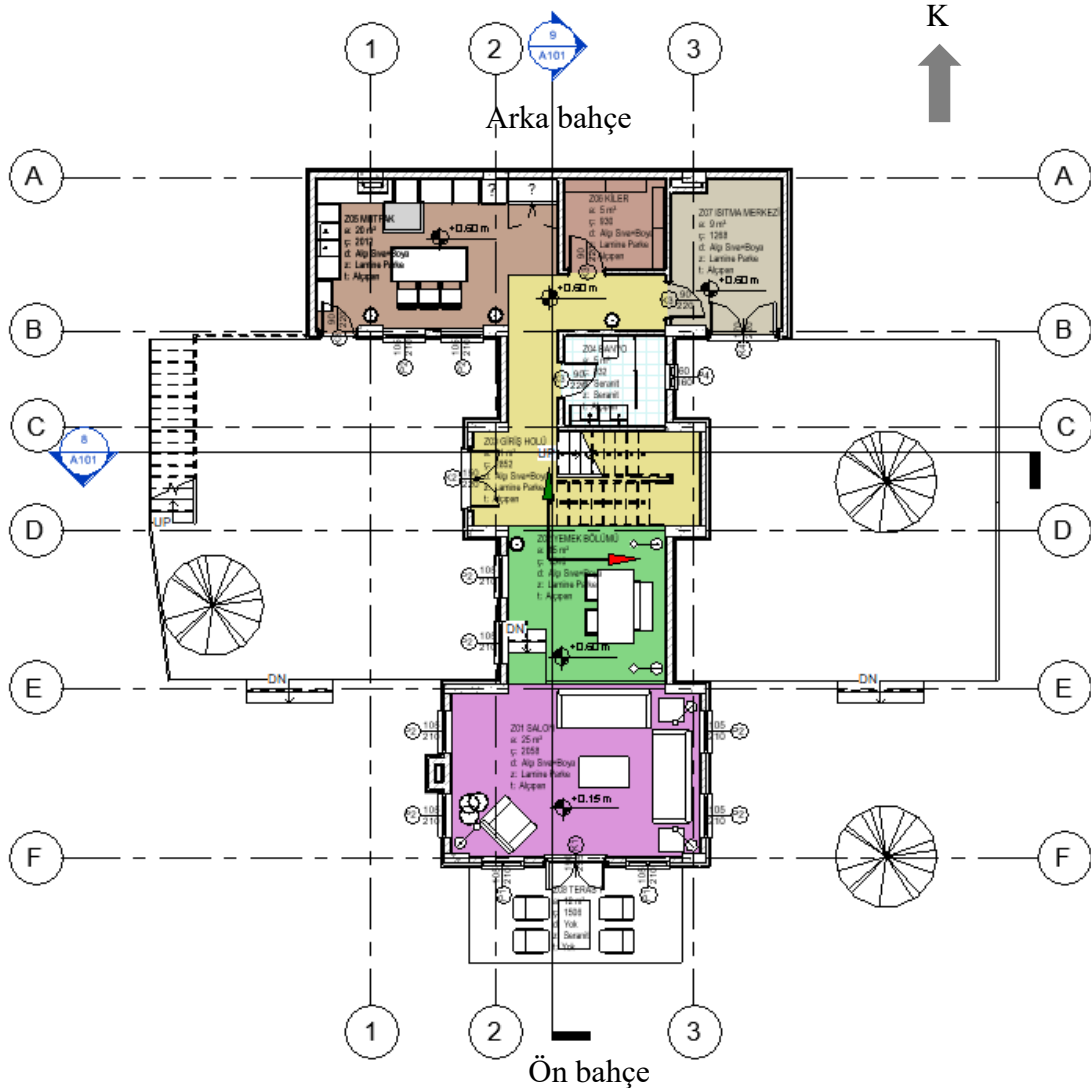


Şekil 2. 'A' Konutunda kullanılan dış duvar katmanları - Ölçek 1/20 (Talu, 2020)

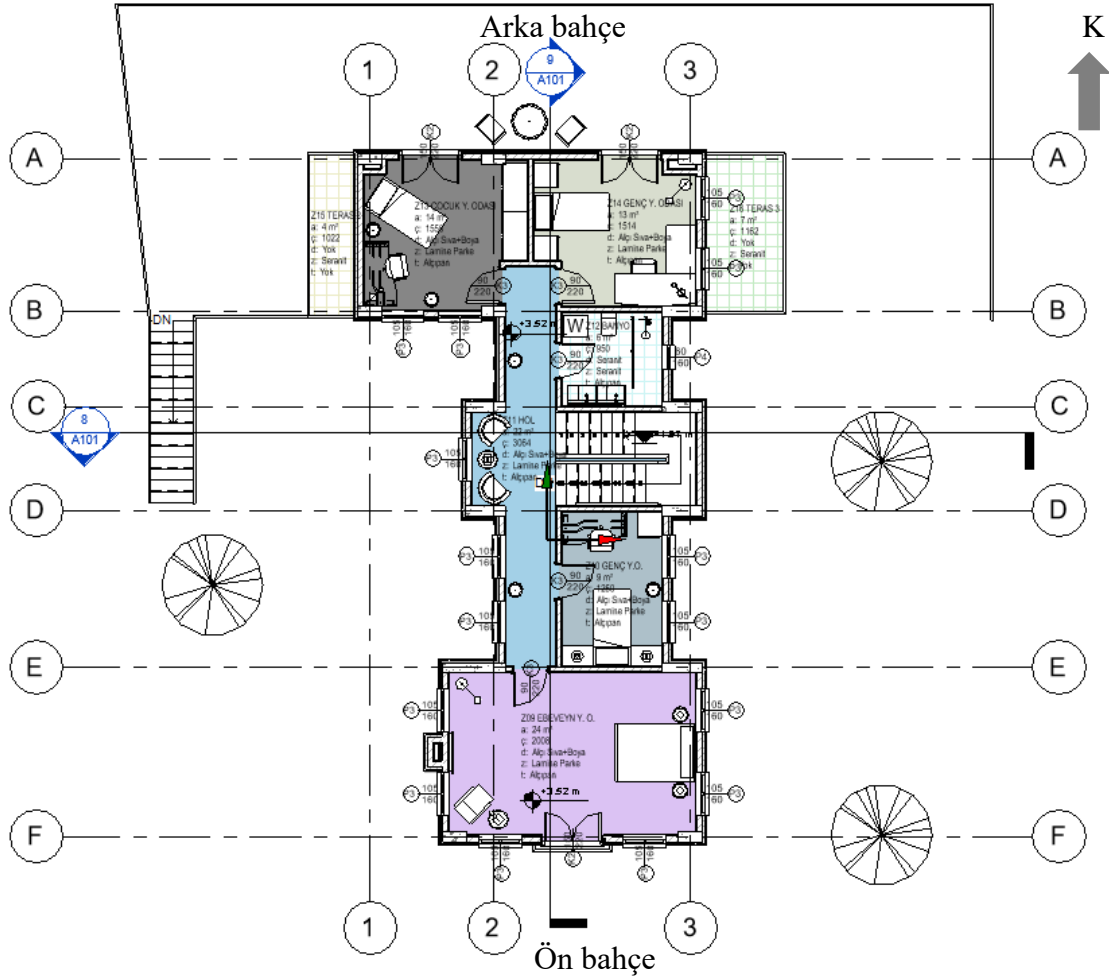


Şekil 3. 'A' Konutunda kullanılan ısı yalıtım malzemesi (XPS) değerleri (Talu, 2020)

Isı yalıtım malzeme değerleri; davranış, ısı iletkenlik, özısı, yoğunluk, yayma, geçirgenlik, gözeneklilik, yansıtma ve elektriksel direnç değerleri olarak belirlenerek bu değerler sisteme girilmiştir.

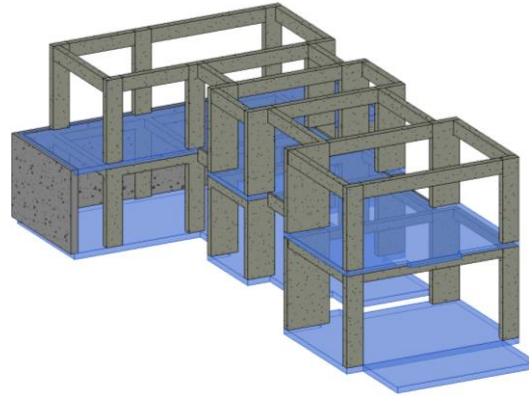


Şekil 4. 'A' Konutu zemin kat planı (Talu, 2020)



Şekil 5. 'A' Konutu 1. kat planı (Talu, 2020)

Kat planları çizildikten sonra, yapının mekanik, statik ve elektrik projeleri ile ilgili de analizler ve değerlendirmeler BIM modeline işlenmiştir (Şekil 4 ve 5). Bu durumda, tüm projelerde yapılan değişiklikler koordineli bir şekilde birbirlerine yansımakta ve doğal olarak elde edilecek tüm dokümantasyona da girmiş olmaktadır (Şekil 6).

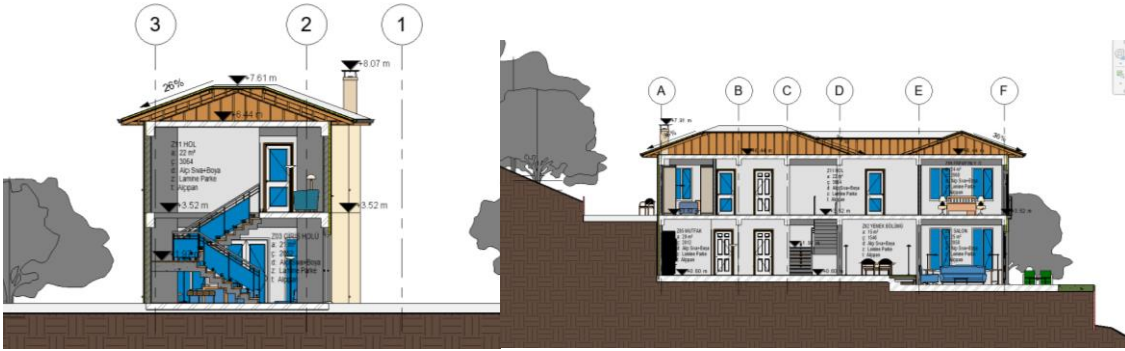


Şekil 6. 'A' Konutu projesi statik projenin Autodesk Revit Architecture programındaki 3D görünümü (Talu, 2020)

Kat planları ve statik projeleri programa aktarıldıktan sonra son olarak, projenin arsa ve çatı çizimi de yapılarak proje ortaya çıkarılmıştır. Bununla birlikte, tamamlanan BIM modeli, projede gereken tüm plan, görünüş, kesit gibi diğer çizim dökümlerinin yanında, projenin görselleştirmeleri için gerekli olan 3D modeli de sunmaktadır (Şekil 7-11).



Şekil 7. 'A' Konutu ön ve yan görünüşleri (Talu, 2020)



Şekil 8. 'A' Konutu kesitler (Talu, 2020)



Şekil 9. 'A' Konutu 3D görüntüleri (Talu, 2020)



Şekil 10. 'A' Konutu inşaat sırasında çekilmiş fotoğraflar (Altınoluk Arşivi, 2015)



Şekil 11. 'A' Konutu görünüş (Altınoluk Arşivi, 2015)

Tüm bu işlemlerin ardından, *Revit Architecture* programında güneş ve gölge çalışmaları yapılarak yapının günlük gölge ve aydınlık alanları incelenmiştir (Şekil 12 ve 13).



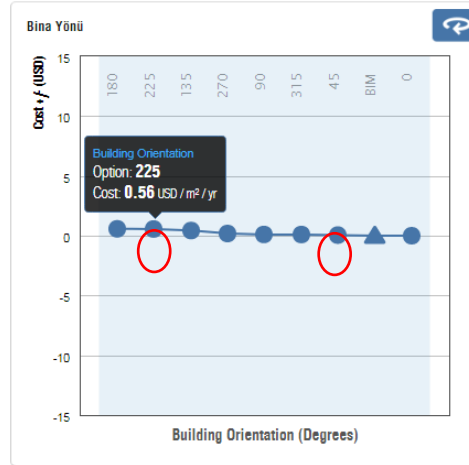
Şekil 12. 'A' Konutu 21 Haziran saat 13:00 gölge ve güneş çalışması görünümü (Talu, 2020)



Şekil 13. 'A' Konutu 21 Aralık saat 13:00 gölge ve güneş çalışması görünümü (Talu, 2020)

7. Bulgular

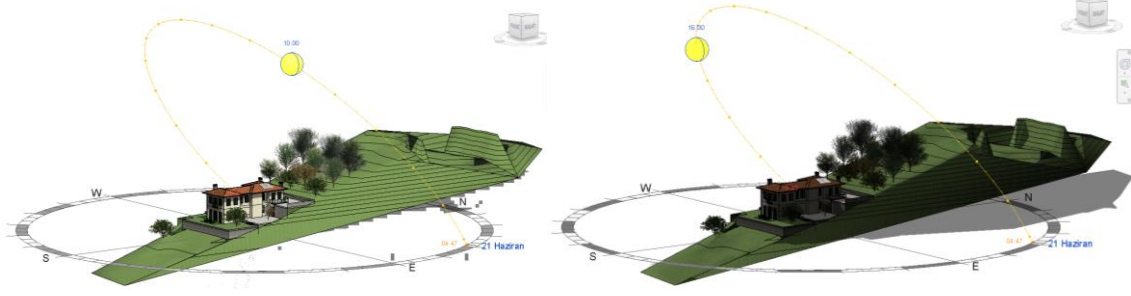
Gölge ve güneş analizleri, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde, saat 10:00-12:00 ve 16:00 'da yapılmıştır. Analizler yapıldıktan sonra elde edilen grafik verilerine göre; yapının 225° güney-45°kuzey yönünde, yönere göre kütleli ve plansal olarak uygun konumlandırıldığı tespit edilmiştir (Şekil 14). Yapıdaki açık, yarı açık ve kapalı mekânların ise yine iklimsel yönere uygun olarak konumlandırıldığı ve yöneliminin de bu doğrultuda yapıldığı saptanmıştır. Ayrıca, gölge analizlerinin yardımıyla bu mekânların işlevsel olarak maksimum düzeyde kullanıcı konforu sağlayacak şekilde tasarlandığı ve kullanıcıların yaşam alanı ve mutfağı bahçeye birlikte daha rahat kullandığı da gözlemlenmiştir (Şekil 2, 3, 10 ve 11).



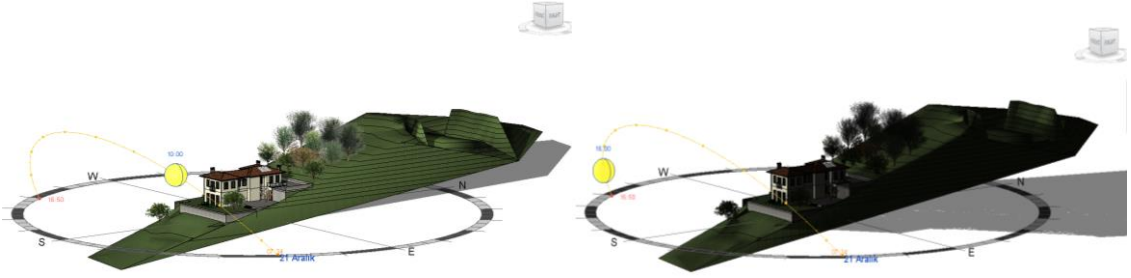
Şekil 14. 'A' Konutu bina yönü grafiği³ (Talu, 2020)

'A' konutunun bahçe yerleşimi incelendiğinde, güney yönünde herhangi bir ağaç türünün olmadığı; kuzey bahçe yönünde ise Çanakkale ilinin makroklima özelliklerine uyum sağlayan ağaçların bulunduğu anlaşılmaktadır. Evi çevreleyen ön bahçenin (güney) gün içinde günlük hava durumuna göre sabah güneş, öğleden sonra gölge; arka bahçenin (kuzey) ise sabah gölge, öğleden sonra güneş aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 15-17).

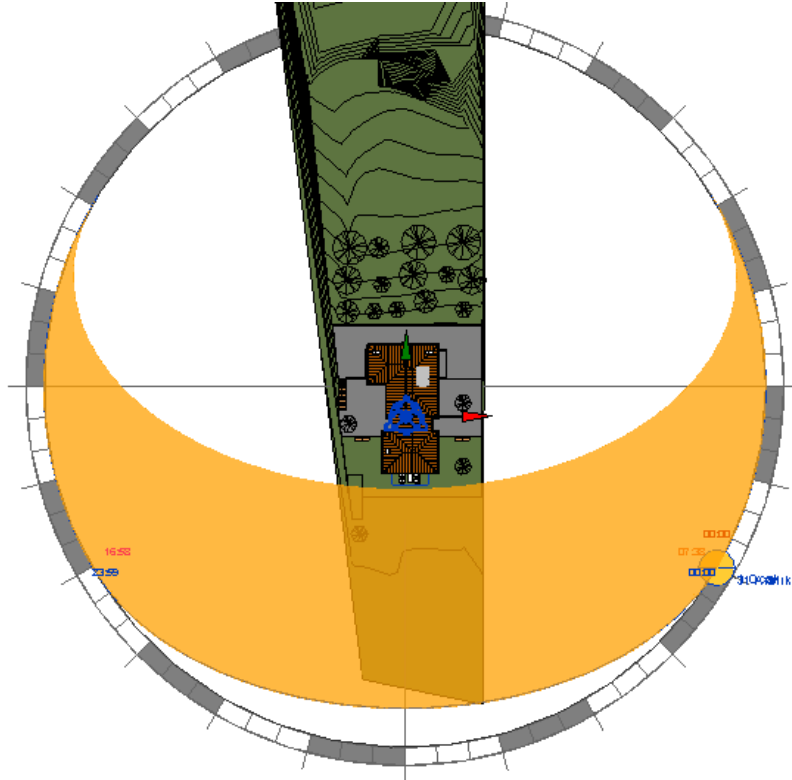
³ Yukarıdaki grafikte “○” bulunan işareti 'A' konutunda bulunan sonuç değeri, “▲” işareti ise BIM' de olması gereken ve istenilen değeri ifade etmektedir.



Şekil 15. ‘A’ Konutu 21 Haziran saat 10:00 ve 16:00 gölge ve güneş çalışması görünümü (Talu, 2020)



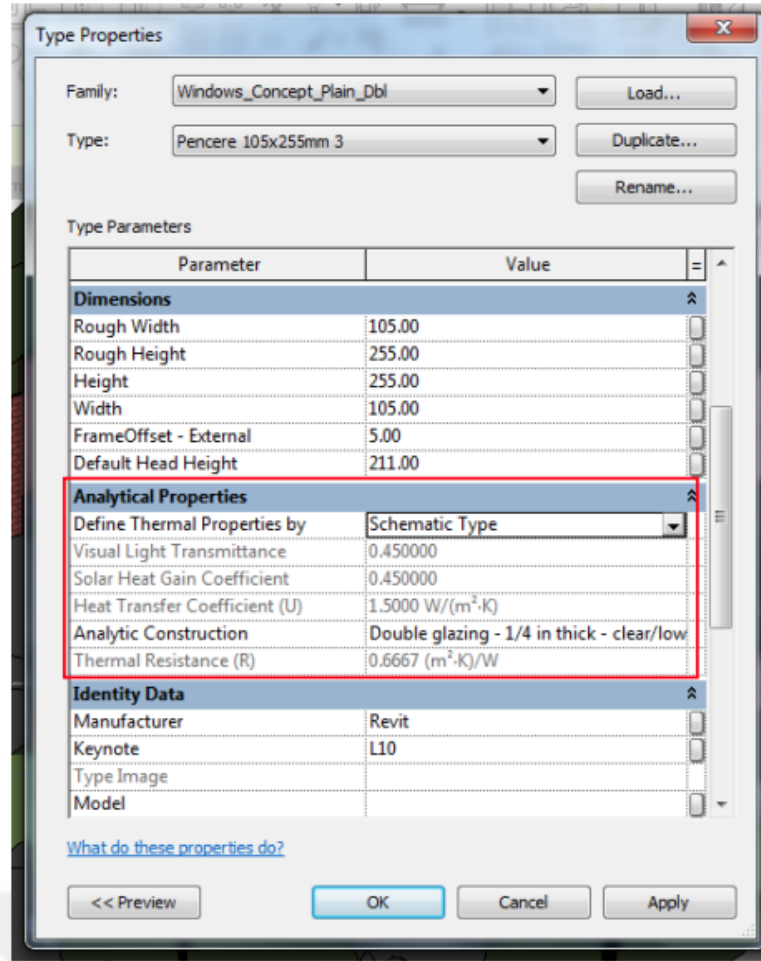
Şekil 16. ‘A’ Konutu 21 Aralık saat 10:00 ve 16:00 gölge ve güneş çalışması görünümü (Talu, 2020)



Şekil 17. ‘A’ Konutunun yakın çevresi (Talu, 2020)

Lencher (2015, s.416), aktif aydınlatma yükünü azaltmayı ve gün ışığından faydalanmayı hedefleyen doğal aydınlatma için pencere alanının zemin alanına oranının minimum %20 olması gerektiğini ve aydınlatma ihtiyacı yaşam alanlarından daha az olan banyo, kiler gibi mekânlarda bu oranın düşebileceğini ifade etmektedir (Değirmenci, 2021, s.54).

'A' konutunda kullanılan pencereler iki farklı boyutta olup tüm pencerelerde; yapılarda ısı kaybını azaltan ve enerji tasarrufu sağlayan, konfor cam olarak adlandırılan, 16 mm aralıklı çift cam, koyu meşe rengi kasa, yana açılabilen, yaz ve kış aylarına göre ayarlanabilen, vasistaslı açılış biçimine sahip pencere tipi kullanılmıştır. Pencerelerin boyutları genel olarak 105 cm genişliğinde, 255 cm yüksekliğinde olup ¼ (%25) oranında günışığı kazanç yüksekliğine sahiptir (Şekil 18). Ayrıca, toplam pencere alanının yüzey alanına oranına bakıldığında, bu oranın güney yönünde %9, kuzey yönünde %12, doğu yönünde %35, batı yönünde ise %43 olduğu hesaplanmıştır.



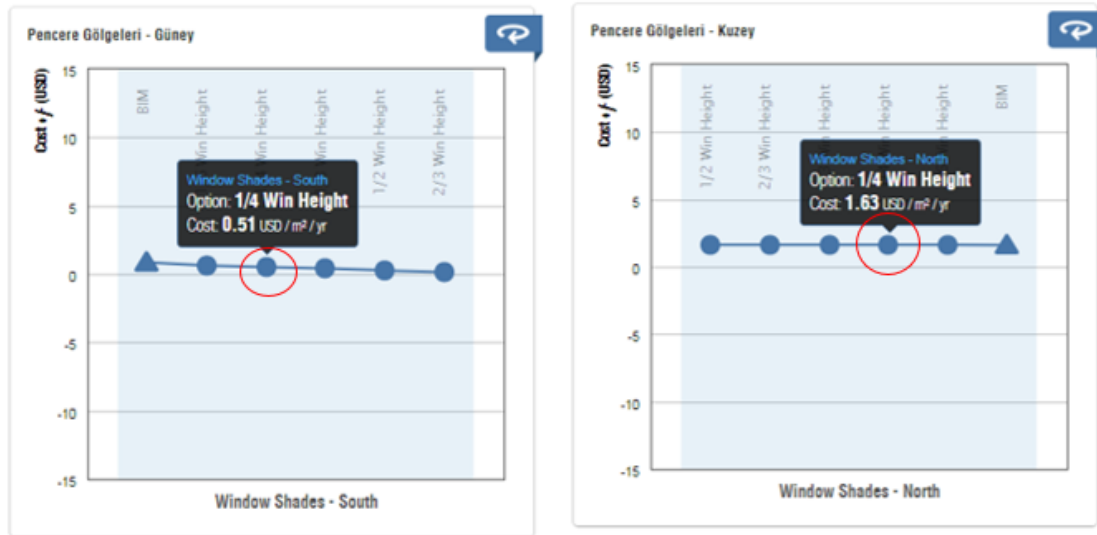
Şekil 18. 'A' Konutunda kullanılan pencere tip ve değerleri (Talu, 2020)

8. Tartışma ve Sonuç

Bina üretim aşamaları, birden fazla uzmanlık alanının koordineli olarak çalışmasıyla ilerlemekte olan süreçlerden oluşmaktadır. BIM kullanımıyla hem yeni yapılacak bina tasarımları hem de mevcutta bulunan binalar için sürdürülebilirlik ve enerji analizleri yapılabilmektedir. Bu analizler yeni yapılacak binalar için kullanıldığında, yapının tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar geçen süreçte, bina için alınacak tüm kararların gerekli simülasyonlarla iyileştirilerek en doğru şekilde değiştirilmesini sağlamaktadır.

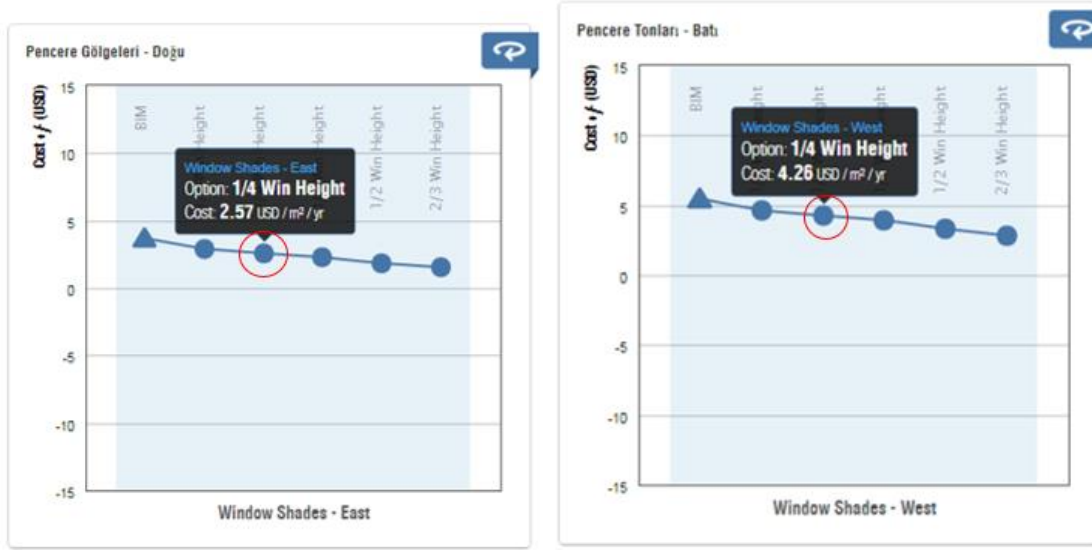
Analiz sonuçları doğrultusunda; çevresel koşullara uygun, minimum düzeyde enerji harcayan, maksimum düzeyde enerji üreten, enerjisini doğal enerji kaynaklarından toplayan ve kendi üreten, geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılarak inşa edilen, mekânsal işlevleri maksimum düzeyde olan sürdürülebilir ve yüksek enerji performanslı binalar üretilebilmektedir.

'A' konutu için kullanılan pencere tip ve değerleri ile yapılan analiz sonucunda ise yapıda kullanılan güney, kuzey, doğu yönündeki pencerelerin gölge oranı %0-5 arasında bulunmuştur (Şekil 19 ve Şekil 20). Batı yönünde kullanılan pencere cam ve tonunun ise %5 olduğu görülmektedir (Şekil 20). Tüm bu oranlar değerlendirildiğinde, gölge oranlarının %0-5 arasında ve batı yönünde kullanılan pencere cam ve tonunun %5 oranında olması, iç mekanlarda alınan gün ışığı oranının %25'ten fazla olduğunu ve batı cephesinde kullanılan pencere cam ve tonunun bu cephede gün ışığı alım kazancını arttırdığını göstermektedir.



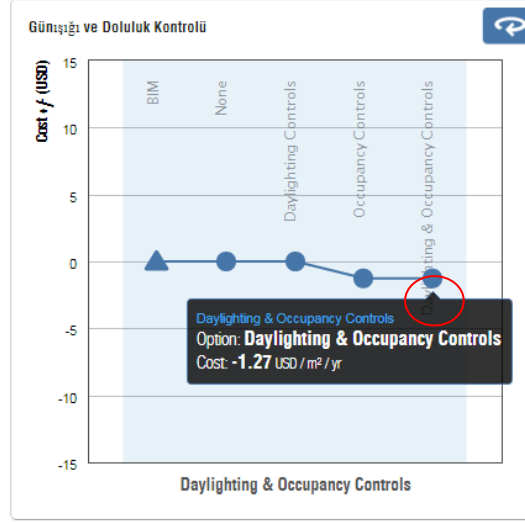
Şekil 19. 'A' Konutu güney (solda) ve kuzey (sağda) pencereleri gölge grafiği⁴ (Talu, 2020)

⁴ Yukarıdaki grafikte “○” bulunan işareti 'A' konutunda bulunan sonuç değeri, “▲” işareti ise BIM' de olması gereken istenilen değeri ifade etmektedir.



Şekil 20. 'A' Konutu doğu pencereleri gölge grafiği (solda) ve batı pencereleri cam tonları grafiği (sağda) (Talu, 2020)

Tüm bu bilgiler, analizler ve değerlendirmelerle birlikte 'A' konutu modeli incelendiğinde, yapıdaki açık, yarı açık ve kapalı mekânların iklimsel özelliklere uygun olarak konumlandırıldığı ve yönlendirilmesinin de bu doğrultuda yapıldığı görülmüştür. Gölge analizlerinin de yardımıyla ortaya çıkan sonuca göre, kullanıcıların yaşam alanı ve mutfağı bahçeyle birlikte daha rahat kullandığı ve yapıdaki tüm mekânların işlevsel olarak maksimum düzeyde kullanıcı konforu sağlayacak şekilde tasarlandığı gözlemlenmiştir. Yapılan güneş ve gölge analizleri doğrultusunda 'A' konutunun bahçe yerleşimi incelendiğinde ise evi çevreleyen bahçenin gün içinde günlük hava durumuna göre sabah güneş, öğleden sonra gölge; sabah gölge, öğleden sonra güneş aldığı ortaya çıkarılmıştır. Pencere analizleri sonuç grafiklerine bakıldığında, kullanılan pencere alanının zemin alanına oranı %20'den fazla olduğu için yapıda kullanılan pencere tipinin BIM' de kullanılan pencere tipleri ile karşılaştırılması yapılarak yapı için uygun tip olduğu söylenebilmektedir. Yine pencere gün ışığı kazanım oranları %25'ten fazla olduğu için yapıdan açılan bu açıklıkların gün ışığından maksimum düzeyde doğal aydınlatma sağlayacak bir şekilde konumlandırıldığı tespit edilmiştir. Bununla beraber, Autodesk Revit Architecture programının kendi analiz olanaklarıyla bina kütesinin saydamlık oranı %40 olarak kabul edilerek kütesel analizi yapılmıştır. Analizden elde edilen gün ışığı ve doluluk kontrolü grafiğine bakıldığında, binanın kütesel özellikleri ve yer aldığı konum itibarıyla opak yüzeylerden de gün ışığından en üst düzeyde faydalandığı görülebilmektedir (Şekil 21).



Şekil 21. 'A' Konutu gün Işığı ve doluluk kontrolü grafiğı (Talu, 2020)

Sonuç olarak; BIM hem mevcut hem de yeni tasarlanacak binalar için kullanıldığında, gerekli tüm analizler yapıldıktan sonra yapıların tüm evrelerinde oluşan aksaklıkların belirlenerek bu aksaklıkların en az düzeye indirgenmesine olanak tanımaktadır. Böylece analizlerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapılan simülasyonlar ve iyileştirmelerin de “sürdürülebilir ve enerji performansı yüksek” yapıların elde edilebilmesine ortam hazırladığı söylenebilmektedir.

Yazarın Katkı Oranı

Sıra	Adı soyadı	ORCID	Yaziya katkısı*
1	Esra Gözde TALU	0000-0001-8828-5765	1, 2, 3, 4, 5
2	Ülkü ALTINOLUK	0000-0002-7679-8405	1, 2, 3, 5

*Katkı bölümüne ilgili açıklamanın karşılığına gelen rakamlar yazılmıştır.

1. Çalışmanın tasarlanması
2. Verilerin toplanması
3. Verilerin analizi ve yorumu
4. Yazının yazılması
5. Kritik revizyon

Yazar Notu

Bu çalışma, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı'nda, Esra Gözde TALU tarafından, Prof. Dr. Ülkü ALTINOLUK danışmanlığındaki *Sürdürülebilirlik Kapsamında Yapı Enformasyon Modelleme: "A" Konutu Örneği Üzerinden Çözümleme ve Çıkarımlar* başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Çatışma Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve/veya finansal çatışma yoktur.

Kaynaklar

- Akkoyunlu, T. (2015). *Kentsel dönüşüm projeleri için bım uygulama planı önerisi* (Yayın No. 419064). [Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı.
- Altınoluk Arşivi. (2015). Prof. Dr. Ülkü ALTINOLUK.
- Cohen, J. (2010). *Integrated project delivery: Case studies*. American Institute of Architects (AIA) California Council.
- Kibert, C. J. (2005). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons, Inc.
- Değirmenci, N. G. (2021). *Çevresel sürdürülebilirlik bağlamında mevcut konut tasarımlarının incelenmesi ve bir model önerisi; Malatya ili örneği* (Yayın no. 677170). [Yüksek Lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı.
- Kymmel, W. (2008). *Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill Education.
- Landman, M. (1999). *Breaking through the barriers of sustainable building: insight from building professionals on government initiatives to promote environmentally sound practices*. [Master's dissertation, Tufts University]. Google Scholar.
- Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects*. John Wiley & Sons, Inc.
- Riley, D., Magent, C., & Horman, M. (2004). Sustainable metrics: A design process model for high performance buildings. In *Proceedings of the CIB World Building Congress* (pp. 2-7). CIB (Netherlands).
- Talu, E. G. (2020). *Sürdürülebilirlik kapsamında yapı enformasyon modelleme: "A" konutu örneği üzerinden çözümlene ve çıkarımlar* (Yayın no. 619075). [Yüksek Lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanı.