

## BIM ile Bütünleşmenin LEED Sertifikasyon Sürecine Etkilerinin Enerji Kriteri Kapsamında İncelenmesi

Elif AK ( Orcid : 0000-0003-3933-2291 )  
Kr2b, karababa.destafanis architecture  
e-posta: 20212109003@ogr.msgsu.edu.tr

### ÖZET

Yapı sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlayan Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information and Modeling - BIM), yeşil bina değerlendirme sistemleri sürecinde de katkı sağlayabilmektedir. Bu makalede, BIM ortamında modellenmiş bir konut projesinin yeşil bina değerlendirme sistemlerinden yaygın olan LEED sertifikasından en yüksek puan değerine sahip olan “Enerji ve Atmosfer” kategorisinde hesaplama adımları incelenecektir. Bu çalışmanın amacı, yapı sektöründe çalışan meslek gruplarına LEED sertifikası sürecinde enerji analizi işlemlerinde BIM kullanabilecekleri bir yaklaşım ortaya koymaktır.

**Anahtar Kelimeler:** BIM, Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina, Enerji Analizi, LEED

### ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM), which has been widely used in the construction industry, also contributes to the green building evaluation systems process.

In this article, the use of a housing project modeled in the BIM from the LEED certification with the "Energy and Atmosphere" category, which is the most common green building evaluation system, will be examined. The purpose of this study is to guide the professional groups working in the construction industry how they can use BIM with energy analyzes in the LEED certification process.

**Key Words:** BIM, Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina, Enerji Analizi, LEED

### 1.GİRİŞ

Bilgi teknolojilerinin inşaat sektöründe önemli gelişmelerden birisi olan Yapı Bilgi Modellemesi veya Building Information and Modeling (BIM)

tasarım sürecinden, inşaat sürecine hatta yaşam döngüsünü tamamlamış binaların yıkım sürecine kadar birçok alanda katkı sağlayabilmektedir. Geleneksel tasarımın aksine BIM ile yönetilen proje süreçlerinde disiplinler ve meslekler arası kurulan bütünleşme ile kavramsal tasarımdan yapıma kadar kesintisiz bilgi alışverişi sağlanarak; tasarım ve üretimle ilgili kararlar analiz veriliyle kolayca optimize edilebilmektedir (Kolarevic, 2011). BIM, projede paydaşlara etkin birlikte çalışma fırsatını tanımalarının yanı sıra, daha kaliteli sonuç ürünün oluşturulması, risklerin azaltılması, süre ve maliyet gibi kayıpların minimuma indirilmesi ve çevreye duyarlı binaların inşaa edilmesini amaçlamaktadır (Yaman ve İlhan, 2010). Bu amaç doğrultusunda hazırlanmış modeldeki veriler, proje sürecine farklı aşamalarda dahil olacak şekilde bütünleşik bir proje veritabanında saklanarak yönetilmektedir.

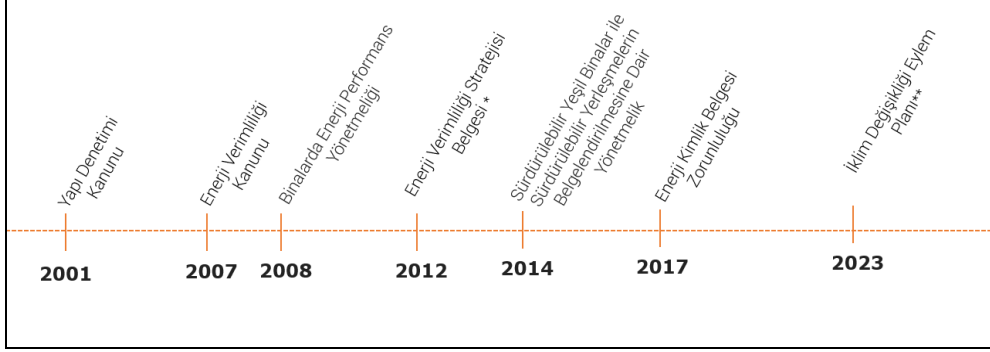
Proje ölçeklerinin büyümesi, disiplinler arası iş akış kollarının açılmasıyla beraber hata paylarının artması; süre ve maliyet açısından da paydaşları kayıplar uğratmaktaydı. Böylelikle BIM sistemine duyulan ihtiyaç artmış, zamanla birçok firma farklı yazılım kullanımları geliştirmeye başlamıştır.

Yazılım alternatifleriyle beraber dosya alışverişinde bilginin korunumu önem kazanmış ve farklı formatlar geliştirilmiştir. Geleneksel olarak kullanılan BIM ile uyumlu dosya değişim formatı aşağıdaki iki kategoriye ayrılabilir (Bellido-Montesinos ,2019) :

1. Kapalı Dosya Formatları (DWG, DXF, RVT veya NWD v.b.):  
Yalnızca kendi programında ve izin verilen diğer yazılımlar tarafından okunabilir. Bu dosyaların kullanımı, farklı yazılım türlerinde birlikte çalışabilirliği engelleyebilir.
2. Açık Dosya Formatları :  
Her türlü yazılım tarafından okunabilmekte ve düzenlenebilmektedir. Genellikle açık kaynak kodlu olarak adlandırılmakta ve gelişimi uluslararası işbirliği üzerine kurulmaktadır.

BIM ile kullanılan dosya formatlarından, Industry Foundation Classes (IFC) ve Construction Operations Building Information Exchange (COBie). IFC format, farklı yazılımların BIM verilerini anlamasına ve paylaşmasına yardımcı olurken, COBie formatı da profesyonellerin BIM bilgilerini okunabilir bir biçimde anlamalarına ve paylaşmalarına yardımcı olabilmektedir.

Bu dosya formatları geometrik olan ve geometrik olmayan varlık verilerinin okunabilmesini sağlamaktadır. Proje sürecine dahil olan girdilerin BIM yazılımları arasında tüm disiplinlerde doğru anlaşılabilmesi ve okunabilmesinde kritik bir öneme sahiptir.



Şekil 1. Türkiye’de Sürdürülebilirliğe Yönelik Politikalar ve Yasal Düzenlemeler (Calapkulu,2020)

Proje yönetim sürecine dahil olan girdilerin haricinde enerji korunumu, yüksek performans gibi endişelerle beraber sürdürülebilirlik kavramına ilgi artmaya başlamıştır. Tüm dünyada çeşitli kanun ve düzenlemelerle, daha sürdürülebilir projeler ortaya çıkarmak üzere inşaat sektörünün ürün ve süreçler açısından sürdürülebilir yenilikleri benimsemesi talep edilmektedir (Hellstrom, 2007; Steurer ve Hametner, 2011). Bulunduğu çevreye bina yaşam döngüsü sırasında en az zarara sebep olacak binalara talep artmakta olup, bu binalar uzun dönemde maliyet açısından en ekonomik olarak değerlendirilmeye başlanmıştır.

Tüm bu nedenlerle, inşaat sektöründe sürdürülebilir yapı tasarımı için teknolojik yenilikler ile bütünleşmenin olası faydaları tartışılmaya başlanmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir yapı malzemelerindeki hızlı gelişim, proje süreçlerinde BIM kullanımına destek olmaktadır (İlhan ve Yaman 2015).

Yüksek enerji kullanımı bağımlısı olan ülkelerden biri olan Türkiye’de de binalarda enerji verimliliği adına önemli adımlar atılmaya başlanmıştır (Şekil 1). Yeni düzenlenen politikalar ve yasal zorunluluklarla beraber “İklim Değişikliği Eylem Planı” ile 2023 yılına kadar en az 1 milyon binada ısı yalıtımı ve enerji verimliliğinin sağlanması, binalarda yenilenebilir enerjinin artırılması, kamuya ait bina ve tesislerde enerji tüketiminin %10 ile %20 arasında azaltılması hedeflenmektedir (URL-1).

2023 Eylem Planına dahil olarak da günümüzde de 50 m<sup>2</sup> üzerinde inşaat alanına sahip tüm binalarda “Enerji Kimlik Belgesi” çıkarılması zorunlu hale gelmiştir. Bu belge sayesinde yeni yapılacak ve yapılmakta olan binalar için en düşük C sınıfı

olacak şekilde inşaata izin vermektedir. Günümüzde ise “İklim Değişikliği Eylem Planı” için hala çalışmalara devam edilmektedir. (Calapkulu,2020).

Bu makale kapsamında ele alınan yapı tipi yeni yapılan konut projeleridir. Bu çalışma için örnek bir pilot proje belirlenmiş olup BIM’in LEED sürecindeki aşamaları, enerji kategorisinin seçilmiş alt başlıklarıyla incelenecektir.

## 2. BIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Avrupa Birliğindeki binaların enerji tüketimi %40 ve karbon salımı ise %36 olup, toplam enerji tüketimi açısından binalar diğer enerji tüketen kaynaklara oranla çevreye etki oranı daha yüksektir (European Commission, 2019). Enerjinin büyük bir bölümü yapı sektörü tarafında tüketilmekte olup günümüzde artan çevre sorunlarıyla beraber yapı sektörünün duyarlı bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye saygılı, sürdürülebilir mimarlık anlayışını benimseyen yapı tasarımları tercih edilmeli ve devlet tarafında geliştirilen yasal düzenlemelerle desteklenmelidir.

Sürdürülebilir tasarım “en azla en çoğu gerçekleştirmek” olarak tanımlanarak, enerji kullanımında yenilenemeyen kaynakların, çevresine olumsuz etkiler vermelerinden dolayı bu etkileri azaltacak sistemler olan pasif sistemler kullanılması gereğinin önemi belirtmiştir. Az enerji kullanılarak dayanıklı malzemeden üretilen yapıların, uzun vadede sürdürülebilirliğe büyük oranda katkı sağladığı ifade edilmektedir (Foster P., 2001).

Bilişim sektörünün gelişmesi ile geleneksel yöntemler haricinde yapılan enerji analizleri bina sürdürülebilirliğine ve enerji korunumlu yapı üretiminin tercih edilmesine oldukça katkı sağlamaktadır. Mimari sürdürülebilirliğe en çok katkı sağlayan bilgisayar destekli yöntemlerden biri ise Yapı Bilgi Modellemesidir. Günümüzde Yapı Bilgi Modellemesi aracılığıyla elde edilen enerji analizleri verileri sayesinde tasarım sürecinde, üretilecek yapının enerji tüketim değerlerinin görüntülenebilme olanağı sağlanır. Ayrıca çok disiplinli bilgilerin tek bir model içinde var olmasına olanak sağladığı için, tasarım süreci boyunca sürdürülebilirlik önlemlerinin dahil edilmesi için bir fırsat yaratır. BIM sürdürülebilir tasarımda aşağıdaki yönere yardımcı olabilmektedir (Krygiel ve Nies, 2008):

- Bina yönelimi (iyi bir yönelim seçmek binanın kullandığı enerjiyi azaltma)
- Bina kütlesi oluşturma (bina formunu analiz etmek ve binayı optimize etme)
- Güneş ışığı analizi (enerji tüketimini azaltma, ideal güneş ışığını kullanma)
- Su kullanımı (bir binada su ihtiyacının azaltılması)
- Enerji modellemesi (enerji ihtiyaçlarının azaltılması ve yenilenebilir enerji seçenekleri düşük enerji maliyetlerine katkıda bulunma)
- Sürdürülebilir malzemeler (malzeme ihtiyaçlarının azaltılması ve geri dönüştürülmüş malzemeler)
- Saha ve lojistik yönetimi (atıkları ve karbonu azaltmak için ayak izi)

### 3. YEŞİL BİNA DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ

Yeşil bina kavramı, 1990'lı yılların başında Bina Araştırma Kurumu (Building Research Establishment – BRE), Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün (American Institute of Architects – AIA) oluşturduğu Çevre Komitesi (Committee on the Environment – COTE) ve Amerikan Yeşil Bina Konseyi (US Green Building Council – USGBC) oluşumları ile başlamıştır (Krygiel ve Nies, 2008) Sertifika sistemleri, evrensel kabul edilecek standartlar oluşturarak yeşil binayı tanımlamak, bütünsel bir bina tasarım yöntemi geliştirmek, yeşil bina kavramını desteklemek, yeşil binanın yararları konusunda tüketici bilincini artırarak bina pazarını dönüştürmeyi amaçlamaktadır (Şimşek, 2012).

Ülkelerin kendi standartlarına özgü sistemler oluşturmak istemeleriyle beraber günümüzde birçok yeşil bina değerlendirme sistemleri bulunmaktadır. Bu yeşil bina değerlendirme sistemleri arasında en yaygın kullanılanları; 1990 yılından İngiltere'de başlanan BREEAM (Building Research

Establishment Environmental Assessment Method) ile 1998 yılında hazırlanan ve kullanılmaya başlanan, ABD kökenli LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)'dir.

#### 3.1. LEED Sertifikası

Yeşil bina değerlendirme sistemi olarak geliştirilen LEED v1.0 ilk olarak 1998 yılında USGBC tarafından sunuldu. O zamandan beri hızla gelişen ve bugüne kadar güncellenen standartlarla daha kapsayıcı bir hal almıştır 2014 yılından itibaren LEED v4.1 beta sürümü kullanılmaktadır (Guo ve ark, 2021) . Bu versiyondaki yeniliklerden ilki sistemin, binanın bütünü yanı sıra iç mekanlar için de kullanılabilir olmasıdır. Sistem, mevcut binaları bina tiplerine göre ayırmaksızın bütün tipler için geçerlidir. Tüm bina türleri ve tüm bina aşamaları için değerlendirmeler LEED derecelendirme sistemine dahil edilmiştir ve farklı binaların değerlendirilmesi için ayrıntılı referans kılavuzları oluşturulmuştur.

İlk kullanımda “Yeni Yapılar “ için geliştirilen LEED sertifikası daha sonra farklı yapı türlerini de kapsayacak şekilde başlıklara ayrılmıştır ve farklı kullanımı kapsar:

1. LEED-BD+C (Yeni Yapılar)
2. LEED-ID+C (İç Tasarım + İnşaat)
3. LEED-O+M (Operasyonlar + Bakım)
4. LEED-Residential (Konutlar)
5. LEED-Cities and Communities (Şehirler ve Yerleşim Birimleri)

En sık kullanılan, LEED BD+C (Building Design & Construction) sertifika çeşidi okullar, binalar evler ve daha bir çok yapı çeşitlerini de kapsamaktadır. Bu sertifika çeşidi 8 katlı konut yapılarına kadar kullanılabilir. LEED BD+C (Building Design & Construction) sertifika çeşidi okullar, binalar evler ve daha bir çok yapı çeşitlerini de kapsamaktadır. Bu sertifika çeşidi 8 katlı konut yapılarına kadar kullanılabilir.

Yapı türleri ait olduğu LEED çeşidine göre değerlendirilip Sertifikalı, Gümüş, Altın veya Platin sertifika almaya hak kazanırlar (URL-1).

- Sertifikalı (Certified): 40-49 puan
- Gümüş (Silver): 50-59 puan
- Altın (Gold): 60-79 puan
- Platin (Platinum) : 80+ puan

LEED sertifikasyon sistemi bazı kriterlerden oluşmaktadır. Bu kriterler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Tablo-1).

Kategoriler	Puan
Sürdürülebilir Arazi (Sustainable Sites)	26 Puan
Su Verimliliği (Water Efficiency)	10 Puan
Enerji ve Atmosfer (Energy and Atmosphere)	35 Puan
Malzemeler ve Kaynaklar (Materials and Resources)	14 Puan
İç Mekan Yaşam Kalitesi (Indoor Air Quality)	15 Puan
Tasarım ve Yenilik (Innovation and Design)	6 Puan
Yerel Önem Sırası	4 Puan

Tablo-1 Leed Kriterleri ve Puanlama Listesi (URL-2)

Bu çalışmada en güncel sürüm olması sebebiyle LEED V4.1 BD+C kılavuzunu kullanarak, en yüksek puan değerine sahip ve sertifika sürecinde kritik bir önem taşıyan Enerji ve Atmosfer kriterinden “Enerji Performans Optimizasyonu” ve “Yerinde Yenilenebilir Enerji” kredileri üzerinden BIM yöntemleri kullanılarak LEED puanı hesaplaması yapılacaktır.

### 3.1.2 LEED Enerji ve Atmosfer Kriteri

Yukarıda ifade edildiği gibi yapı çevre yüksek miktarda fosil yakıtlı enerji tüketmektedir (Şimşek, 2012 ; Krygiel ve Nies, 2008 ; Guo ve ark, 2021). Bu sebeple “Enerji ve Atmosfer” kriteri ile bina performansını artırmak enerji kullanımını azaltmaya çalışır. Aynı zamanda toplam enerji tüketimini azaltacak yönde alınacak tedbir ve stratejileri teşvik eder. Enerji kullanımı izlenmesi ve yenilenebilir enerji sistemleri kullanılması ödüllendirilir.

Yeni bina tasarımında uygulanan LEED v4 sertifikasyon süreçlerinin enerji ve atmosfer kategorisinde 4 ön şart ve 7 kredi olmak üzere toplamda 11 ayrı değerlendirme kriteri bulunmaktadır (Arslan, 2015). LEED V4.1 kılavuzunda ise toplam 4 ön şart ve 6 kredi bulunmaktadır (URL-2). LEED v4’ten farklı olarak “Yeşil Güç ve Karbon Dengesi” ile “Yenilenebilir Enerji” kredileri tek bir kredi olarak kabul edilmiştir. Bu krediler temel devreye alma ve doğrulama, düşük enerji performansı, bina enerji seviyesi ölçümü, ana soğutucu idaresi, gelişmiş devreye alma, enerji performans optimizasyonu, gelişmiş enerji ölçümü, sistem uyumlaştırılması, yenilenebilir enerji ve gelişmiş soğutucu akışkan yönetimi kredileri tasarım ve inşaat sürecinde göz önünde bulundurulması gereken kredilerdir (Tablo-2).

Enerji ve Atmosfer		Puan 33
Ön Koşul 1	Temel Devreye Alma ve Doğrulama	Gerekli
Ön Koşul 2	Düşük Enerji Performansı	Gerekli
Ön Koşul 3	Bina enerji seviyesi ölçümü	Gerekli
Ön Koşul 4	Ana Soğutucu İdaresi	Gerekli
Kredi 1	Gelişmiş Devreye Alma	6
Kredi 2	Enerji Performans Optimizasyonu	18
Kredi 3	Gelişmiş Enerji Ölçümü	1
Kredi 4	Sistem Uyumlaştırılması	2
Kredi 5	Yenilenebilir Enerji	5
Kredi 6	Gelişmiş Soğutucu Akışkan Yönetimi	1

Tablo-2 Enerji ve Atmosfer Puanlama Listesi (URL-2)

Enerji ve atmosfer kategorisinde mimari kararları etkileyen en yüksek puan değerine sahip olmasından dolayı bu çalışma “Enerji ve Performans Optimizasyonu” ve “Yenilenebilir Enerji” kredileri üzerinden devam edecektir.

#### 3.1.2.1 Enerji Performans Optimizasyonu Kredisi

Bu kredinin amacı, yapılarda enerji kullanımını azaltılmasını amaçlayarak sürdürülebilir yapı tasarımını teşvik etmektedir. Enerji kategorisinin içinde en yüksek puana sahip olan kredi değeridir. Binanın çevresel ve ekonomik etkilerini azaltmayı amaçlar. Etkin enerji tasarrufunu desteklemektedir. Bu kredi temel olarak ASHRAE 90.1-2007 standardını göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir (Gürgün , 2017). Yapının iyileştirme yüzdesi hesaplanarak kredi puanı belirlenir (Şekil 2). Teklif verilen binada, temel alınan binaya oranla yüzdelik gelişme gerçekleştirilebilir için EA Minimum Enerji Performansı Önkoşulu kriterlerine uyulmalıdır.

$$\text{İyileştirme Yüzdesi} = 100 \times \frac{\text{(Referans Bina Enerji Performansı - Önerilen Bina Enerji Performansı)}}{\text{Referans Bina Enerji Performansı}}$$

Şekil 2. İyileştirme Yüzde Hesabı

LEED V4.1’de enerji modellemesinden alınabilecek maksimum puan 9 puan olup toplam 18 puandan geri kalan 9 puanın sera gazı emisyon değeri sonucuna göre hesaplanmaktadır. Bir binadaki emisyon salımına o binadaki cihaz seçimlerinin büyük bir oranda etkisi bulunmaktadır. Bu çalışmada mekanik elemanlar tanımlanmayacağı için mimari model ile birlikte 9 puan üzerinden değerlendirme yapılacaktır.

#### 3.1.2.2 Yerinde Yenilenebilir Enerji

Bu kredinin amacı, binanın enerji tüketiminden dolayı ortaya çıkan olumsuz çevresel etkiyi azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımını teşvik

etmektedir. Sınırlı enerji kaynaklarının kullanımı yerine, doğada sınırlı olmayan ve yenilenebilir enerji üretimini tercih edilmesini desteklemektir. LEED 4.1 kılavuzuna göre yenilenebilir enerji için 3 farklı strateji sunulmuştur (URL-2) . Bunlar yerinde yenilenebilir enerji, yeni tesis dışı yenilenebilir enerji ve tesis dışı yenilenebilir enerji olarak ayrılmaktadır (Tablo-3).

Puan	1.Aşama	2.Aşama	3.Aşama
1	%2	%10	%35
2	%5	%20	%75
3	%10	%30	%100
4	%15	%40	
5	%20	%50	

1.Aşama : Yerinde yenilenebilir enerji  
2.Aşama: Yeni Tesis dışı enerji  
3.Aşama : Tesis dışı enerji

Tablo-3 Yerinde Yenilenebilir Enerji Puan Değerleri (URL-2)

#### 4. VAKA ÇALIŞMASI

Bu çalışma ,LEED ile BIM arasındaki bilgi değişim sürecini ortaya koymak amacıyla örnek bir pilot proje üzerinden gerçekleştirilmektedir.

Yapılı çevrenin tükettiği toplam enerjinin yarısını konutların tüketmesinden dolayı konutların enerji etkinliğini artırmak sürdürülebilirlik için kritik önem taşır (Karaca vd.,2012). Bu kapsamda örnek pilot proje için küçük ölçekli bir konut projesi belirlenmiştir. Proje konum itibarıyla Karadeniz ile Akdeniz iklimi arasında geçiş iklimi özelliği gösteren Şile Kumbaba'da 6 adet tekli ve 4 adet ikiz villadan oluşan site bölgesindedir.

Araştırma sürecinde ilk olarak BIM ortamında bir model hazırlanmış olup gerekli adımlar **4.1** ve **4.2 nolu** kısımda anlatılmaktadır. Modelin GBS ortamına aktarılmasıyla beraber öncelik olarak **4.4 nolu** kısımda kazanılan enerji (yenilenebilir enerji üretimi) ; **4.5 nolu** kısımda ise harcanan enerji (Enerji Performans Optimizasyonu) verileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bu iki verinin LEED online formundaki yeri belirlenmiştir.

##### 4.1 BIM Tabanlı Sürdürülebilirlik Analizleri için Yazılım Seçimi

Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda en sık tercih edilen BIM yazılımı Autodesk Revit olarak belirlenmiş olup BIM tabanlı sürdürülebilirlik analizlerden (EnergyPlus, Ecotech, IES-VE, Green Building Studio vs.) en sık tercih edilen Green Building studio olduğu tespit edilmiştir (Bellido-Montesinos vd., 2019 ; Pereira vd., 2021) .

Yapılan araştırmalar sonucunda bu çalışma için Autodesk firmasına ait Revit yazılımı ve enerji analizleri için aynı firmaya ait Green Building Studio yazılımları tercih edilmiştir.

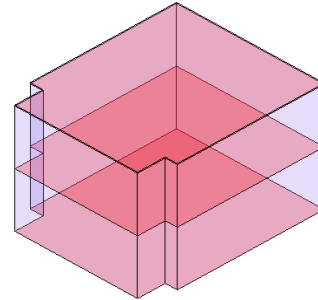
Yazılımlar arası iş akışı üç aşamada gerçekleştirilmektedir. BIM modeli Revit ortamında hazırlanarak gbXML formatında çıktı alınarak Green Building Studio'ya aktarılmıştır. Aktarım süreci araştırmanın “Yapı modelinin hazırlanması ve gerekli bilgilerin belirlenmesi ” kısmında anlatılmaktadır.

##### 4.2 Yapı Modelinin Hazırlanması ve Gerekli Bilgilerin Belirlenmesi

Green Building Studio enerji simülasyonunda desteklenmiş olan 3 temel iş akışı bulunmaktadır (URL-4).

###### 1.Kavramsal ve Kütleli Modelleme:

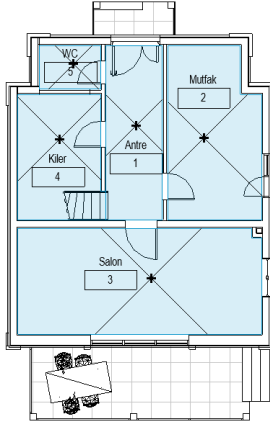
Projenin erken tasarım aşamasında kullanılmaktadır. Süreç içinde hızlı ve güçlü bir veri oluşturur. Aynı zamanda bu yöntem ile enerji modelini dışarıya aktarmadan Revit eklentileri için gerekli analizler elde edilebilir (Şekil 3) .



Şekil 3. Kavramsal ve Kütleli modelleme

###### 2.Oda/Mekan Öğeleri ile Modelleme:

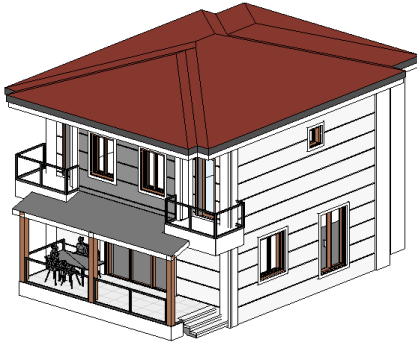
Revit'te enerji modeli için bina modeli kullanılabilir. Tam bir bina modeli oluşturularak proje gbXML formatında dışarıya aktarılır ve GBS aracılığıyla analiz edilir. Modeli içinde doğru bir şekilde mekanların atamasının yapılması gerekir (Şekil 4).



Şekil 4. Oda/Mekan Öğeleri ile Modelleme

### 3. Yapı elemanları ile Modelleme:

Yapı elemanlarının katmanlı olarak modellenerek termal özellikleri ile Enerji Analitik Modeline dahil edilebilir. Detaylı bir bilgi modeli gerekmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Yapı Elemanları ile Modelleme

Bu çalışma kapsamında seçilen örnek villa projesi için oda/mekan öğelerinin modellendiği bir bina modeli oluşturulmuştur. Çatı, zemin ve duvar malzemeleri belirlenmemiş olup avan proje aşamasından devam edilmiştir. Revit ortamında hazırlanan enerji modellerinin analizlerinden verilerin elde edilmesi için analiz tipine göre başlıca model bilgileri belirlenmesi gerekir. Bu işlem Revit üzerinden **Energy Settings** (Şekil 6) sekmesinden gerçekleştirilebileceği gibi GBS ortamında da yapılabilir. Revit bu kısımda modelin modu hakkında 3 farklı seçenek sunmaktadır.

1. Kavramsal Kütleler : Sadece kütlele modelleme için kullanılmaktadır.
2. Bina Elemanları : Sadece bina elemanları bulunan modeller için kullanılmaktadır.
3. Kavramsal Kütleler ve Bina Elemanları : Hem kütlele modelin bulunduğu hem bina elementlerinin modellendiği yapılar için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada analiz modu, bina tipi, bina konumu ve bina işletim zamanı verileri modele girilmiştir.

Parameter	Value
<b>Energy Analytical Model</b>	
Mode	Use Conceptual Masses
Ground Plane	Zemin Kat
Project Phase	New Construction
Analytical Space Resolution	45.72
Analytical Surface Resolution	30.48
Perimeter Zone Depth	365.76
Perimeter Zone Division	<input checked="" type="checkbox"/>
Average Vertical Void Height Th	182.88
Horizontal Void/Chase Area Thr	0.093 m <sup>2</sup>
<b>Advanced</b>	
Other Options	Edit...

Şekil 6. Enerji Ayarları

### 4.3 Modelin Green Building Studio (Gbs)'ye Aktarılması ve Enerji Analizlerinin Değerlendirilmesi

Enerji modelinin elde edilmesiyle beraber gbXML formatı ile dosyanın dışarıya aktarılması gerekir. Kullanıcı hesabı ile giriş yapılarak Green Building Studio' da New Project kısmından yeni proje oluşturulur. Proje bilgileri girildikten sonra ana ekrandan Action sekmesine tıklanarak gbxml dosyası yüklenir. Bu aşamada proje verileri düzenlenebilir veya detaylandırılabilir. Tasarım alternatifleri (Design Alternative) paneli ile proje yönelik alternatifler eş zamanlı olarak belirlenerek analiz verileri karşılaştırılabilir. Böylelikle binanın enerji kullanımının optimizasyonu için veriler, yıllık enerji maliyeti, yaşam döngüsü maliyeti gibi birçok alanda bilgiler elde edilmektedir (Şekil 7).

Enerji, Karbon ve Maliyet Özeti	
Yıllık Enerji Maliyeti 4,506 TL	
Yaşam Döngüsü Maliyeti 61.371 TL	
Yıllık CO <sub>2</sub> Emisyonları	
Elektrik 0.0 mg	
Yerinde Yakıt 6.8 mg	
Büyük SUV Eşdeğeri 0,7 SUV / Yıl	
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) 1.858 MJ / m <sup>2</sup> / yıl	
Elektrik 10,752 kWh	
Yakıt 135.814 MJ	
Yıllık En Yüksek Talep 3,5 kW	
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik 322.570 kWh	
Yakıt 4.074.429 MJ	
varsayımlar ⓘ	

Şekil 7. GBS Temel Veriler

### 4.4 Potansiyel Yenilenebilir Enerji Üretiminin Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında elde edilen enerji analiz verileri incelenecek ve yenilenebilir enerji üretim kriterinde elde edilebilecek veriler hesaplanacaktır. Bunun için GBS'nin Run List kısmından Energy

and Carbon Results sekmesi aktif edilir. Photovoltaic satırında bulunan menüden binanın güneş panelleri (PV) ile elde edebileceği enerji haricinde diğer bir yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi ile yıllık üretebileceği elektrik değerleri hesaplanabilmektedir (Şekil 8). Revit ortamında herhangi bir farklı ayarlama yapılmadığı sürece GBS ortamında hesaplanan yenilenebilir enerji verilerinden fotovoltaik enerji otomatik olarak çatı üzerinden hesaplanacaktır.

Fotovoltaik Potansiyel ( daha fazla detay )	
Yıllık Enerji Tasarrufu:	5.180 kWh
Toplam Kurulu Panel Maliyeti:	12.150 TL
Nominal Nominal Güç:	4 kW
Toplam Panel Alanı:	29 m <sup>2</sup>
Maksimum Geri Ödeme Süresi:	12 yıl @ 0,17 TL / kWh

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	
Yıllık Elektrik Üretimi:	1.670 kWh

varsayımlar ⓘ

Şekil 8. Yenilenebilir Potansiyel Enerji Sonuçları

Daha fazla detay kısmına tıklanarak kurulacak güneş panellerinin geri ödeme süresi hesaplamaları da yapılabilmektedir. Kurulu panel maliyeti, panel tipi, uygulanan elektrik maliyeti gibi veriler girilebildiği gibi fotovoltaik yüzey analizi verileri de elde edilebilmektedir. Çatıya yerleştirilecek panelin yönü, eğim derecesi, panel alanı gibi alternatifleri inceleyerek proje için elde edilebilecek ideal yenilenebilir enerji verilerine ulaşılabilmektedir (Şekil 9).

Yüzey Değişkenleri				
ID	Tip	Yön	Eğim (derece) ⓘ	Panel Alanı (m <sup>2</sup> )
amaç3921	Çatı	W	18	2
amaç4093	Çatı	W	18	7
amaç4179	Çatı	S	18	4
amaç4228	Çatı	E	18	8
amaç3838	Çatı	E	18	3
amaç3879	Çatı	n	18	3
amaç3964	Çatı	n	18	1
amaç3760	Çatı	W	18	1

Şekil 9. Alternatif Yenilenebilir Enerji Verileri

#### 4.5 Enerji Performans Optimizasyonun Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında elde edilen enerji analiz verileri incelenecek ve enerji optimizasyonu kriterinde elde edilebilecek veriler hesaplanacaktır. GBS ortamına yüklenmiş olan referans yapı için farklı alternatifler geliştirilebilir, eş zamanlı olarak alternatifler arasında karşılaştırma

yapılabilmektedir. Bunun için Run List sekmesinden referans yapı seçilmelidir. Design Alternatives seçeneği ile bina performansını iyileştirecek tasarım alternatifleri oluşturulmalıdır. Genel, aydınlatma, çatı ve duvar tipleri olmak üzere 4 başlıkta değişiklikler yapılmaktadır.

1. Genel alternatifler : Yapı yönü, HVAC sistemleri ve özellikleri, tesis kullanım süresi gibi özellikleri kapsamaktadır.
2. Aydınlatma alternatifleri: Aydınlatma verimliliği, aydınlatma kontrolleri, günışığı kontrol verileri gibi özellikleri kapsamaktadır.
3. Çatı alternatifleri: Çatının malzeme özellikleri bu alandan belirlenir.
4. Duvar alternatifleri: Duvar tipi, cam tipi, gölgeleme, pencere duvar oranı özelliklerini kapsamaktadır.

Bu alanda yeni bir alternatif yaratmak için yukarıda belirtilen sekmelerden alternatifte uygulanacak bir değer seçilir. Daha sonra “Enter Alternative Name” kısmından alternatifte değer belirlenerek “Add Alternative” ile tabloya eklenir. Eklenen tüm alternatifleri çalıştırmak için “Run Added Alternatives” aktif hale getirilir (Şekil 10).

1. Select Changes Below.		2. Enter Alternative Name:		3. Add Alternative		4. Run Added Alternatives	
				Reset Dropdown Selections Below		Save Added & Unrun All	
General	Lighting	Roof	Northen Walls				
Alternatives/Annual Energy Cost	Rotation HVAC	Outside Air Flow Per Person Value/ventilation					
135	73,4,518	+135					
130	73,4,515	+120					
105	73,4,516	+105					
80	73,4,520	+90					
75	73,4,525	+75					
60	73,4,521	+60					
30	73,4,520	+30					
15	73,4,520	+15					
05	73,4,520	+5					

Şekil 10. Alternatif ekleme tablosu

Run List sekmesinde eklenen tüm yeni alternatifler liste halinde görüntülenmektedir. Aynı zamanda elde edilen tüm alternatif verilerini referans modele göre mutlak değer alınarak verimli ve verimsiz tasarımlar daha kolay şekilde değerlendirilebilmektedir. Aynı sekmeden seçilen alternatif aktif hale getirerek yıllık enerji maliyetini, yaşam döngüsü maliyetini, malzemelerin U-değerlerini referans model ile karşılaştırmalı olarak incelenebilmektedir (Şekil 11 ve Şekil 12)

Roofs	R30 Wood Frame Roof U-Value: 0.16 ⓘ
Exterior Walls	R30 Wood Frame Wall U-Value: 0.21 ⓘ
Interior Walls	Uninsulated Interior Wall U-Value: 2.35 ⓘ
Interior Floors	R0 Wood Frame Carpeted Floor U-Value: 1.16 ⓘ
Slabs On Grade	Un-insulated solid U-Value: N/A ⓘ
Nonsliding Doors	R2 Default Door (11 doors) U-Value: 2.39 ⓘ

Şekil 11. Seçilen alternatif çalışma yapısının değerleri

1 Base Run	2 Design Alternative
<b>Energy, Carbon and Cost Summary</b>	<b>Estimated Energy &amp; Cost Summary</b>
Annual Energy Cost TL4,506	Annual Energy Cost TL2,973
Lifecycle Cost TL61,371	Lifecycle Cost TL40,494
<b>Annual CO<sub>2</sub> Emissions</b>	<b>Annual CO<sub>2</sub> Emissions</b>
Electric 0.0 Mg	Electric 0.0 Mg
Onsite Fuel 6.8 Mg	Onsite Fuel 3.8 Mg
Large SUV Equivalent 0.7 SUVs / Year	Large SUV Equivalent 0.4 SUVs / Year
<b>Annual Energy</b>	<b>Annual Energy</b>
Energy Use Intensity (EUI) 1,141 MJ / m <sup>2</sup> / year	Energy Use Intensity (EUI) 1,141 MJ / m <sup>2</sup> / year
Electric 10,752 kWh	Electric 8,687 kWh
Fuel 135,814 MJ	Fuel 75,883 MJ
Annual Peak Demand 3.5 kW	Annual Peak Demand 2.7 kW
<b>Lifecycle Energy</b>	<b>Lifecycle Energy</b>
Electric 322,570 kWh	Electric 260,614 kWh
Fuel 4,074,429 MJ	Fuel 2,276,487 MJ
Assumptions ⓘ	Assumptions ⓘ

Şekil 12. Referans model ile alternatif model verilerin karşılaştırılması

#### 4.6 Elde Edilen Analiz Verilerinin LEED Sertifikalanma Aşamasındaki Yeri

Araştırmanın bu kısmında USGBC'nin paylaşmış olduğu LEED için örnek formlardan faydalanarak elde edilen veriler formlar üzerine işlenecektir.

LEED sertifikası süreci toplamda 5 ana aşamadan oluşmaktadır (Arslan, 2015) ;

1. Projenin kayıt edilmesi
2. Ekip yönetimi
3. Proje ekibini kurulması
4. LEED puan kartlarının oluşturulması ve yönetimi
5. Kredi yorumlama talebinin sunulması ve ön şart/kredi belgelerinin hazırlanması

Bu aşamaların hepsi tasarım ve inşaat sürecini kapsamaktadır. Proje kayıt süreci ve yönetimi tamamen LEED online sistemi üzerinden gerçekleştirilmektedir. LEED online sistemine kayıt olduktan sonra kullanıcı panelinden "Create New Project" ile yeni proje başlatılır. İlk olarak proje ismi belirlenerek başvurulacak sertifika türü seçilir. Sertifika türleri arasında daha sonra geçiş yapılabilmektedir. Yapı tipi, brüt taban alanı, mal sahibi bilgileri bu alanda belirlendiği gibi daha sonra da değiştirilebilmektedir. Bir sonraki adımda sözleşmeyi onaylayarak ödeme kısmıyla beraber proje LEED online sistemine kayıt edilmiş olur. Kayıt edilen projeyi çalıştırarak krediler kataloğundan teslim formlarına ulaşılabilir. Elde edilen veriler ile ilgili kredi formları doldurularak teslim aşamasına hazırlanır. Proje teslim edildikten sonra gerekli kontrollerle beraber proje portalında elde edilen puana ulaşılabilir. Detaylı aşamalar ABD Yeşil Bina Konseyi veya U.S. Green Building Council (USGBC) Web sitesinde açıklanmaktadır (URL-3).

Green Building Studio ortamında elde edilen enerji verileri LEED online sistemindeki ilgili formlara doldurulabilmektedir. USGBC paylaşmış olduğu örnek formlar kısmından da olası puan hesaplaması yapılmaktadır.

Bu çalışmada seçilen konut yapısının Green Building Studio ile elde edilen veriler ile ilk olarak yenilenebilir enerji kriterinde alabileceği potansiyel puan hesaplaması örnek forum üzerinden gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki adımda aynı işlem enerji optimizasyonu kredisi için de gerçekleştirilecektir.

Yenilenebilir enerji kaynağı, enerji tipi, yıllık enerji tasarrufu , nominal güç verisi, enerji birimi , yıllık kazanılan enerji maaliyeti verileri bu tabloya eklenmiştir. Yapının senelik harcamış olduğu toplam enerji maliyeti ile yıllık kazanılan enerji maliyetinin yüzdelik oranı ile LEED puanı bu form üzerinden otomatik olarak hesaplanmıştır. Bu değer %19 olup yerinde yenilenebilir enerji kullanılacağından dolayı Tablo-2 deki puan hesabına göre 4 LEED puanı elde edilmiştir.

Enerji optimizasyonu için elde edilen alternatif veriler ile "LEED v4.1 Minimum Energy Performance Calculator" dosyasında ilgili tablolara giriş yapılır. Bu dosyaya USGBC'nin Web sitesinden önkoşulun kredi kitaplığında kaynaklar kısmından ulaşılabilir. Referans Yapının (Baseline Building) enerji değerleri hesaplamaları için yapının 0°, 90°, 180° ve 270° olmak üzere arazi üzerinde konumlandırılmasına göre dört ayrı alternatifte enerji değerlerinin ortalaması hesaplanır. Bu aşama Green Building Studio ortamında tasarım alternatiflerinde otomatik olarak hesaplanmaktadır. Aynı işlem Alternatif Yapı (Proposed Building) için yapılar ilgili tablodaki kısımlar doldurulur. Enerji kullanımı ve maliyet değerleri karşılaştırmalı olarak gözlemlenebilir (Şekil 13). Elde edilen değerler ile hesaplayıcı dosyasının özet sütununda verimlilik oranı hesaplanmaktadır (Şekil 14).

	Enerji Kullanım Yoğunluğu (MJ/m <sup>2</sup> /yıl)	Maaliyeti (TL)	Verimlilik Oranı
Referans Yapı (RY)	1.857	4,506	%34
Alternatif Yapı (AY)	1.140	2.973	

Şekil 13. Referans Yapı ile Alternatif Yapı karşılaştırılması



Summary	
Note: All information in this section is READ-ONLY. To edit, see previous tabs.	
<b>Total performance without renewables</b>	
proposed site energy [kWh]	1.140
proposed annual cost [\$]	2.973
proposed annual GHG [kg]	-
<b>Prerequisite</b>	
% Improvement Site-Energy	38,68
% Improvement Cost	34,02
% Improvement GHG Emissions (ex. tier 2- and 3-renewables)	-

Şekil 14. Enerji Performans Hesaplayıcısı ile elde edilen özet veriler

“Enerji Performans Hesaplayıcısı” belgesi, önkoşul kriteri olan “Minimum Enerji Performansı” formunda ilgili alana yüklenir. Bu forma ek olarak enerji modelleme raporlarından simülasyon girdi-çıkı raporları forma eklenir. Simülasyon özet raporlarında istenilen enerji değerlerinin bir kısmı aşağıda listelenmiştir :

- Son kullanıma ve yakıt kaynağına göre enerji tüketimi
- Yakıt kaynağına göre toplam enerji tüketimi ve maliyeti
- Yakıt kaynağına göre toplam enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları

Bu formun yüklenmesiyle beraber “Enerji ve Atmosfer” kategorisinin diğer kriteri olan “ Enerji Optimizasyonu” kredisinin formuna elde edilen verilerle beraber veri girişi yapılır. Formda ilk olarak birim tipi belirtilmektedir. Veri girişinin ikinci adımı olarak tasarım sürecinde analiz edilen verimlilik ölçülerini ve hangi analiz yönteminin kullanıldığını, bu sonuçların karar vermede nasıl hesaba katıldığını açıklayan özet belgesi yüklenmektedir. Son olarak enerji performans hesaplayıcısından elde edilen iyileştirme değerleri kullanıcı tarafından tabloya girilmektedir. Böylelikle maliyet bazında iyileştirme yüzdelik değeri ile LEED puanı hesaplanmaktadır. Bu değer %34 olup 6 LEED puanı elde edilmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında BIM tabanlı sürdürülebilir yazılımlar ile çok hızlı sonuçlar elde edilmektedir. Bina enerji modeli ile elde edilen veriler eş zamanlı olarak farklı enerji kriterlerinde değerlendirebileceği gibi aynı zamanda farklı alternatifler üzerinden de sonuçlar karşılaştırılabilir. Bu durum proje tasarım sürecini de kapsayacak şekilde önemli ölçüde zaman ve kaynak tasarrufu sağlamaktadır. Enerji analizleri elde edilmesi açısından yeterli gelişmişlik

düzeyinde birçok yazılımın olmasının yanı sıra yapılan araştırmalarla beraber henüz yeşil bina değerlendirme sistemlerinin tüm kriterleriyle doğrudan entegre olabilen yazılım bulunmamaktadır (Azhar vd. 2010 ; Bayar, 2020). Elde edilen enerji verilerinin enerji yazılımları aracılığıyla hesaplanarak bu verilerin LEED formlarına yarı otomasyon bir sistem ile girilebilecek olması hem süre açısından verimliliğe hem de insan faktörünün azaltılarak hata payının minimize edilmesini sağlayacaktır.

Yazılımların gelişmesiyle beraber günümüzde LEED günüşiği ve LEED su verimliliği başlığı altında enerji analizleri Green Building Studio yazılımına da eklenmiştir. Fakat GBS'nin güncel kullanımını olan “Version 2021.0.42.7” in kullanmış olduğu LEED sertifikası 2005 tarihli V2.2 kılavuzudur. Bu yazılım aracılığıyla su verimliliği kredisinde elde edilecek potansiyel puan değeri doğru bir değeri yansıtmayacağı gibi bu kılavuz LEED online sisteminde aktif değildir. Yazılımın güncel kılavuz olan V4.1 ile entegre olarak çalışabilmesi ilgili kredileri barınması sertifika sürecinde kullanıcıya kolaylık sağlayacaktır.

Enerji analizleri kapsamında elde edilen alternatif verilerin sadece enerji kazancı kapsamında değil aynı zamandan bina yapım maliyeti açısından eş zamanlı olarak ulaşılabilecek olması süreci işveren tarafına da olumlu olarak yansıtacaktır. İnşaat maliyeti-enerji ilişkisi bu aşamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu verilere sadece yenilenebilir enerji kredisinde güneş enerji panelleri kurulum maliyetinde rastlanılmış olup; enerji optimizasyonu için yaratılan tasarım alternatiflerinde yapı malzemeleri ve ekipmanlar için inşaat maliyetlerine ulaşılamamıştır. Bu verilerin ilişkilendirilmesi, yazılım tarafından kullanıcıya daha açık bir sistem oluşturma potansiyeli taşımaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

Arslan, N. C. (2015). *Yeşil bina projelerinde tasarım süreci için bir yaklaşım: LEED v4 sertifikalandırma süreci modeli* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Azhar, S., Brown, J., & Sattineni, A. (2010, June). A case study of building performance analyses using building information modeling. In *Proceedings of the 27th international symposium on automation and robotics in construction (ISARC-27), Bratislava, Slovakia* (sf. 25-27).

Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in construction*, 20(2), 217-224.

Azhar, S., & Brown, J. (2009). BIM for sustainability analyses. *International Journal of Construction Education and Research*, 5(4), 276-292.

Bellido-Montesinos, P., Lozano-Galant, F., Castilla, F. J., & Lozano-Galant, J. A. (2019). Experiences learned from an international BIM contest: Software use and information workflow analysis to be published in: *Journal of Building Engineering*. *Journal of Building Engineering*, 21, 149-157.

Bayar, B. (2020). *A review of BIM-based energy analysis tools for LEED certification process* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Calapkulu, S. (2020), [www.sektorumdergisi.com/LEED-sertifikasi-ve-yesil-bina-sertifikalari/](http://www.sektorumdergisi.com/LEED-sertifikasi-ve-yesil-bina-sertifikalari/), alındığı tarih: 26.12.2021

Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*, 55(1-2), 73-106.

Gürgün, A. P. (2017). Türkiye'deki LEED NC 2009 sertifikalı binaların enerji ve atmosfer kredilerinin değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(2), 383-392.

Guo, K., Li, Q., Zhang, L., & Wu, X. (2021). BIM-based green building evaluation and optimization: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128824.

İlhan, B., & Yaman, H. (2015). BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC-Tabanlı Bir Model Öneri. *Megaron*, 10(3). (Hellstrom, 2007; Steurer ve Hametner, 2011).

Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons.

Keskin, D. N., & Akgül, D. (2020). Farklı LEED Versiyonlarının İç Mekânlardaki Su ve Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 340-350.

Karaca, M., & Varol, Ç. (2012). Konut Alanlarında Enerji Etkinliği: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (Toki) Toplu Konut Projeleri Üzerine Eleştirel Bir Değerlendirme (1). *Metu Jfa*, 2, 127.

Kolarevic, B. (2011), ACADIA 11: Integration through Computation [Proceedings of the 31st Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) sf. 30-33

Krygiel ve Nies, (2008), Green BIM Successful Sustainable Design with Building Information Modeling

Pereira, V., Santos, J., Leite, F., & Escórcio, P. (2021). Using BIM to improve building energy efficiency—A scientometric and systematic review. *Energy and Buildings*, 250, 111292.

Yaman, H., & İlhan, B. (2010). İnşaat Sektöründe Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış. 1. *Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 29.

**URL-1:** <<https://www.usgbc.org/leed>> ,  
Erişim: 26.12.2021

**URL-2** : <<https://www.usgbc.org/leed-tools/scorecard>> Erişim : 26.12.2021

**URL-3** : < <https://www.leedonline.com/projects>>  
Erişim : 26.12.2021

**URL-4:**  
<[https://help.autodesk.com/view/BUILDING\\_PERFORMANCE\\_ANALYSIS/ENU/](https://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS/ENU/)> ,  
Erişim : 26.12.2021