



**YAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN MEVCUT BİNALARDA
ENERJİ ANALİZİNİN İNCELENMESİ**

Rukiye ERBAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2018

Rukiye ERBAŞ tarafından hazırlanan “YAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN MEVCUT BİNALARDA ENERJİ ANALİZİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İdil AYÇAM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Figen BEYHAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

Arazi Geliştirme ve Proje Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 24/09/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Rukiye ERBAŞ

24/09/2018

YAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN MEVCUT BİNALARDA ENERJİ ANALİZİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Rukiye ERBAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2018

ÖZET

Günümüzde azalan kaynaklar ve çevresel sorunlar enerji ihtiyacını giderek arttırmakta, bu bağlamda yapı tasarım, üretim ve kullanım sürecinde bilgisayar destekli yazılım araçları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yeni yapılacak yapıların yanı sıra yıllık toplam enerji tüketim miktarının büyük kısmını kullanan mevcut yapıların enerji etkin iyileştirilmesi üzerinde durulması gerekmektedir. Bu çalışma geleneksel bilgisayar destekli tasarım yöntemleri ile Yapı Bilgi Sistemlerini (BIM) karşılaştırılarak mevcut yapılarda bina yaşam döngüsüne katkılarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tez kapsamında yapı bilgi sistemlerinin özellikleri işleyiş mantığı, faydaları, kullanım alanları, bugünü ve gelecekteki rolüne değinilerek dünya genelinde yaygın olarak kullanılan yapı bilgi sistemi yazılımları incelenmiş ve geleneksel CAD yazılımları ile karşılaştırılmıştır. Mevcut yapıların sürdürülebilir yapılara dönüşebilmeleri için Türkiye’de ve dünya genelinde geçerliliği olan standartlar çerçevesinde önemine değinilerek yapı bilgi sistemlerinin iyileştirme süreçlerinde bulunabileceği katkılar irdelenmiştir. Bu çalışma kapsamında Yapı Bilgi Sistemi yazılım araçlarının mevcut yapıların performansının artırılması açısından sağladığı katkılar irdelenmektedir. Bu amaçla çalışmada mevcut bir ofis yapısının temel yazılım aracı olarak seçilen Autodesk Revit programında mevcut sanal modeli oluşturulmuş ve çevresel analizleri yapılarak BIM yazılımlarının mevcut yapılarda enerji performansı analizine yönelik potansiyeli sorgulanmıştır. Aynı yapı sürdürülebilir mevcut yapılarda sağlanması gereken kullanıcı konfor standartları kapsamında iyileştirilerek çevresel analizleri yapılmış ve mevcut durum ile yapılan iyileştirmelerin enerji performans karşılaştırması yapılmıştır. BIM yazılım araçları ile yapılan enerji analizlerinin mevcut yapılarında sağladığı faydalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bilim Kodu : 80410
Anahtar Kelimeler : Yapı bilgi sistemi, mevcut yapılar, bina enerji performans analizi
Sayfa Adedi : 124
Danışman : Doç. Dr. İdil AYÇAM

INVESTIGATION OF ENERGY ANALYSIS OF BUILDING INFORMATION SYSTEMS IN EXISTING BUILDINGS

(M. Sc. Thesis)

Rukiye ERBAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2018

ABSTRACT

Nowadays, energy requirements are gradually increasing due to decreasing resources and environmental problems; in this regard, computer-aided software tools have become crucial in the process of structural design, production and usage. It is required to put emphasis on existing structures, which use a huge amount of the total annual energy consumption, as well as the new structures. In this study, it is aimed to determine the contribution of computer-aided design and Building Information System (BIM) in the building life cycle by comparing with each other. Within the scope of the thesis, the features, advantages and usage area of structure information systems and widely-used building information systems with their present and future roles are examined. Additionally, traditional CAD software programs are compared. The contribution of building information systems in the recovery phase of existing building turning into sustainable structure is discussed within the frame of standards that are valid in Turkey and around the world. This scope of work examines building information system software tools, in terms the contribution of improving the performance of existing structures. For this purpose, the existing virtual model was created in Autodesk Revit program which is selected as the basic software tool of an existing office structure and environmental analyzes were performed and the potential of BIM software for the analysis of energy performance in existing buildings was questioned. The same structure is rehabilitated and environemetally analyzed in the scope of user comfort standards that is required to be provided for sustainable existing buildings and the energy performance of current sitution and rehabilitation are compared. Besides, the benefits of energy analysis that is made by using BIM software tools are tried to identify.

Science de : 80410

Key Words : Building information system, existing structures, building energy performance analysis

Page Number : 124

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İdil AYÇAM

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans başlangıç sürecimden itibaren çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. İdil AYÇAM'a, yardımlarını esirgemeyip tez kapsamında çalışılam mevcut yapıya ilişkin verilerini benimle paylaşan Sn. Ahmet BAŞAR'a (Alp Yapı Şirket Müdürü, mimar), manevi destekleri ile her zaman yanımda olan aileme, süreç boyunca desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Esra SARIOĞLU, Şeyma ÖZCAN'a ve ortağım Havse GÖKÇE'ye en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPI BİLGİ SİSTEMİ (BIM).....	13
2.1. Yapı Bilgi Sistemi Kavramı	15
2.2. Yapı Bilgi Sistemi Özellikleri	16
2.2.1. Parametrik modelleme	16
2.2.2. Veritabanı.....	17
2.2.3. Birlikte çalışılabilirlik	18
2.2.4. Çakışma/Hata tespiti	19
2.2.5. Çok boyutlu (xD) BIM.....	20
2.2.6. Metraj listeleri/ Mahal tabloları	20
2.2.7. Yapısal/Çevresel analiz	21
2.2.8. Eklentiler	26
2.2.9. LOD detay seviyesi	27
2.2.10. Tümleşik proje teslimi.....	28
2.3. Yapı Bilgi Sisteminde Süreç.....	29

	Sayfa
2.4. Yapı Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları	32
2.5. Yapı Bilgi Sisteminin Faydaları	33
2.6. Yapı Bilgi Sistemine Geçiş	34
2.7. Yapı Bilgi Sisteminin Mevcut Durumu	35
2.8. Yapı Bilgi Sisteminin Geleceği	36
2.9. Geleneksel CAD/BIM Karşılaştırması.....	37
2.10.Yapı Bilgi Sistemi Yazılım Araçları	39
2.10.1. Revit Architecture	43
2.10.2. ArchiCAD	45
2.10.3. Nemetschek Allplan	46
3. YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN MEVCUT YAPILARDA SÜRDÜRÜLEBİRLİK İLKELERİ AÇISINDAN POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ	47
3.1. Mevcut Binaların İyileştirilmesine Yönelik Standartlar ve Sertifika Sistemleri.....	49
3.2. Yapı Bilgi Sistemlerinin Mevcut Yapılarda Faydaları	54
3.3. Yapı Bilgi Sistemi Mevcut Yapılarda Kullanım Alanları	54
3.3.1. Tesis yönetimi	56
3.3.2. Yenileme planları	56
3.3.3. Periyodik bakım planları	57
3.3.4. Yeniden yapılanma planları	57
3.4. Yapı Bilgi Sistemleri ve Mevcut Yapıların Enerji Etkinliğinin İyileştirilmesi..	58
3.4.1. Bina kabuğu	59
3.4.2. Binanın yönlenimi	64
3.4.3. Gün ışığı kullanımı	65
3.4.4. Enerji modeli	67

	Sayfa
3.4.5. Yenilenebilir enerji modeli	74
3.5. Yapı Bilgi Sistemleri / Mevcut Analiz Programları Karşılaştırması	75
4. YAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN MEVCUT YAPILARDA ENERJİ ANALİZİNİN İNCELENMESİ	77
4.1. Alan Çalışması: Mevcut Bir Yapının Enerji Analiz Performansının İncelenmesi	78
4.2. Bulgular ve Değerlendirmeler	90
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	95
EKLER	105
EK-1. Mimari uygulama kat planları	106
EK-2. Mimari yapı modeli	110
EK-3. Türkiye illere göre derece gün bölgeleri	111
EK-4. ASHRAE standartları	112
EK-5. Revit Architecture analiz sonuçları	114
ÖZGEÇMİŞ	124

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yapı sektöründe birlikte çalışabilirlik ile ilgili yetersizliklerden kaynaklanan ilave maliyet	19
Çizelge 2.2. Popüler BIM yazılım türleri ve yeşil analizler için fonksiyonları	23
Çizelge 2.3. BIM bina yaşam döngüsü boyunca farklı kullanım alanları.....	32
Çizelge 2.4. Geleneksel yöntem ile yapı bilgi sistemi arasındaki fark	37
Çizelge 2.5. BIM yazılım araçları	39
Çizelge 2.6. ArchiCAD ve Revit tarafından ifade edilen ontolojilerin Krier tarafından karşılaştırılması	45
Çizelge 3.1. BREEAM-In Use, LEED-EB, DGNB- mevcut binalar ısı konfor ölçütleri karşılaştırması	52
Çizelge 3.2. BREEAM-In Use, LEED-EB, DGNB- mevcut binalar enerji verimliliği ölçütleri karşılaştırması	52
Çizelge 3.3. Ortak kullanılan BEM yazılım araçları ve amaçları	67
Çizelge 3.4. Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı	74
Çizelge 3.5. Revit Architecture yazılımında oluşturulan sanal modelin potansiyel yenilebilir enerji kullanım miktarları	74
Çizelge 4.1. İllerin çeşitli yöntemlere göre hazırlanmış iklim sınıflandırmaları 1/2	81
Çizelge 4.2. İllerin çeşitli yöntemlere göre hazırlanmış iklim sınıflandırmaları 2/2	82
Çizelge 4.3. Ankara ili iklimsel veriler tablosu.....	82
Çizelge 4.4. Mevcut yapının yönlere göre saydamlık oranları	83
Çizelge 4.5. Atmosfere açık duvar yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri.....	84
Çizelge 4.6. Çatı yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri	85
Çizelge 4.7. Toprağa oturan döşeme yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri.....	85
Çizelge 4.8. Cephe açıklıkları simülasyonu yapılan iyileştirme önerileri	87

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Farklı ticari sektörlerde dünya çapında enerji tüketimi	1
Şekil 2.1. Mark Bew ve Mervyn Richards'ın BIM olgunluk modeli	13
Şekil 2.2. BIM ve parametrik modelleme yöntemi arasındaki ilişki	17
Şekil 2.3. Çok boyutlu BIM.....	20
Şekil 2.4. (A) Destek yazılım ile işleyen tasarım süreci (B) BIM sistemleri ile işleyen tasarım süreci	22
Şekil 2.5. Revit programına eklenen Sefaira uzantısı ile enerji ve gün ışığı analizi.....	27
Şekil 2.6. LOD tanımları.....	28
Şekil 2.7. IPD model proje süreç ve akım şeması.....	29
Şekil 2.8. Geleneksel yaklaşımda tasarım süreci	30
Şekil 2.9. Geleneksel yaklaşımda tasarım süreci	30
Şekil 2.10 CAD ile BIM yaklaşımları farklılığını gösteren MacLeamy eğrisi.....	31
Şekil 2.11 Yeşil projelerin BIM destekli yaşam döngüleri.....	31
Şekil 2.12. ABD’de 2007’den 2012’ye BIM’in kullanım eğilimi	36
Şekil 2.13. CAD-BIM tabanlı sistemlerinin grafiksel temsili.....	38
Şekil 2.14. IFC Dosyalarının tasarım sürecinde rolü	42
Şekil 2.15. Revitte dosyanın IFC formatında kaydedilmesi	42
Şekil 3.1. Bina tiplerinin enerji kullanım yüzdeleri	48
Şekil 3.2. BEP-TR arayüzü.....	51
Şekil 3.3. Revit Credit Manager for LEED ile sertifikasyon sistemi için enerji analizi.....	53
Şekil 3.4. Müdahalelerin aralığı.....	55
Şekil 3.5. Binanın BIM oluşturma ve yaşam döngüsü.....	55
Şekil 3.6. Sürdürülebilirlik analizleri için ana BIM fonksiyonları	58

Şekil	Sayfa
Şekil 3.7. Enerji tasarrufu ile çeşitli koruma önlemlerinin maliyeti arasındaki ilişki.....	59
Şekil 3.8. Termal simülasyon araçlarında enerji performansı için ideal iş akışı	62
Şekil 3.9. Revit architecture proje kuzeyi-gerçek kuzey belirleme	65
Şekil 3.10. Revit Architecture programında LEED kredilendirmesi için için gün ışığı analizi	66
Şekil 3.11. Geliştirilmiş eklenti aracılığıyla BIM modelini gbXML formatında Ecotect'e aktarmanın anlık görüntüsü	69
Şekil 3.12. Autodesk bütün bina enerji analizi	72
Şekil 3.13. Kolaylaştırılmış parametrik modelleme, BIM ve bina enerji modellemesi	73
Şekil 4.1. Isı kaybeden alanların % oranları	83
Şekil 4.2. Mevcut yapıya dış duvar ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine etkileri	84
Şekil 4.3. Mevcut yapıya tavanda ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine etkileri	85
Şekil 4.4. Mevcut yapıya toprağa oturan döşeme üzerine ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine etkileri	86
Şekil 4.5. Tek katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma yüklerine etkileri	88
Şekil 4.6. Çift katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri	88
Şekil 4.7. Üç katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri	89
Şekil 4.8. İyileştirme alternatiflerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri	90

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Binanın hava fotoğrafı	78
Resim 4.2. Binanın mevcut durum fotoğrafı-1	79
Resim 4.3. Binanın mevcut durum fotoğrafı-2	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

cm	Santimetre
CO²	Karbondiyoksit
Low-E	Düşük emissivite
m	metre
m²	Metrekare
R değeri	Isıl iletkenlik direnci
U değeri	Isıl iletkenlik katsayısı
SHGC değeri	Güneş ısı kazanç katsayısı

Kısaltmalar

Açıklamalar

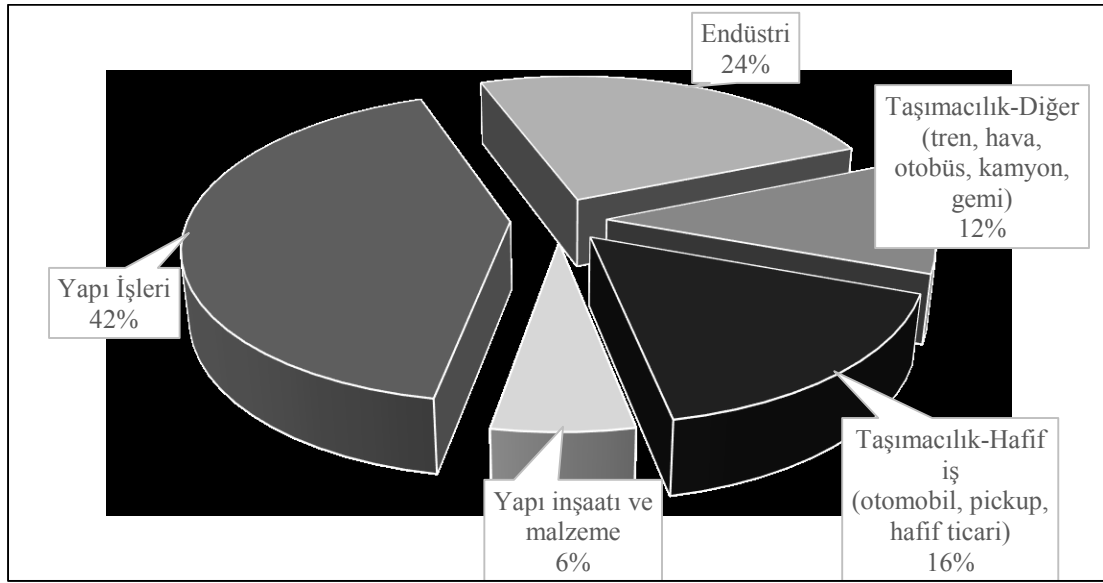
AB	Avrupa Birliği
AEC	Architecture-Engineering-Construction Mimarlık-Mühendislik-İnşaat
AIA	American Institute of Architects- Amerikan Mimarlar Enstitüsü
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers
BEP-TR	Bina Enerji Performansı –TR
BEM	Bina Enerji Modeli
BIM	Building Information Modeling-Yapı Bilgi Sistemi
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım-Computer Aided Design
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CIFE	Center for Integrated Facilities Engineering
COBie	İnşaat Operasyon Binası Bilgi Değişimi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

DNGB	Deutsche Gesellschaft Für Nachhaltiges Bauen
DOE	Department of Energy
FM	Tesis Yönetimi
GBS	Green Building Studio
GREEN STAR	Yeşil Yıldız
gbXML	Green Building Extensible Markup Language
HVAC	Heating, Ventilating, Air-Conditioning (Isıtma, soğutma, havalandırma)
IECC	Uluslararası Enerji Koruma Kodu
IFC	Industry Foundation Classes- Endüstri Temel Sınıfları
IPD	Integrated Project Delivery- Bütünleşik Proje Teslimi
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LBNL	Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı
LOD	Level of Development- Endüstri Temel Sınıfları
MEC	Model Enerji Kodu
MEP	Mechanical Electrical Plumbing
TS 825	TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standard
PV	Fotovoltaik Panel
RES	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USGBC	Yeşil Bina Konseyi
WGBC	Dünya Yeşil Bina Konseyi
XPS	Extrüde Polistren Köpük
2D	İki Boyutlu Çizim
3D	Üç Boyutlu Çizim (Mevcut durum modelleri)
4D	Dört Boyutlu Çizim (İş programı)
5D	Beş Boyutlu Çizim (Maliyet analizi)
6D	Altı Boyutlu Çizim (Sürdürülebilirlik)
7D	Yedi Boyutlu Çizim (Tesis Yönetim

1. GİRİŞ

Endüstri devriminin hızla gelişmesiyle beraber yoğun nüfus artışına cevap vermek için yüksek enerji tüketen yerleşkeler ortaya çıkmıştır. Binalar yapı yaşam döngüsü boyunca kullanıcı gereksinimlerinden ötürü fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır (Şekil 1.1). Enerji tüketimi beraberinde çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir.



Şekil 1.1. Farklı ticari sektörlerde dünya çapında enerji tüketimi (İnternet-5)

Günümüzde sürdürülebilir mimarlık adına yeşil bina kavramı bir adım ileri götürülmüş, sıfır karbon ve sıfır enerji yapılar tartışılmaktadır. Bugünün teknolojisiyle ideal bir durum olarak gösterilen karbon salınımı sıfır ya da ihtiyacı olan tüm enerjiyi kendi üreten yapılar İngiltere’de devlet politikası hedefi haline gelmiştir. RIBA Sürdürülebilirlik Komitesi başkanı Bill Gething’in belirttiğine göre sıfır karbon yapı; 2013’de tüm kamu finansmanlı konutlar, 2016’da tüm yeni ev ve okullar, 2018’de tüm kamu binaları, 2050’de tüm mevcut yapılar için şart koşulacaktır (Gething, 2009). Sıfır karbon yapılar yaşam döngüsü boyunca kendi enerjilerini üretmekte ve karbon salınımı yaratmamaktadır.

Ülkeler mevcut ve yeni yapılacak yapıların çevre dostu, enerji kaynaklarını etkin ve verimli kullanabilen yapılar haline dönüşmesi için uyulması zorunlu standartlar geliştirmektedirler. Zorunlu standartların yanı sıra bu standartlar çerçevesinde geliştirilen ve gönüllü başvuru alan yeşil bina sertifikasyon sistemleri ile de yapıların ne kadar sürdürülebilir olduğu

ölçülmektedir. Dünyada en çok tercih edilen BREEAM, LEED, CASBEE ve GREEN STAR yeşil bina sertifikalarıdır.

Kar amacı gütmeyen bir kuruluş olan Yeşil Bina Konseyi USGBC (<http://www.usgbc.org>) sürdürülebilir yapı uygulamalarını tanımlamaya ve desteklemeye yardımcı olmak amacıyla 1993 yılında Amerika’da kurulmuştur. Sürdürülebilir yapılar tasarlanması için standartlar geliştiren bu grup gönüllü sertifikasyon sistemleri ile binaları kredilendirmekte ve Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design- LEED) sertifikası vermektedir. Sertifika arazi kullanımı, iç mekân kalitesi, suyun kullanımı, malzeme kullanımı, enerji olmak üzere beş ana kategoriden oluşmaktadır. Başvuru yapan yapılar bu kategorilere göre puan toplamakta ve aldığı sertifikayla yeşil bina olduğunu kanıtlamaktadır. Kuruluş sektörde kendini ticari bir isim olarak kanıtlamıştır.

İngiltere’de 1926 yılında devlet tarafından kurulan Bina Araştırma Enstitüsü 1997 yılında özelleştirilmiş ve kar amacı gütmeyen bağımsız bir kuruluştur. 1990 yılında oluşturulan Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu (BREEAM Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sertifikasyon sistemlerinin ilkidir.

Avustralya’da 2002 yılında kullanılmaya başlayan GREEN STAR (Yeşil Yıldız), 2004 yılında Japonya’da kullanılmaya başlanılan Yapılı Çevrenin Etkinliğine Yönelik Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (CASBEE-Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) de WGBC (Dünya Yeşil Bina Konseyi) üyesi ülkelerin büyük oranda tercih ettiği sertifikasyon sistemleri arasında yer almaktadır.

Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 1984 yılında sürdürülebilir standartlar üretmek için kurulmuştur. Derneğin amacı üyelere teknik bilgi desteği sağlamak, AR-GE çalışmaları yapmak, sektöre öncülük eden standartları oluşturmaktır. Bu standartlar yeşil bina sertifikasyonlarına referans olmaktadır. ASHRAE 90.1 standardı yapılar için enerji standartları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bina Enerji Performans Direktifi’nde (EPBD-Recast 2010) yapıların enerji performansının hesaplanması, yeni ve mevcut yapılar için minimum gereksinimlerin belirlenmesi, sıfır enerjili bina hedefleri, finansal teşvikler ve piyasa engelleri gibi konularla birlikte odaklandığı bir diğer temel nokta enerji performansı sertifikalarıdır. Direktife göre üye ülkeler, en fazla 10 yıl geçerli binaların enerji performansı sertifikasyonu için bir sistem

uygulamalıdır. Sistemde enerji etkinliği, çevresel etki olmak üzere iki farklı alanda sertifikasyon verilmektedir.

Türkiye’de binalarda enerji verimliliği ile ilgili olarak; 2000 yılında yürürlüğe giren ve Türk Stardartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardı uygulaması zorunlu olarak yürürlüğe girmiştir. TS 825’ in amacı, enerji tasarrufunu arttırmak için binaların ısıtılması için kullanılan enerji miktarını sınırlamak ve enerji ihtiyacının hesabı için kullanılan standart hesap metodu ve değeri belirlenmektedir. Ayrıca bu standart, yeni yapılacak binalar için ideal enerji performansını sağlayan tasarım seçeneğini belirlemek, mevcut yapıların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, mevcut yapılara yenilenmeden önce uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek gibi amaçlar için de kullanılır. Bu standarta göre, binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, içsel ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi olarak verilmiştir. Bu standartta belirtilen hesap metodunda, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile içsel ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır (TS 825, 2008).

05.12.2008 tarihli ve 27075 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yeni ve mevcut yapılarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, enerji israfının önlenmesi ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasların düzenlenmesi amacıyla AB’nin 2002/91/EC sayılı “Binaların Enerji Performansı Direktifi” temel alınarak hazırlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP Yönetmeliği) yayımlandığı tarihten bir yıl sonra olan 2009 yılında yürürlüğe girmiştir. 09.10.2008 tarihli ve 27019 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği’ni yürürlükten kaldıran söz konusu Yönetmelik, 2010 ve 2011 yıllarında yapılan değışikliklerle ciddi revizyona tabi tutulmuştur. Yürürlüğe giriş tarihi itibarıyla yeni yapılacak binaların yanı sıra mevcut yapılar da yönetmelik kapsamına dâhil edilmiştir. BEP Yönetmeliği ile binalarda ısıtmanın dışında soğutma havalandırma, aydınlatma ve sıcak su temini gibi enerji kullanım alanları ve sistemlerinin verimlilikleri de dikkate alınmaya başlanmıştır. Enerji kimlik belgesinde genel olarak, binanın enerji ihtiyacı, ısıtma, soğutma, iklimlendirme, havalandırma ve aydınlatma sistemleri için kullanılan enerji miktarı ve bu sistemlerin özellikleri ile ilgili bilgiler, binanın kullanımı ve mimarisiyle ilgili

genel bilgiler ile binanın birincil enerji tüketimine göre ve nihai enerji tüketimine göre 2 salımı sınıfının A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması ve binanın yenilenebilir enerji kullanım oranı gösterilir. Enerji kimlik belgesi, BEP-TR kullanılarak düzenlenir. Enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlara BEP-TR' ye erişim yetkisi verilir ve bu kuruluşlar ve bu kuruluşların çalışanları BEP-TR kullanarak enerji kimlik belgesi düzenleyebilmektedirler. Enerji kimlik belgesi düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008).

Bilgisayar destekli yazılım araçları yapı sektöründe proje tasarım ve üretim sürecinde tasarımcılara ve işverenlere büyük kolaylıklar sağlayarak sektörün vazgeçilmezleri arasında yer almaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte yapı sektörü paralel gelişim göstermiştir. Geçmiş dönemlerde elle yapılan tasarımlar süreç, koordinasyon, zaman, verimlilik gibi birçok etkeni sektöre uğrattırırken modern yazılım araçlarıyla birlikte mimar-mühendis tasarımdan yapım sürecine kadar olan bütün evreleri kontrol edebilmekte, disiplinler arası koordinasyonu neredeyse hatasız sağlayabilme ve yazılımların sağladığı analizlerle birlikte enerji etkin bina tasarımına katkı sağlayabilmektedir.

Araştırmanın amacı

Yapı Bilgi Sistemleri (BIM) sayesinde tasarım aşamasında ve daha sonra girilen tüm veriler saklanmakta ve böylece bu bilgiler sadece tasarımcı tarafından değil, yüklenici ya da bina sahibi tarafından da kullanılabilir. Bu çalışmada BIM sistemlerinin sağladığı faydalar araştırılarak mevcut yapılar özelinde tasarım-üretim-kullanım süreçlerine yansımaları değerlendirilecektir.

Tez çalışması için neden mevcut bir ofis yapısı seçildi?

Ofis yapılarının diğer yapılara oranla kullanıcı sayısı, gün içerisinde ihtiyaç duyulan enerji-tüketilen enerji miktarı, atık oluşumu daha fazladır. Ofis çalışanlarının iş verimliliğinin üst seviyelerde olması ve düşmemesi için kullanıcı konforunun enerji verimliliğinin optimizasyonu ile birlikte düşünülerek sağlanması gerekmektedir. Ülkemizde mevcut yapılar enerji korunumu bakımından standart ve yönetmeliklerin sınır değerlerini

karşılayamamaktadır. Bu yüzden mevcut yapıların enerjiyi etkin ve verimli kullanan yapılar haline dönüşmesi için performans analizlerinin yapılması önemlidir.

Araştırmanın önemi

Tasarım-üretim sürecinde meydana gelebilecek disiplinler arası koordinasyon, zaman, emek, üretim de ortaya çıkan problemler vb. sorunları önceden görme yetisi veren BIM sistemlerinin mevcut yapılarda kullanımı, potansiyeli, ülkemiz ve dünya standartları ile sertifika sistemlerindeki yerinin incelenmesi daha başarılı çözümler elde edilmesine katkıda bulunabilecektir.

Sınırlılıklar

Tez kapsamında yapı bilgi sistemlerinin yalnızca sürdürülebilir yapı tasarımı üzerinden enerji analizi değerlendirilmiştir. Yapı bilgi sistemi yazılımlarından yalnızca Autodesk Revit Architecture programı kullanılmış ve bina tipi olarak Türkiye’de az katlı mevcut bir ofis yapısı seçilmiştir.

Kapsam

Tez beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş yapılarak diğer bölümler tanıtılmış ve yurt içi yurt dışı literatür taraması yapılmıştır. İkinci bölümde BIM kavramına giriş yapılmış, yapı bilgi sistemlerinin genel özellikleri anlatılmıştır. Yine bu bölümde yapı bilgi sistemlerinde süreç yönetimi ve kullanım alanlarına değinilmiş, yapı bilgi sistemlerinin günümüz inşaat sektöründeki bugünkü yeri ve gelecekteki potansiyeli değerlendirilmiştir. BIM sistemlerinin faydaları irdelenerek geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması yapılmış ve Türkiye’de kullanılan yapı bilgi sistemlerinden en çok kullanılan üç tanesi seçilmiş ve kısaca anlatılmıştır. Üçüncü bölümde yapı bilgi sistemleri mevcut yapılarda sürdürülebilirlik kapsamında incelenmiştir. Dördüncü bölümde Ankara’da bulunan mevcut bir ofis yapısıyla ilgili veriler toplanmış ve seçilen Revit Architecture yazılım aracı ile modellenerek enerji performans analizleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu kullanıcı konforu standartlarına göre binada enerji performansını artırmaya yönelik revizyonlar yapılmış, yeni analizler mevcut durum analizleri ile karşılaştırılarak enerji kazanımları irdelenmiş,

analizlerden elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler yapılmıştır. Beşinci bölüm olan sonuç bölümünde tez çalışmasında elde edilen veriler ışığında yapı bilgi sistemlerinin tasarım aşaması ve uygulama sonrası süreçlerde enerji etkin yapı tasarımında kullanım potansiyeli ve yapılması gerekenler tartışılmıştır.

Yöntem

Dünya genelinde en çok tercih edilen yapı bilgi sistemi yazılım araçlarından Autodesk Revit Architecture/ programı ile Ankara’da enerji korunumuna ilişkin standart ve yönetmeliklerin sınır değerlerini sağlayamayan mevcut bir ofis yapısı üzerinden çevresel analizler yapılarak değerlendirilmiştir.

Alan taraması

Bu bölümde Yapı Bilgi Sistemiyle ilgili daha önce yapılmış benzer çalışmalar incelenmektedir. Bölüm sonunda tezin diğer çalışmalarla karşılaştırılması yapılarak, benzerlikleri, farklılıkları, getirdiği yeniliklere değinilmiş ve çalışmanın akademik literatüre olan katkısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2008 yılında Eddy Krygiel ve Bradley Nies tarafından yayınlanan ‘Green BIM Succesful Sustainable Design with Building Information Modeling’ adlı kitapta Kitapta, BIM sistemlerinin işleyişiyle ilgili detaylı bilgilendirme yapılmış, geleneksel yöntemle gerçekleştirilen tasarım süreci ile BIM sistemlerinde süreç karşılaştırması, entegre tasarım ekibinin önemine değinilmiş, geleneksel yöntemde ve BIM sistemlerinde ekip çalışma metodu, sürdürülebilir çözüm için metodoloji, sürdürülebilir BIM, sürdürülebilir tasarım ve BIM’in geleceği başlığıyla entegre tasarım için BIM yazılım araçlarının önemi ve sağladığı faydalar üzerinde durulmuş ve BIM sistemleri ile tasarlanmış ve uygulanmış yapı örnekleri verilmiştir (Krygiel ve Nies, 2008).

2009 yılında Yıldız Teknik niversitesi’nde Resul Ekrem zge tarafından ‘‘Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri’’ adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tez kapsamında yapı bilgi sisteminin özellikleri incelenmiş, yapı bilgi sistemi model araçlarıyla yapılan yurt dışı örneklerinden bahsedilmiştir. Yapı bilgi sistemi yazılım araçlarının ülkemizde kullanımına da değinilmiştir (zge, 2009).

2010 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Haluk Özcan tarafından “Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri” adlı yüksek lisans tez çalışması hazırlanmıştır. Tezde bilgisayar destekli tasarım gelişim aşamaları, yapı bilgi sistemlerinin özellikleri, yazılım araçları incelenmiştir. Yurt dışında yapılan BIM anket sonuçları değerlendirilmiş, mimarlık yüksek lisans öğrencilerine anket yapılmış ve BIM sistemlerinin mimarlık pratiğinde kullanılabilirliği tespit edilmeye çalışılmıştır (Özcan, 2010).

2011 yılında Delf Teknoloji Üniversitesi'nde Manasi Jadhav tarafından “Better Building Through Dijital Architecture” adlı yüksek lisans tez çalışması hazırlanmıştır. BIM'in amaçları ve kullanımı, proje yöneticisinin sisteme sağladığı katkılar, bina yaşam döngüsü içerisinde BIM'in yeri, çevresel analizler yapılan iki vaka çalışmasıyla değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda BIM sistemlerinin sağladığı birlikte çalışılabilirlik, hata tespiti, proje yöneticisi, tutarlı veri gibi faydaların proje yönetim sürecine sağladığı katkılar vurgulanmıştır (Jadhav, 2011).

2011 yılında Robert S. Weygant tarafından ‘BIM Content Development Standards, Strategies, and Best Practices’ adlı kitap yayınlanmıştır. Mimarlık, mühendislik, yapı sektöründe bulunan profesyonel tasarımcıların faydasına sunulan kitapta CAD-BIM arasındaki farklılıkları tanımlarken CAD sistemlerini BIM sistemlerinin tabanı olarak görmekte, parametrik objelerin tasarım sürecindeki önemi, parametrik objelerle oluşturulan metraj tablolarına ulaşım kolaylığı, BIM sistemlerindeki detay seviyeleri (LOD), BIM materyallerinin önemi ve amacı, CAD detay çizimlerinin oluşturulma süreci, bilginin yönetimi, kalite kontrolü, BIM İçerik Tipleri başlığıyla yapı elemanlarının (duvar, çatı, zemin, tavan), aydınlatma, mekanik-elektrik tesisat bileşenlerinin parametrik özellikleri Revit Architecture programı üzerinden örnekler verilerek açıklanmıştır (Weygant, 2011).

2011 yılında Worchester Polytechnic Enstitüsü'nde Mehmet Hergünel tarafından “Benefits Of Building Information Modeling For Construction Managers And BIM Based Scheduling” adlı yüksek lisans tez çalışması hazırlanmıştır. BIM'in kullanım alanları ve yararlarını belirlemek amacıyla bir yapı BIM yazılım araçlarıyla modellenerek, birlikte çalışılabilirlik, hata tespit analizleri yapılmış ve BIM yazılım araçlarının inşaat yöneticilerine sağladığı faydaları değerlendirilmiştir (Hergünel, 2011).

2012 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Durmuş Akkaya tarafından “İnşaat sektöründe (BIM) hakkında inceleme” adlı yüksek lisans çalışması yayınlanmıştır. Tezin amaçları; Türk inşaat sektöründe kullanım alanı ve yaygınlığını tespit etmek ve sistemin geliştirilerek, kaynak taramasında karşılaşılmamış olduğundan dolayı daha önce uygulaması yapılmadığı düşünülen beton atığı azaltma için kullanılır hale getirmektir. Beton atığı engelleme ve azaltma analizi BIM yazılımı olan Allplan programı aracılığıyla yapılmış, anket uygulamaları ile de desteklenmiştir. Anket sonuçlarına göre BIM sistemini kullanan ve fiili olarak henüz kullanmayan şirketler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir (Akkaya,2012).

2014 yılında Richard Garber tarafından ‘BIM Design Realising the Creative Potential of Building Information Modelling’ adlı kitap yayınlanmıştır. Kitap sekiz bölümden oluşmaktadır. Bölümlerde yapı bilgi sistemiyle tasarlanıp uygulanan örnek yapıların tasarım aşamasında gerçekleştirilen yapısal analiz, çevresel analiz, kabuk tasarımı, gün ışığı analizleri, farklı tasarım alternatifleri üretebilme, organik yapı tasarımına sağladığı kolaylıklar gibi birçok faydasına değinilmektedir (Garber,2014).

2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Orman Nobahar Sadeghifam tarafından “Mimarlıkta Sürdürülebilirlik ve Enerji Korunumu” adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Araştırmanın amacı, konfor seviyesi için konut binalarında enerji kullanımının analizi ve en uygun seviyeye getirilme şartlarının belirlenmesidir. Çalışma kapsamında sürdürülebilirlik, enerji korunumu, üzerine kavramlar tanımlanmış, Autodesk Revit ve Etech programları kullanılarak mevcut bir konut yapısı analiz edilmiştir. Sonuç olarak örnek olarak seçilen binanın plan ve cephelerinde değişiklik yapılmaksızın sadece pencere ve duvar malzemeleri farklılıklar yapılarak enerji tasarrufunun sağlanabileceği sonucuna varılır (Nobahar, 2014).

2014 yılında Karen M. Kansek ve Douglas E. Noble tarafından ‘Building Information Modeling: BIM in Current and Future’ adlı kitap yayınlanmıştır. Kitapta akıllı bina ve tasarımcıları, BIM’in geleceğinde kavramsal modellemenin gerekliliği, mimari modelin anlamı, parametrik model, mimari tasarımda simülasyonlar, simülasyonla birlikte değişen tasarım değerleri, konsept tasarımda enerji modeli, BIM için otomatik enerji performans görselleştirmeleri, kentsel enerji bilgi modeli, erken tasarım evresinde BIM sistemlerinin faydaları, BIM seviyeleri, geleneksel çizim sürecinden BIM sistemlerine geçiş süreci, BIM-Materyal ilişkisi, bileşen tabanlı BIM, BIM Ekosistemi, BIM’in amaçları kapsamında

materyal ve fabrikasyon, yeşil sertifikaların amaçları, birlikte çalışılabilirlik, iş akışı, profesyonel BIM, sonraki jenerasyon bina bilgi modellemesinde form, fonksiyon ve bina kullanımı, küçük binalar için büyük bilgiler başlıklarına yer verilmiştir (Kansek ve Noble, 2014).

2015 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Mustafa Onur Savaşkan tarafından “Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin BIM Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli” adlı yüksek lisans tezi yapılmıştır. Tez kapsamında önerilen modelle enerji verimliliği yüksek konut binaları için önceden hazırlanmış, uyarlanabilir prototip BIM modellerinin geliştirilmesini, açık kaynak sistem altyapısının oluşturulmasını ve sınırlanmış örnek olay çalışmaları ile BIM tabanlı açık kaynak sistemlerinin potansiyellerinin değerlendirilmesini içermektedir. Sonuç olarak ülkemizdeki yapı sektöründe geleneksel yöntemlerle işlenen süreç, önerilen modelle birçok problemi de çözebileceği vurgulanmıştır (Savaşkan, 2015).

2015 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Tahir Akkoyunlu tarafından “Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi” adlı doktora tez çalışması yayınlanmıştır. Tez kapsamında BIM ve özellikleri, dünyada BIM örnekleri, standartları irdelenmiş, dünyada geneli büyük kentsel dönüşüm projeleri ve uygulama safhası incelenerek BIM yazılım araçları ve standartları ile çevreye verilen zararları minimum seviyeye indirebilmek için sorunlar ve çözüm önerileri sunulmuştur. (Akkoyunlu, 2015).

2015 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde Onur Özkoç tarafından “Mimarlık Mesleğinin Değişen Roller: Uygulamada Bina Bilgi Modellemesi” adlı doktora tez çalışması hazırlanmıştır. Bu tez, binaların tasarımı ve inşaatını içeren karmaşık süreçte mimarların üstlendiği roller üzerine bir araştırmadır. Tezde Türkiye’de değişmekte olan Mimarlık Mühendislik-İnşaat sektöründeki değişimler incelenmiş ve bu değişimler yeni bir yapı üretim biçimi olduğu iddiasıyla tanımlanan Yapı Bilgi Sistemi (BIM) çerçevesinde yorumlanmıştır. Yapı Bilgi Sistemi uygulamalarını güncel inşaat bağlamının bir yansıması olarak ele alarak, yapıların üretilme biçimlerindeki farklılıkların mesleki roller üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir (Özkoç, 2015)

2016 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde İmge Kıvırcık tarafından “İnşaat Proje Yönetimi Aşamalarında Kullanımı Üzerine Bir İnceleme” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Tez çalışması kapsamında, proje yönetiminin bütün aşamalarında BIM teknolojisinin nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceği, BIM kullanımının proje yönetimi alanlarına katkısı ve Türk inşaat sektöründe BIM kullanımının yaygınlaşmamış olmasının nedenleri incelenmiştir (Kıvırcık, 2016).

2016 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Gülşah Dilsizoğlu Özperçin tarafından “Bütünleşik Proje Teslim Metodu ile Birlikte Sürdürülebilir Mimari ve Uygulamalarına Katkısı” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Sürdürülebilir tasarım ve uygulamalarında IPD-BIM tabanlı proje yönetimi için kapsamlı bir kaynak olmak amacıyla Manhattan'da yer alan, 32. cadde Marriott Hotel Projesi geleneksel proje teslim metodların verimliliği ile Bütünleşik Proje Yönetimi Metodu'nun (IPD) tek bir örnekte karşılaştırılmasına imkân sağlaması nedeniyle örnek proje olarak ele alınmıştır (Dilsizoğlu, 2016).

2016 yılında Beykent Üniversitesi'nde Gürhan Köse tarafından “Türk İnşaat Sektörü İçin Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı” adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. Tez kapsamında BIM sistemlerinin özellikleri, kullanım alanları, uygulama örnekleri verilerek Türkiye’de BIM uygulama planları ana başlığı altında mevcut durum ve BIM projelerinde karşılaşılabilecek senaryolar doğrultusunda çözümler üretilmiştir. Çalışma kişi ve kurumlara yapılan anketle desteklenmiştir. (Köse, 2016).

2016 yılında Beykent Üniversitesi'nde Gözde Kartoğlu tarafından “İşlemsel Bir Tasarım Modeli Olarak Yapı Bilgi Sistemleri adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. Tez çalışmasında öncelikle işlemsel düşüncenin mimarlığa entegre oluşu ile geleneksel yöntemden farklılaşan tasarım süreçleri üzerinde durulmuştur. Sonraki bölümde yapı endüstrisinde sektöründe BIM ile yaşanan değişim, BIM'in yapı üretim ortamına katkıları ve CAD sistemlerinden sonra değişen süreçler kapsamında ifade edilmiştir. Sonuç olarak, günümüzdeki dijital teknoloji olanaklarının dönüştürdüğü yapı üretim ortamında BIM'in gelişim potansiyelinin araştırılması amaçlanmış ve işlemsel yaklaşımın farklı yönlerden BIM'e katkıları değerlendirilmiştir. Tez kapsamında, işlemsel düşünce pratiklerinin, bilgi yığınlarını yönetmede tasarımcının karşısına kaçınılmaz bir gereklilik olarak çıkacağı öne

sürülmekte ve çalışmanın bu alanda gelecek araştırmalar için zemin oluşturması amaçlanmaktadır (Kartoğlu,2016).

2016 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi’nde Bilge Gerçek tarafından “İnşaat Firmalarının Bina Projeleri İçin Yapı Bilgi Modelleme Sistemleri Uygulama Süreci” adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. İnşaat aşamasında BIM uygulaması yapmayı planlayan firmalara yardımcı olmak amacıyla hazırlanan tezde Türkiye’de faaliyet gösteren büyük bir inşaat firmasında metraj ve maliyet tahmini alanında kullanılan BIM uygulamaları vaka çalışması olarak sunulmuş ve Türk yapı sektöründe BIM uygulamalarına ilişkin zorluklar tartışılmıştır (Gerçek, 2016).

2017 yılında Beykent Üniversitesi’nde Sabahat Kaya tarafından “ Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatında Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin Uygulanması Üzerine Bir Araştırma” adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. Çalışmada atıksu arıtma tesislerinde kullanılan CAD ve GIS yazılımları yerine kullanılacak BIM yazılım araçlarının katkılarını saptamak için İstanbul’da mevcut bir arıtma tesisi incelenerek sorunlar saptanmış ve BIM yazılım araçları ile çözümü üzerinde durulmuştur. Çalışma kapsamında yapılan anketle BIM sistemlerini kullanan ve kullanmayan firmalar arasındaki farklılıklar saptanmaya çalışılmıştır (Kaya, 2017).

2017 yılında Beykent Üniversitesi’nde Fatih Yöndem tarafından “Kamu Yapım İşİ İhalelerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin İle İhale Öncesinde Belirlenmesi” adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. Çalışmada, kamu yapım ihaleleri kapsamında yapılan ihalelerde, projelerden kaynaklanan anlaşmazlıkları minimuma indirmek için kamu projelerinde BIM kullanımının avantajlarını ortaya koymak amacıyla Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından kontrollüğü yapılan üç proje BIM ile modellenerek uygulama aşamasında karşılaşılan anlaşmazlıkların ve/veya problemlerin tasarım aşamasında çözülüp çözülmeceği araştırılmıştır (Yöndem, 2017).

2017 yılında İstanbul Kültür Üniversitesi’nde Fahriye Gözde Çuhadar tarafından “Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme: ‘G Villa’ Konut Projesi” adlı yüksek lisans çalışması hazırlanmıştır. Çalışmada bilgisayar destekli programlardaki tasarım aşamasında görülen eksikliklerin tespit edilmesi ve BIM’in sağladığı faydaları saptamak amacıyla örnek

bir villa projesi Revit Architecture programında mimari, statik, mekanik ve elektrik projeleri hazırlanmış BIM yazılımlarının proje sürecine katkıları irdelenmektedir (Çuhadar, 2017).

Alan taramasının değerdendirmesi

Yapılan çalışmalar incelendiğinde 1990'ların başında yurt dışında çalışmaları yapılan BIM kavramı ülkemizde akademik yayınlarda 2009'larda yer alabilmektedir. Yurt dışı çalışmalarda standartlar, örnek çalışmalar, tasarım, inşaat, sürdürülebilirlik alanlarında birçok çalışma yapılmıştır. Türkiye'de yapılan çalışmalarda BIM sistemleri mimarlık pratiğinde, inşaat sektöründe, tasarım sürecinde, sürdürülebilirlik çerçevesinde incelenmiştir. Bu çalışmalarda vaka olarak kentsel dönüşüm projeleri, yeni tasarım ve mevcut konut yapılarında BIM sistemlerinin sürdürülebilir mimarlığa katkıları değerdendirilmiştir.

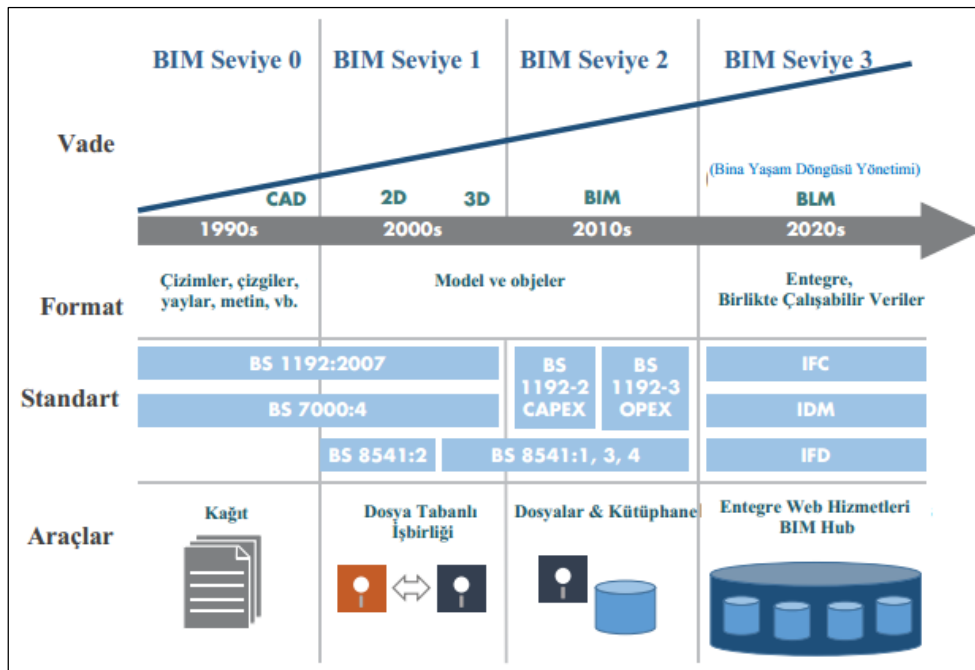
Bu çalışmanın literatüre katkısı

Tasarım-üretim sürecinde meydana gelebilecek disiplinler arası koordinasyon, zaman, emek, üretim açısından ortaya çıkan problemler vb. sorunları önceden görme yetisi veren BIM sistemleri yeşil ofis tasarım, yapım aşamalarında kullanımı, potansiyeli, sertifika sistemlerindeki yerinin incelenmesi daha başarılı çözümler elde edilmesine katkıda bulunabilecektir.

2. YAPI BİLGİ SİSTEMİ (BIM)

BIM'in genellikle yapıyı çevre ile ilgili grafik ve topikal bilgilerin, erişim ve yönetim için ilişkisel bir veritabanında depolanmasını sağlayan bir teknoloji anlamına gelen 'Yapı Bilgi Sistemi' ya da 'Yapı Bilgi Modellemesi'nin kısaltması olduğunu düşünüldüğü gibi, koleksiyon, organizasyon, bir binada bulunan atfedilen verilerin analizi ve dağıtımı projesi (Weygant, 2011) anlamına gelen 'Yapı Bilgi Yönetimi'nin kısaltması olduğu da düşünülmektedir. Tez kapsamında Yapı Bilgi Sistemi (BIM) şeklinde kullanılacaktır.

1980'lerin başında mimarlar CAD (mputer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) temelli bilgisayarlar kullanmaya başlamışlardır. Birkaç yıl içerisinde yüksek oranda yapı dokümanı ve uygulama projeleriyle elle çizimden bilgisayar çıktılarına geçiş sağlanmıştır, basit grafikler yardımıyla yapı hakkındaki çeşitli bilgiler ilişkilendirilmiştir. Örneğin bir katmandaki dikdörtgenin, beton bir kolonu temsil etmesi başka bir katmanda zemindeki döşeme kaplamasının temsilini ifade edebilmektedir. Bu çizimlerin kaydedildiği elektronik dosya formatları yapıyla ilgili bilgilerin saklanması yanında direkt olarak çıktı almaya da olanak sağlamaktadır. Bilgisayar destekli tasarım araçları BIM sistemlerinin tabanını oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Mark Bew ve Mervyn Richards'ın BIM olgunluk modeli (Eastman ve diğerleri, 2011: 15)

Seviye 0 BIM

Bu seviye yönetilmeyen CAD olarak tanımlanmıştır. Geleneksel kâğıt çizimleri ya da bazı durumlarda, temel varlık bilgisini kapsayan temel olarak ayrı bilgi kaynakları olan PDF aracılığıyla dijital olarak paylaşılan bilgiyle birlikte, 2D verilerdir. Endüstrinin çoğunluğu şu anda bunun çok önündedir modeli (Eastman ve diğerleri, 2011: 16).

Seviye 1 BIM

Bu, birçok şirketin şu anda çalıştığı düzeydir.

Bu tipik olarak konsept çalışması için 3D CAD ve yasal onay belgelerinin ve Üretim Bilgilerinin hazırlanması için 2D'nin bir karışımını içerir. Verilerin elektronik paylaşımı genellikle yüklenici tarafından yönetilen ortak bir veri ortamından (CDE) yürütülmektedir. Modeller proje ekibi üyeleri arasında paylaşılmaz (Eastman ve diğerleri, 2011: 16).

Seviye 2 BIM

Tüm disiplinler kendi 3D modellerini kullanır, ancak tek bir paylaşılan model üzerinde çalışmazlar. Tasarım bilgileri, ortak bir dosya biçiminde paylaşılır; bu, herhangi bir kuruluşun, birleşik BIM modeli oluşturmak için bu verileri kendi başlarına birleştirmesini ve sorgulama kontrollerini gerçekleştirmesini sağlar. Bu nedenle, her bir tarafın kullandığı herhangi bir CAD yazılımı, IFC (Endüstri Temel Sınıfı) veya Bie (İnşaat Operasyon Binası Bilgi Değişimi) gibi yaygın bir dosya formatına ihracat yapabilmelidir (Eastman ve diğerleri, 2011: 16).

Seviye 3 BIM

Bu seviye, merkezi bir depoda (normalde bulut depolamada bir nesne veritabanı) tutulan tek bir paylaşılan proje modelini kullanarak tüm disiplinler arasında tam işbirliğini temsil eder. Tüm taraflar aynı modele erişebilir, değiştirebilir, bunun faydası, çakışan kısımlar için son risk katmanını ortadan kaldırmasıdır. Bu “Açık BIM olarak bilinir (Eastman ve diğerleri, 2011: 16).

2.1. Yapı Bilgi Sistemi Kavramı

Bir kısaltma olan BIM, isim olarak ‘Yapı Bilgi Sistemi’ (Building Information Model), fiil olarak ise ‘’ (Building Information Modelling) olarak kullanılan bir kavramdır. İsim olarak kullanılan BIM yapım projelerinin sayısal bir sunumunun yanında, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini de yansıtır. Fiil olarak kullanılan BIM ise farklı proje paydaşları tarafından farklı zamanlarda farklı hedefler için yapım projesinin tüm sürecinin kalite ve etkinliğini geliştirmek için yaratılan modellerin kullanılmasıdır (IBC, 2010).

BIM, inşa tasarımında, tam inşa analizini ve daha iyi belgelendirmeyi sağlayan, tutarlı ve koordine edilmiş tasarım bilgisinden yaratılacak dijital inşa modelinin uygulanmasını içeren bir yaklaşımdır. Genel inşa tasarımı için, BIM yazılımı birçok yarar önerir. Modern BIM yazılımı metraj hesaplarını kullanır ve merkezileştirilmiş, parametrik bir modeldir. Burada bütün kesitler ve planlar yazılımla otomatik olarak koordine edilir ve diğer ilgili belgeler modelin “canlı” görüntüsüdür. Bu teslim hazır kombinasyon seti, modelle ve birbiriyle açık bir ilişkiye sahiptir ve bu da eksikleri ve hataları en aza indirmek için daha iyi koordine edilmiş mimari belgelerine yol açar. Önerilen model otomatik çakışmanın belirlenmesi, çeşitli bina analizleri, net metraj hesapları ve tasarım görüntüleme için kullanılır. Sonuçlanan dijital tasarım modeli, örneğin dijital imalat, mimari dizilimi ve tesis idaresi gibi farklı ilgili görevler için sağlanabilir (İnternet-20).

BIM tasarım ve inşaat sektöründe tasarım ve dokümantasyon metodolojisinde yeni bir geçiştir. BIM bütün bina ve tasarım doküman setlerinin tamamını entegre bir veritabanında saklayan bilgidir. Bütün bilgiler parametrik ve dolayısıyla birbiriyle bağlantılıdır. Model içerisindeki herhangi bir nesnenin değişimi aynı anda bütün görünüşlere ve projenin geri kalanına yansıtılır (Krygiel ve Nies, 2008).

BIM modeli bütünsel tasarım süreci ve inşaat süreci boyunca kullanılabilir. Örneğin, tasarım sürecini hızlandırarak bina tasarımı için parametrik değişiklikler sağlayarak tasarım ekibine yardımcı olur. Eğer planda bir duvarı taşırsanız, bu değişim kesitlere, görünüşlere ve dokümantasyon setindeki diğer ilgili çizimlere yansır (Krygiel ve Nies, 2008). Tasarımcılar plan, kesit, görünüş gibi iki boyutlu çizimleri oluştururken üç boyutlu modelinde eş zamanlı oluşması hızlı ve eksiksiz bir tasarım sürecine katkı sağlar.

Parametrik nesnelerin bir araya gelmesiyle oluşturulan BIM modeli yapım öncesinde çevresel enerji performans analizleri yapılarak tasarım sürecine erken müdahale edilir. Yapının geometrisi, yönelimi, yapı elemanlarının seçimi, doluluk boşluk ilişkisi gibi kavramsal tasarım kararları kıyaslanarak yapım öncesinde enerji performansı yüksek tasarımlar tercih edilmiş olur. Yapım aşamasında BIM ile oluşturulan metraj sayesinde ihtiyaç duyulan malzemenin geleneksel sisteme göre hata payı az miktarda ve doğru zamanda sahaya gelişi sağlanır. As-built projeler tasarım aşamasında oluşturulduğu için yapım aşamasında çakışmaların önüne geçilir. Yapım sonrası kullanımda, bina işletmesinde BIM de oluşturulan veriler ortak bir tabanda saklandığı için kontrolü ve müdahaleyi kolaylaştıracaktır.

2.2. Yapı Bilgi Sistemi Özellikleri

Yapı bilgi sistemlerinin üç temel özelliği bulunur:

- Yapıyı tanımlayan tüm verileri içeren sayısal bir veritabanıyla çalışır.
- Projede yapılan her türlü işlem ve değişiklik bu veritabanına anında işlenir ve ilgili bulunan tüm dokümanlara (planlar, kesitler, görünüşler, vs.) bu değişiklik otomatik olarak yansıtılır.
- Tasarım sürecinde toplanan veriler daha sonra kullanılmak üzere saklanarak projenin farklı aşamalarında tasarımcı, yüklenici ve yapı sahibinin de kullanabileceği bir bilgi deposu oluşturulur (İnternet-9).

Yapı bilgi sistemleri, obje tabanlı CAD işleyişine sahiptir. Dijital objeler kodlanarak tanımlanır ve böylelikle bilgisayar tarafından geometrisi ve özellikleriyle okunabilen, yorumlanabilen bilgiye çevrilir. BIM’de objeler parametrik olarak tanımlanmakla kalmaz bilgi düzeyinde birbiriyle ilişkilendirilmesi ve yönetimi de sağlanır. Bu ilişkiler tasarımcı tarafından belirlenir ve bütün proje üretim sürecin boyunca saklanarak her aşamada erişilip süreç boyunca değerlendirilebilir. Tanımlanmış ilişkiler BIM modeli sayesinde koordine edilerek tasarım prensiplerinin sürdürülmesi sağlanır (Eastman ve diğerleri, 2011: 29-35).

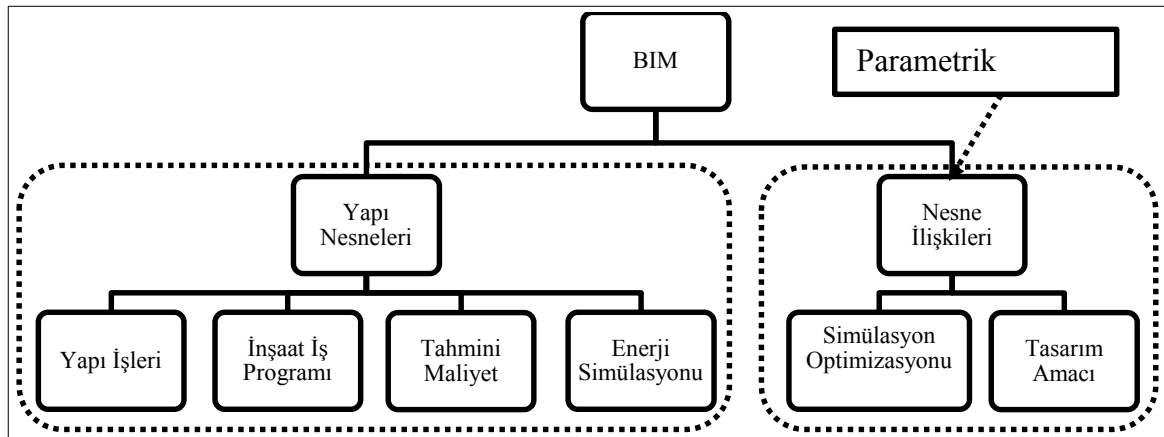
2.2.1. Parametrik modelleme

Verimli enerji kullanımı ve minimum çevresel etki ile sürdürülebilirlik, büyük bir bina tasarım hedefi haline gelmiştir. Yapı parametrik modelleme, BIM ve performans

simülasyonu, sürdürülebilir bina tasarımını etkilemek için büyük potansiyellere sahiptir. BIM nesne tabanlı yazılımlar ve yapıyı oluşturan parametrik nesnelerle var olan bir kavramdır (Cerovsek, 2011; Lee ve diğerleri, 2006). Yapı bilgi sistemi modellemelerini geleneksel iki boyutlu yazılım programlarından ayıran temel fark, model içerisinde parametrik nesnelerin kullanılmasıdır. Parametrik nesnelerin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Programda hazır olarak sunulan parametrik nesnelere yeni özellikler eklenebilir ya da mevcut özellikler değiştirilebilir. Veri tabanında nesne üzerinde yapılan bütün değişiklikler kaydedilir ve proje bütününe otomatik yansıtılır.
- Oluşturulan nesnede tutarsızlıklar söz konusu değildir. Nesnenin 2D çizimleri ile 3D çizimleri birbirine bağlıdır. Nesnenin yüksekliğini değiştirdiğiniz zaman kesitlerde, görünüşlerde, 3D modelde bu yükseklik aynı anda değişir.
- Parametrik bir nesne değiştirildiği zaman modelde kullanılan diğer yapı elemanları da otomatik olarak güncellenir. Örneğin bir kapı ya da pencere ebatını değiştirdiğiniz zamanda ilişkisinde olan duvar da otomatik olarak o ebatlara göre değişir.
- Oluşturulan parametrik nesne bilgileri veri tabanına aktarılır ve bu veriler üzerinde yapılacak değişiklikler bağlantılı olduğu diğer verileri de etkilemektedir. Örneğin parametrik nesne olarak oluşturulmuş bir pencere camının ısı iletkenlik katsayısını değiştirirseniz enerji analizleri de değişir.

BIM ile parametrik modelleme arasındaki ilişki, BIM'in yapı nesneleri ve onların tasarım amacını ifade eder, parametrik modelleme yöntemi ise bu ilişkileri kurmaya ve yönetmeye yardımcı olur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. BIM ve parametrik modelleme yöntemi arasındaki ilişki (Kensek ve Noble, 2014: 61)

2.2.2. Veritabanı

Proje bilgisi veritabanında saklanır. Kullanıcılar normal çizim faaliyetlerini üç boyutlu bir model ile etkileşim içinde gerçekleştirerek bir veritabanı meydana getirirler. Tüm veriler veritabanına aktarılır. Çalışma ilerledikçe veritabanı büyür. Tüm bilgiler aynı veritabanından geldiği için tutarlıdır. Örneğin; plan, görünüş, kesit, perspektif, metraj vb. proje temsilleri aynı modelin parçalarıdır. Tüm proje belgeleri birbiri ile bağlı oldukları için birinden yapılan değişiklik diğerine otomatik olarak aktarılır (İnternet-19).

BIM'in bina projesi bilgileri için merkezi bir depo olarak kullanılması, proje yönetimi için bilgi devriminde olmuştur. AEC endüstrisi, günümüzde piyasada mevcut olan çeşitli tasarım ve simülasyon platformları arasında daha kolay bilgi paylaşabilmek için yeni teknoloji ve açık standart programları aracılığıyla BIM platformlarının işbirliğini ve birlikte çalışabilirliğini geliştirmenin yeni yollarını aramaktadır. Birlikte çalışabilirliğe model tabanlı bir yaklaşım, endüstri genelinde standartlaştırılmış bilgi yapıları gerektirir (Bahar ve diğerleri, 2013).

Bu ortak veri alışverişinde, özellikle çoklu platform birlikte çalışabilirliğinde önemli ilerleme kaydedilmiştir. Şu anda, Endüstri Temel Sınıfları (IFC) ve Green Building XML (gbXML), AEC endüstrisinde iki yaygın bilgi altyapısıdır. IFC ve gbXML, CAD ve bina simülasyon araçları gibi AEC uygulamaları arasında ortak veri alışverişi için kullanılır (Dennis, 2010).

2.2.3. Birlikte çalışabilirlik

Proje katılımcıları arasında veri alışverişi yapılması olağan bir uygulamadır fakat CAD çizimleri arasında yalnızca geometrik veri alışverişi yapılırken, BIM'de çoklu geometri türleri ve farklı davranışlar için ilişkiler, nitelikler ve özellikler veri alışverişi sürecine dâhil olması nedeniyle BIM uygulamaları arasında veri alışverişi zorlu olabilmektedir. Modeller arasındaki veri alışverişinin yanı sıra verilerin aktarılması durumunda bile aktarıldıkları ortamdaki bileşenlerle birlikte çalışıp çalışamayacakları sorunu ortaya çıkmaktadır. Birlikte çalışabilirlik, uygulamalar arasında veri alışverişi ve çoklu uygulamalar için eldeki işe ortaklaşa katkıda bulunmaktır. Birlikte çalışabilirlik, başka bir uygulama da oluşturulmuş

olan verinin manüel olarak kopyalanması ihtiyacını minimumda gidermektedir (Eastman ve diğerleri, 2011).

Çizelge 2.1. Yapı sektöründe birlikte çalışabilirlik ile ilgili yetersizliklerden kaynaklanan ilave maliyet, A.B.D Standart ve Teknolojiler Enstitüsü 2002 (Gallaher ve dğr, 2004)

Paydaş Grubu	Mühendislik ve Tasarım Evresi	Yapım Evresi	Bakım ve İşletim Evresi	Eklenmiş Toplam Maliyet
Mimarlar ve Mühendisler	\$1,0072	\$147,0	\$15,7	\$1,1698
Genel Yükleniciler	\$485,9	\$1,2653	\$50,4	\$1801,6
Özel Yüklenici ve Tedarikçiler	\$442,4	\$1762,2	----	\$2,22046
Mal sahipleri ve İşletmeciler	\$722,8	\$898,0	\$9.0272	\$10,6480
Toplam (\$M)	\$2,6583	\$4,0724	\$9,0933	\$15,8240

Birlikte çalışabilirlik, başka bir uygulamada önceden oluşturulmuş verileri manuel olarak kopyalama ihtiyacını ortadan kaldırır. Kısmi proje verilerinin manuel olarak kopyalanması hatalı bir süreçtir, tutarsızlığı barındırır ve yapısal veya enerji tasarımı gibi karmaşık konulara en iyi çözümleri bulmak için gerekli olduğu gibi tasarım aşamasında yinelemeyi büyük ölçüde engeller (Bazjanac, 2008).

2.2.4. Çakışma/Hata tespiti

BIM sistemlerinde farklı disiplinlerin birlikte çalışabilmesiyle yüksek koordinasyon sağlanmakta ve hata payı düşük projelerin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Geleneksel yöntemde her disiplin kendi projesini tamamladıktan sonra inşaat aşamasında projeler karşılaştırılır ve uyumsuzluklar giderilmeye çalışılır. BIM sistemlerinde disiplinler eş zamanlı olarak aynı proje üzerinde çalışır ve çakışmalar tespit edilerek erken safhalarda müdahale edilir.

Yapım endüstrisindeki zaman kullanımı problemleri ve 2 boyutlu çizimlerin neden olduğu düşük verimli süreçler, yüklenicilerin ve yapım projesindeki karar alma mekanizmalarının potansiyel tasarım koordinasyonu sorunlarını oluşturmaktadır. Bu sebeple yapım sektöründeki firmalar giderek artan bir hızla, koordinasyonu arttırmak ve çakışma problemlerini azaltmak için BIM kullanmaktadırlar (Kiviniemi ve diğerleri, 2008).

Kivinemi ve arkadaşlarının 2008’de yaptığı araştırmada Avrupa’daki yapım sektöründen firmalar incelenmiş ve mühendislik firmalarının %25’i, yüklenicilerin de %13’ünün BIM ile çakışma kontrolü yaptıkları belirlenmiştir (Kiviniemi ve diğerleri, 2008).

2.2.5. Çok boyutlu (xD) BIM

Günümüzde BIM çok hızlı gelişmekte ve farklı amaçlar için kullanılmaktadır bu da BIM’in çoklu boyutlarını ortaya çıkarmaktadır. BIM yazılım araçlarının kullanımıyla inşaat sektörü sadece 2D çizimlerle değil 2D ve 3Dyi içinde barındıran mevcut durum modelleri, planlama-iş programını kapsayan 4D’yle, tasarımın başından itibaren oluşturulabilen 5D maliyet tahminleriyle, enerji korunumunun irdelendiği 6D konsept ve detaylı enerji analizleriyle, bina yaşam döngüsünü destekleyen 7D tesis ve bakım yönetimiyle de ilgilenmektedir (Şekil 2.3).

3D	4D	5D	6D	7D
MEVCUT DURUM MODELLERİ	PLANLAMA	TAHMİN	SÜRDÜRÜLE-BİLİRLİK	BİNA/TESİS YÖNETİMİ
*Lazer tarama *Zemin araştırması *Radar *Güvenlik ve lojistik modeller *Animasyon ve videolar *BIM model ön üretim	*Aşamalandırma *Simülasyonlar *Yalın programlama *Son planlama *Zamanında tedarik *Ekipman dağıtımı *Görselleştirilmiş ödeme onay geçerliliği	*Gerçek zamanlı kavramsal modelleme ve maliyet planlama *Detaylı maliyet hesaplamaları *Üreticisinden model doğrulama *Yapısal çelik *Donatı *Boru *Kablo *Değer müh. *Alternatif tasarımlar *Görselleştirme *Metraj çıkarma *Ön üretim çözümleri *Ekipman odası *MEP sistemler *Alternatif tedarik	*Konsept enerji analizi *Detaylı enerji analizi *Sürdürülebilir eleman takibi *LEED	*Bina yaşam döngüsü için BIM stratejileri *BIM uygulama modelleri *BIM onay el kitapları *Bie verileri *BIM ekipman bakımı ve teknik destek *BIM dosya saklama ve sayısal veri alış veriş

Şekil 2.3. Çok boyutlu BIM (BIMTaskgroup)

2.2.6. Metraj listeleri/ Mahal tabloları

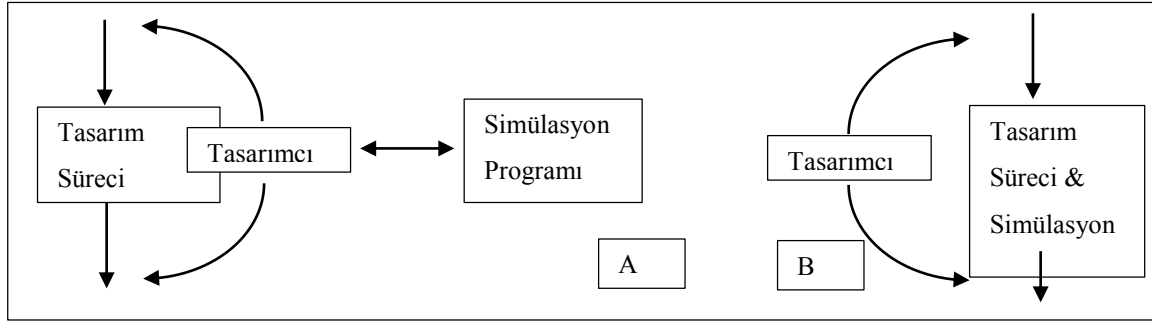
Mimari projeler için maliyet analiz süreci, belirli bir proje için hesaplanan yapı miktarlarını kullanarak tahminler üretmeyi içerir. Geleneksel olarak, projeye ait CAD çizimlerinden

malzeme metrajları çıkarılarak, maliyet analiz programlarında ihale dokümanı haline getirilir. Maliyet analizi yapan kişilerin geri bildirimi, değişen tasarım kararları ve revizyonlar eş zamanlı yapılamadığı için hata payı yüksektir. Bu süreç aşırı zaman alıcı ve çoğunlukla tutarsızdır.

IFC, BIM araçları ve maliyet analiz araçları arasında maliyete özel verilerin doğru ve otomatik bir şekilde değiştirilmesine olanak tanıyan, tasarım süreci boyunca birden çok katılımcı için tanımların tutarlılığını ve standardizasyonunu sağlayan veri birliğinde işlerliği için nötr bir format olarak geliştirilmiştir (Abdelmohsen ve diğerleri, 2011). BIM Yazılım araçları ile oluşturulan sanal modelde tüm nesneler parametrik ve birbirine bağlı olduğu için model oluşturulurken metrajlar veri tabanında otomatik olarak oluşur. Model üzerinde mimari elemanlarda bir değişiklik yapılırsa tüm hesap tabloları da eş zamanlı güncellenmekte ve gereksiz zaman ve emek harcanmamaktadır. Tüm veriler birbiriyle bağlantılı olduğu için hata payı minimumdadır.

2.2.7. Yapısal/ Çevresel analiz

Hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmaya çalışan firmalar zaman ve maliyet etkeni sebebiyle yapısal ve çevresel analizleri tasarımın neredeyse son evrelerinde başka şirketlere yönlendirmekte, kendi bünyelerinde yürütememekte, bütüncül tasarım ilkeleri hedeflenenden çok daha zor uygulanabilmektedir (Şekil 2.4-A). BIM yazılımları ile tasarımın erken evrelerinde analizler oluşturulup, enerji performansı yüksek alternatifler üzerinden devam etmeye olanak sağlamakta, proje ekibinin disiplinler arası, bütüncül bir yaklaşımda projeyi tamamlamasını olanak sunmaktadır (Şekil 2.4-B). Model parametrik olarak değiştirilince, simülasyonda otomatik olarak güncellenerek tasarım yaklaşımları hızlı ve kolay bir şekilde test edilmiş olur.



Şekil 2.4. (A) Destek yazılım ile işleyen tasarım süreci
(B) BIM sistemleri ile işleyen tasarım süreci (Harputlugil, 2009)

Yapısal analiz

Mimari modelleme veya strüktürel modelleme yazılımı ile oluşturulan taşıyıcı sisteme ait olan bilgi statik hesaplayıcı yazılıma aktarılır. Yazılımı kullanan inşaat mühendisi modeli analiz eder ve taşıyıcı elemanlar için doğru boyutları seçer ve gerektiği takdirde taşıyıcının konumuna müdahale ederek veriyi tekrar modelleme yazılımına geri gönderir (İnternet-19).

Çevresel analiz

Gelişen teknolojiyle birlikte yazılım şirketleri mevcut programları geliştirmekte ya da yeni programlar piyasaya sürmektedir. Mevcut programlara yapılan eklentiler ile yazılımın yetenekleri arttırılmakta, tasarımcıya zaman kazandırmakta, bütüncül bir yaklaşımla ele alınan projenin çok boyutlu analizi mümkün olmaktadır. Revit Architecture programında 2D, 3Dtasarımlar aynı anda oluşturulurken, Green Building Studio (GBS) eklentisiyle oluşturulan yeni ve mevcut yapılarda enerji performansını arttırmaya yönelik analizler, Insight 360 ile solar ve aydınlatma analizleri yapılabilmektedir.

BIM sistemleri tasarlanan yapıyı, grafik ve grafik olmayan tüm bilgileriyle oluşturulan veritabanı ile temsil eder. Dolayısıyla tasarlanan ürün yalnızca bir grafik olarak gösterilmenin ötesinde, sanal olarak inşa edilmiş bir bina olmaktadır. Bu sanal yapının daha sürdürülebilir bir yapı olarak inşa edilebilmesi için gereken test ve analizlerin yapılacağı farklı yazılımlara ortak veri standartlarında gereken veriyi sağlamaktadır. Bu sayede tasarım sürecinden uygulama hatta işletim aşamalarında dahi, üretilecek yapının enerji tüketim değerlerinin görüntülenebilme olanağı oluşur (Savaşkan, 2015).

BIM uygulamalarının yardımıyla mimarlar ve mühendisler, güneş ışığı ve enerji tüketimi gibi sürdürülebilirlikle ilgili bilgileri daha etkili bir şekilde paylaşabilir ve böylece sürdürülebilirlik analizi tasarım sürecine sorunsuz bir şekilde entegre edilebilir. BIM ayrıca tasarımcıların mevcut yapı verilerini kullanmasına yardımcı olabilir. Yeni bina tasarımının erken aşamalarında bina performans simülasyonları için varsayılan konfigürasyonu optimize etmeye karar verir (Hiyama ve diğerleri, 2014). Çoğu yazılım programı tasarım aşaması için özel olarak geliştirilir ve mimarlar, tasarımcılar veya mühendisler tarafından kullanılır. BIM yazılımları işlevsellikle ilgili olarak, enerji tüketimi, karbon emisyonları, doğal havalandırma, güneş radyasyonu ve aydınlatma, akustik ve su kullanımı gibi altı alanda yeşil binaların sürdürülebilirlik analizine katkıda bulunabilir (Wu ve diğerleri, 2017).

Çizelge 2.2. Popüler BIM yazılım türleri ve yeşil analizler için fonksiyonları (Wu ve diğerleri, 2017)

BIM Yazılımları	Yeşil Analizler					
	Enerji	Karbon Emisyonu	Doğal Havalandırma	Güneş ve Gündüz Aydınlatması	Akustik	Su
Autodesk® Green Building Studio	✓	✓	✓	✓		✓
Integrated Environmental Solutions® Virtual Environment	✓	✓	✓	✓		✓
Bentley Hevamp	✓	✓	✓			
AEsim	✓	✓		✓		
EnergyPlus	✓	✓		✓		✓
HEED	✓	✓				
DesignBuilder Simulation	✓	✓	✓	✓		
eQUEST	✓		✓	✓		
DOE2	✓		✓	✓		
FloVENT			✓			
ODEON Room Austics Software					✓	
TRNSYS	✓		✓	✓		

Enerji analizi

Enerji simülasyonu, binalarda enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmak için çok etkili olabilir. Bununla birlikte, bina enerji analizleri çoğunlukla tasarım aşamalarında gerçekleştirilir ve bu analizlerin sonuçları genellikle bina kullanılırken kullanılmaz. Tesis

yöneticilerinin problemleri alanları tespit etme ve problemleri izole etme yetenekleri birbiriyle bağlantılı çok sayıda Tesis Yönetimi (FM) sistemi ve çok katmanlı bilgi içeriği nedeniyle sınırlıdır. Bununla birlikte BIM, tesis yöneticilerine bu sistemlerden toplanan bilgileri yönetme ve koordine etme fırsatı sunmaktadır. Ayrıca, çoklu paydaşların ilgisini çekmeyi destekler ve proje yaşam döngüsü boyunca çeşitli bilgilerin toplanmasını sağlar (Shalabi, 2016).

Karbon analizi

BIM yazılımı, projenin karbon nötrlüğüne ulaşmasına yardımcı olmak için karbon emisyon analizleri ve değerlendirmeleri sağlar. Mevcut BIM yazılımı, yerel elektrik emisyonları, şantiyede hidrokarbon üretimi ve diğer enerji dönüşüm yaklaşımları gibi bilgileri kullanarak hem bina sistemi bileşenlerini hem de dış ortamı karbon emisyon analizlerine dahil etmiştir. Bir binanın yaşam döngüsü boyunca bir binanın karbon emisyonlarını nasıl etkilediğini değerlendirmek için, bazı BIM yazılımı türleri harici bir global veri tabanından standart verileri kullanır. Tipik bir durum, küresel bir hava durumu veri tabanı veri tabanını kullanan VE yazılımıdır (Wu ve diğerleri, 2017).

Karbon emisyon analizlerinin yanı sıra, mevcut BIM yazılımı ayrıca karbon emisyon azaltımı için alternatif tasarımlar sunmakta, böylece tasarımcıların ve mühendislerin orijinal tasarımlarını karbon nötrlüğüne doğru optimize etmelerine yardımcı olmaktadır. Örneğin, GBS yenilenebilir enerji kullanarak daha az emisyonu tüketen yerel kamu hizmet sağlayıcılarını seçmede önerilerde bulunabilir (İnternet-11).

Doğal havalandırma analizi

BIM yazılımı bina enerji kullanımını azaltmak ve binanın termal konfor seviyesini yükseltmek için havalandırma analizi ve optimizasyonu için geçerlidir. Bina doluluk ve ekipmanın kilit etkilerinden oluşan BIM yazılımı, binaların ısıtma ve soğutma yüklerini karşılamak için doğal havalandırma potansiyel kapasitesini tahmin edebilir (İnternet-10). Tahmin edilen sonuçlara dayanarak, BIM yazılımı kullanıcıların doğal veya karışık havalandırma stratejileri kullanımının fizibilitesini değerlendirmelerine yardımcı olur, örneğin tek taraflı havalandırma, çapraz havalandırma, bütün bina havalandırma, bacalar ve açılış kontrolleri. Havalandırma stratejilerinin bu şekilde değerlendirilmesi, kullanıcıların

hedef proje için güvenilir bir mekanik havalandırma sistemi seçmelerine yardımcı olabilir (Wu ve Clayton, 2013).

Aydınlatma analizi

Doğal aydınlatma analizleri için kullanılan yazılım gibi, enerji analizi programları da yıllardır vardır ancak tasarım şirketleri tarafından nadiren kullanılır. Pek çok şirket zaman ve maliyet unsurlarını dikkate alarak enerji analizlerini başka şirketlere yaptırır ve bu nedenle yapının enerji performans bilgisi projenin sadece belirli sabit noktalarında ve genellikle proje hakkında verilecek en iyi kararları desteklemek için gereken zamandan daha geç bir tarihte elde edilir (İnternet-9).

Işık analizi

Işık analizi bir binanın doğal ışık alma, yapay ışıklandırma, binanın kendi ve diğer yapılarla kütleli ilişkileri sonucu oluşan gölge ilişkilerini algılamak ve daha iyi analiz etmek için kullanılır. Bu ilişkileri modellerken bina dışı etmenlerden topoğrafya, bina yönlenmesi ve diğer binaların konumları gibi parametreler de hesaplamalara dâhil edilir (İnternet-19).

Akustik analiz

BIM yazılımı, mimarların akustik performansını daha önceki aşamalarda simüle etmelerini sağlar. Mevcut akustik simülasyon sistemi ile BIM verilerinin bağlanması, otomasyon seviyesini artırabilir ve simülasyon zamanını koruyabilir. Örneğin, doğruluk oranını korurken veya arttırırken, simülasyon süresini birkaç gün ile birkaç dakika arasında azaltmak için prototipik BIM tabanlı bir akustik simülasyon uygulaması önerilmiştir. Ayrıca, bu uygulama orijinal BIM modelinde herhangi bir güncelleme yapıldığında sonucu hemen yeniden simüle edebilir (Wu ve Clayton, 2013).

BIM tabanlı akustik simülasyon yazılımı, birden fazla çıktı türü sağlar. Örneğin, binanın çeşitli akustik etkilerini göstermek için simülasyon sonuçlarına dayalı olarak görselleştirilmiş haritalar oluşturulabilir. Ayrıca, ODEON Oda Akustiği Yazılımı gibi bazı BIM yazılımları, 3D ses efektlerinde akustik hesaplama sonuçlarını sunabilir ve

kullanıcıların kişisel isteklerine göre kulaklık veya hoparlör üzerinden canlı bir şekilde yayın yapabilir (İnternet-13).

Su kullanım analizi

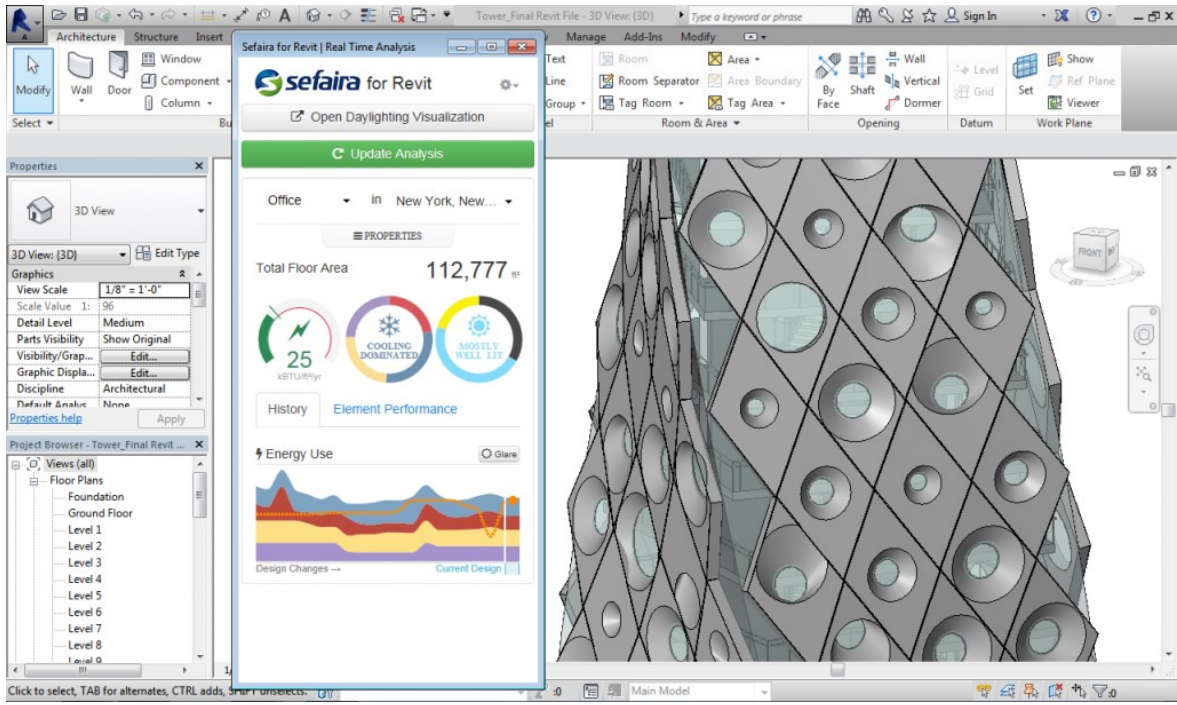
Yapı bilgi sistemleri su kullanım analizlerini çoğunlukla tasarım aşamasında destekler. Yazılım su kullanımını ilgili bina tipi ve kullanıcı sayısı gibi faktörlere göre tahmin eder, sonuçları otomatik olarak su maliyet raporlarına dönüştürebilir (İnternet-11). Ancak, analizlerde dikkate alınan sınırlı faktörler nedeniyle tahmin hala kabadır. Proje konumu ve kullanıcıların davranışı gibi faktörler, tahmini sonuca büyük farklılıklara neden olabilir (Wu ve diğerleri, 2017).

Yapı bilgi sistemleriyle doğrudan suyun kullanımını iklim bilgileri ve bina sistemlerini birleştirerek analiz edecek bir yazılım mevcut değildir. Farklı bilgilerin bir araya getirilmesiyle BIM sistemlerinde etkin su kullanımı sağlanabilir. Yine BIM yazılımlarında sanal model oluşturulurken piyasada bulunan vitrifiyeler tercih edilerek proje safhasında tasarruf sağlanmış olur.

2.2.8. Eklentiler

BIM yazılımına bazı yeni analiz seçenekleri son zamanlarda eklenmiştir. Bu yazılım fiziksel modellerle bütünleştirilebilir ve kullanıcıların çevresel analizden elde edilen güvenilir ve net sonuçlar elde etmesini sağlar. Elde edilen sonuçlar, tasarım kavramlarının ilk şematik kavramlarının geliştirilmesinde, tasarım eksikliklerinin tanımlanmasında ve bina tasarımının şekillendirilmesinde uygulanabilir (Nobahar,2014).

Plug-in kullanılan mevcut bir yazılımda bir alanda gerek duyulan eksiklikle geliştirilen ve eklentilerdir. Gelişen teknolojiyle birlikte yazılım şirketleri mevcut programları geliştirmekte ya da yeni programlar piyasaya sürmektedirler. Mevcut programlara yapılan eklentiler ile yazılımın yetenekleri arttırılmakta, tasarımcıya zaman kazandırmaktadır. Enerji korunumunun önem kazanmasına paralel olarak yazılım firmaları tarafından geliştirilen analiz eklentileriyle beraber oluşturulan model üzerinden çevresel ve yapısal analizler yapılarak enerji performansı yüksek yapılar tasarlanmasına olanak sağlanmaktadır.



Şekil 2.5. Revit programına eklenen Sefaira uzantısı ile enerji ve gün ışığı analizi (İnternet-7)

2.2.9. LOD detay seviyesi

Endüstri temel sınıfları, bina elemanlarının geometrisini ve diğer özellikleri CAD kullanıcılarının farklı yazılım uygulamaları arasında tasarım verilerini aktarmasını sağlayacak şekilde tanımlamak için açık veri modeli özellikleridir (Howard ve Bjork 2008).

LOD, yapı sektöründeki proje paydaşlarının inşaat sürecinde ve tasarımın çeşitli aşamalarında BIM'in güvenilirliğini ve kapsamını yüksek seviyede duru bir bilgiyle belirtmesine imkân veren bir referanstır. LOD spesifikasyonu Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından “G202-2013 Building Information Modeling Protokol Form” için geliştirilen temel LOD tanımlamalarından yararlanır. LOD, BIM kullanılarak geliştirilen projelerde ortaya çıkan temel birkaç soruna çözüm üretebilmek amacıyla geliştirilmiş tanımlamalardır. Genel olarak bu sorunların çıkış noktası projeyi üreten kişi dışında projeye bakıp ondan bilgi almak isteyen diğer paydaşların o proje ile ilgili yanlış çıkarımlar yapması ve çoğu zaman da işine yaramayacak detay bilgilerle boğuşmak zorunda kalmasıdır. Bu durum projelerin BIM süreçlerine zarar vermektedir. Bu amaçla LOD tanımları getirilmiş ve projenin içeriğine göre hangi gelişim seviyesinde bilgiye ihtiyaç varsa, BIM modelinin o seviyede üretildiğini gösteren LOD numarasının modele eklenmesi önerilmiştir (Akkoyunlu, 2015).

Temel LOD sınıfları şu şekildedir:

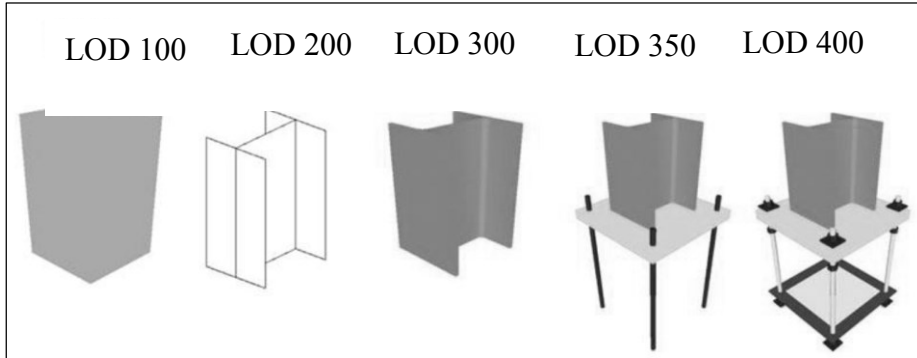
LOD 100: Alan, yükseklik, hacim, konum ve yönelim belirlemek için genel projenin bir toplu çalışmasıdır. Bu detay seviyesi genellikle proje ön planlama, fizibilite çalışmaları ve temel maliyet tahmini için kullanılır (Weygant, 2011: 80).

LOD 200: Eleman, model içerisinde bir genel sistem, nesne veya yaklaşık metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlamayla montajlama gibi grafiksel şekilde gösterilir (ifade edilir). Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir. Tasarım geliştirme sürecinde kullanılır.

LOD 300: Eleman detaylı bir sistem, nesne veya metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlama bilgisiyle montajlanan eleman olarak modelde çizilir. Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir. Son tasarım (kesin proje) evresinde kullanılır.

LOD 400: Eleman detaylı bir sistem, nesne veya metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlama bilgisine ek olarak detaylı üretim, montajlama ve kurulum bilgileriyle Modelde çizilir. Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir. Yapım inşaat sürecinde kullanılır.

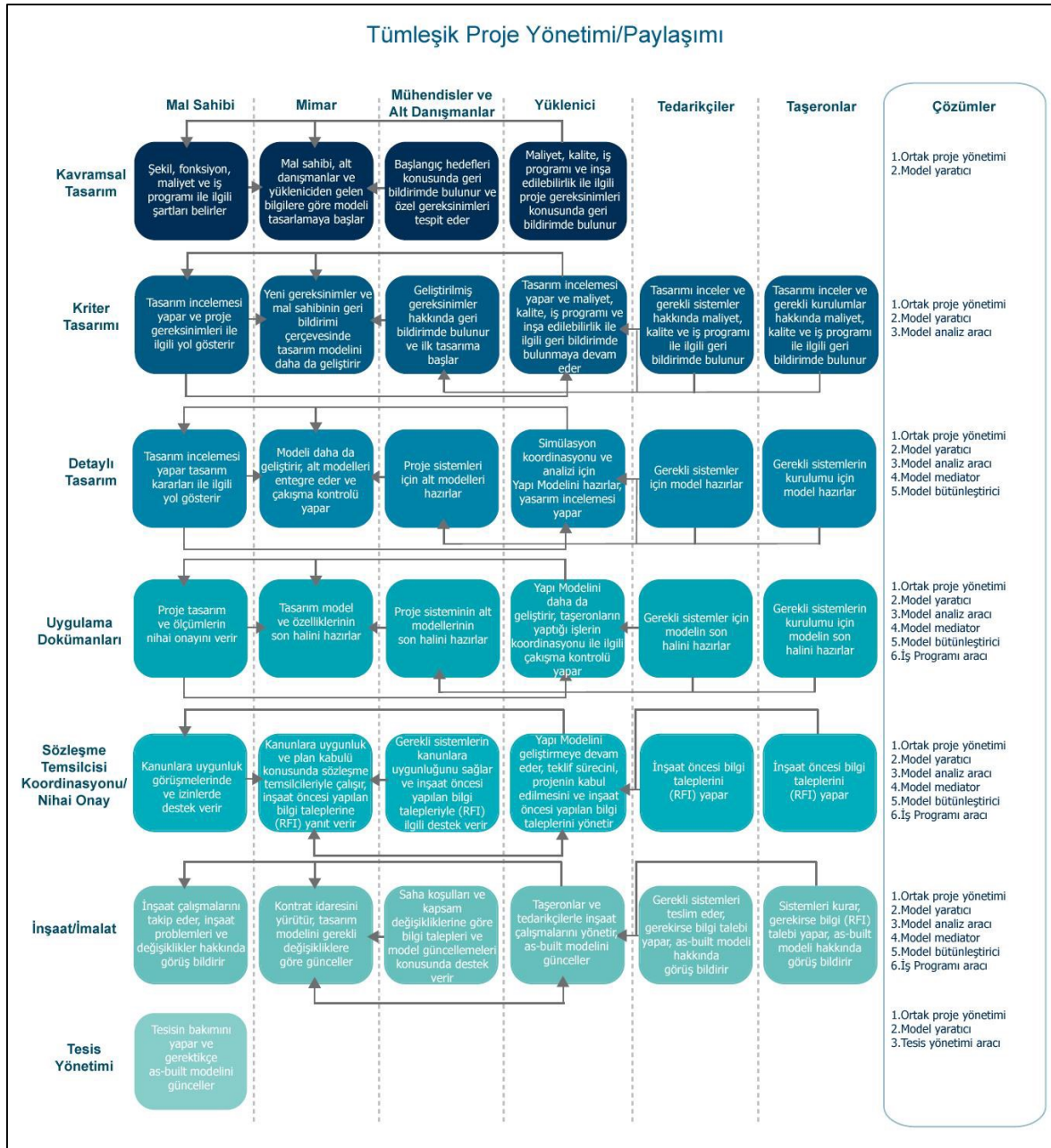
LOD 500: Eleman; boyut, şekil, lokasyon, metraj ve konum olarak doğrulanmış bir durumdadır. Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir. Tesis yönetimi sürecinde kullanılır (Akkoyunlu, 2015).



Şekil 2.6. LOD tanımları (İnternet-1)

2.2.10. Tümleşik proje teslimi

Tümleşik proje teslimi (IPD), inşaat sektörünün çokça kullanmakta olduğu Tasarla-İnşa Et ya da Tasarla-İhale Et inşaat gibi sözleşme modellerinden farklı olarak projeyi bütüncül olarak ele alır ve proje aşamasından inşaatın bitimine kadar tüm paydaşların projenin içerisinde olmasına olanak tanır (Eastman ve diğerleri, 2011).

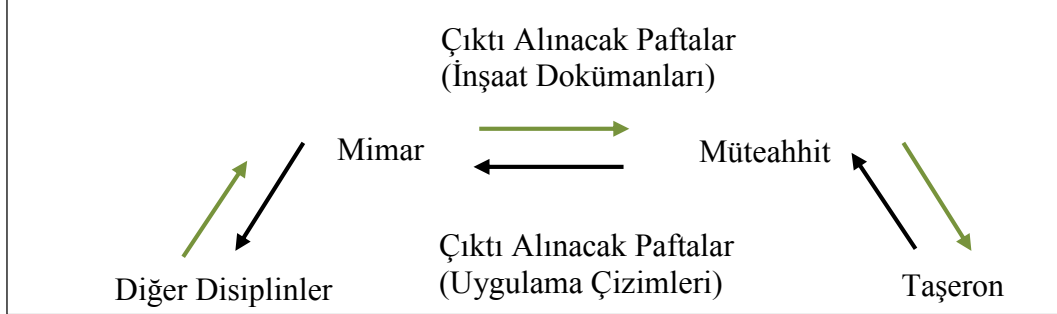


Şekil 2.7. IPD Model Proje Süreç ve akım şeması (İnternet-12)

2.3. Yapı Bilgi Sisteminde Süreç

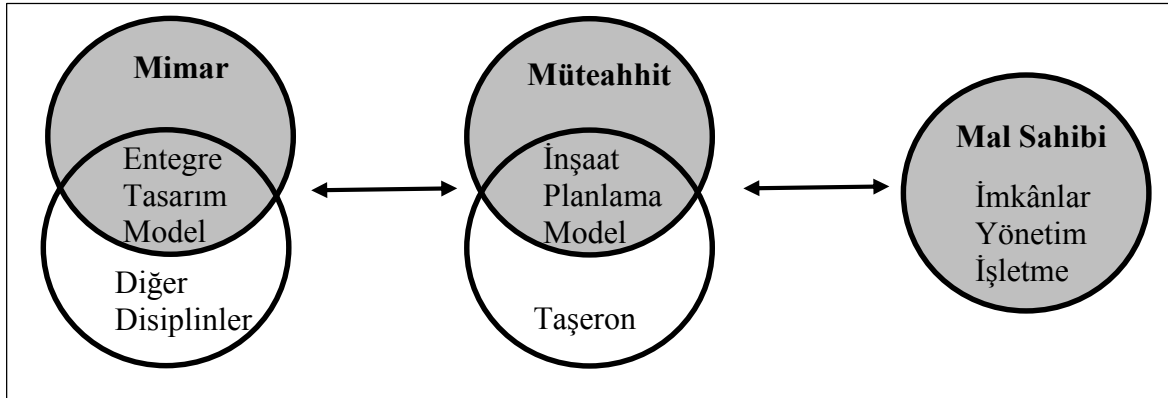
Geleneksel tasarım sürecinde mimar proje yönetici olarak çizimleri tamamlar ve diğer disiplinlerle paylaşır. Proje paydaşları mimari projeyi altlık olarak kullanır ve iki boyutta kendi çizimlerini oluştururlar. Paydaşlar son çizimleri aralarında paylaşırlar ve çakıştırmalar yapılarak uyumsuzluklar tespit edilir. Yapılan revizyonlar sonucu uygulama projeleri yapı sahibinin onayına sunulur ve detay çizimlerine geçilir. Disiplinler arası koordinasyonun

yeterince sağlanamadığı bu süreçte zaman yönetimi düzgün yapılamamakta ve hata payları artmaktadır (Şekil 2.8).



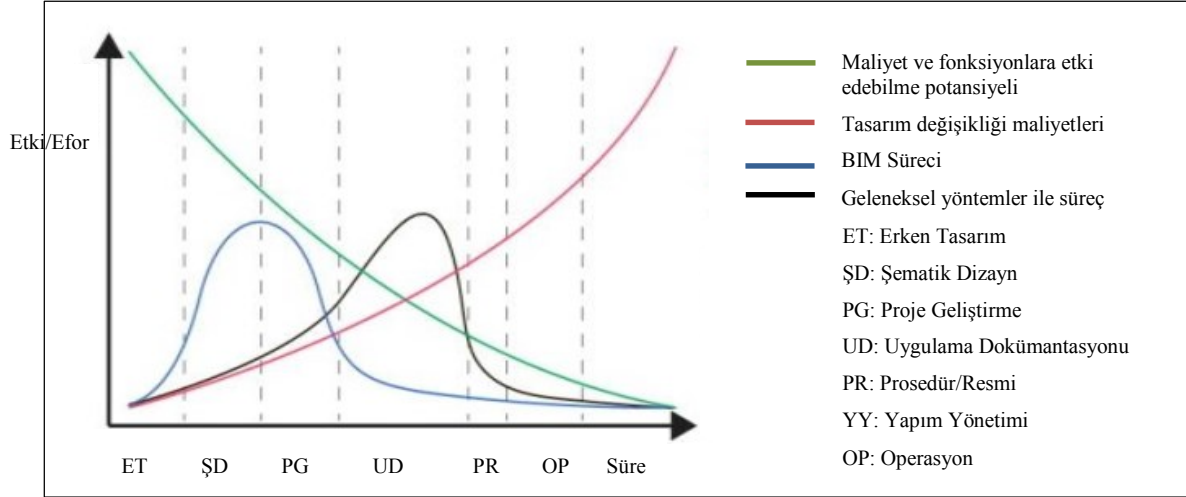
Şekil 2.8. Geleneksel yaklaşımda tasarım süreci (Krygiel ve Nies, 2008: 36)

Geleneksel süreçte mimarın öncülüğünde entegre bir tasarım sürecinden sonra mimarın organizatörlüğüyle mimari projeler ve diğer disiplinler tarafından hazırlanan proje dokümanları müteahhite aktarılır ve müteahhitte bu dokümanları alt taşeronlarıyla beraber inşa ederek mal sahibine teslimini yapar (Şekil 2.9).



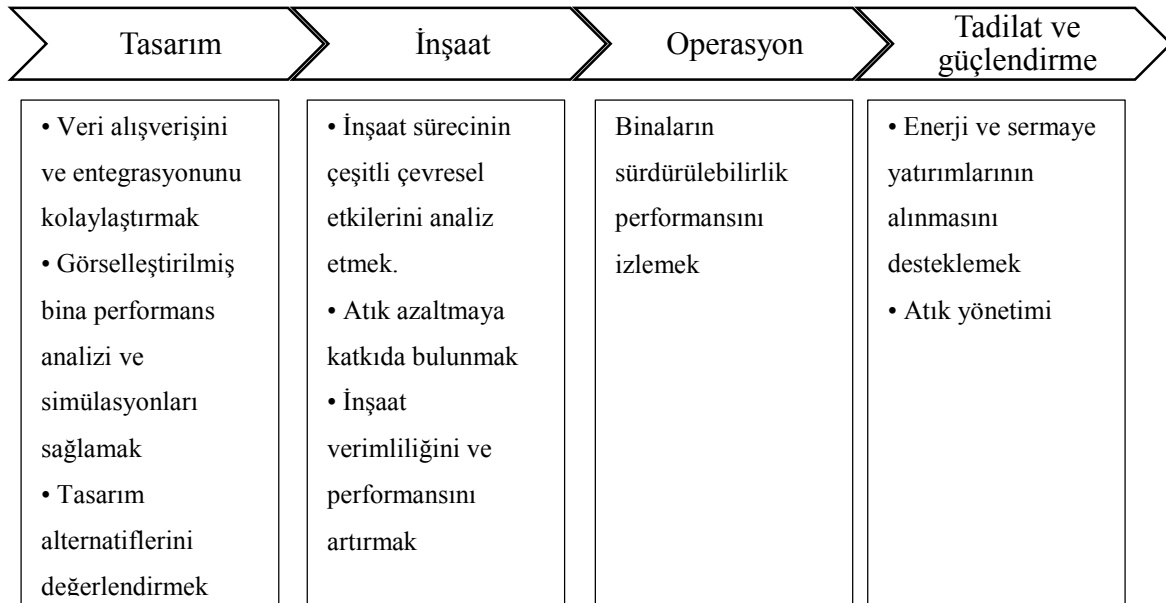
Şekil 2.9. Geleneksel yaklaşımda tasarım süreci (Krygiel ve Nies, 2008: 36)

Geleneksel yöntemlerde tasarım süresi harcanan toplam sürenin %50 ile %80 lik kısmını kapsar ve en fazla zaman harcandığı kısımdır. Dokümantasyon ikinci, koordinasyon üçüncü sırada yer almaktadır. Yapı bilgi sisteminde toplam zamanın büyük çoğunluğu dokümantasyon sürecinde harcanırken, tasarım ve koordinasyon tüm sürecine yayıldığı için daha az zaman dilimini almaktadır.



Şekil 2.10. CAD ile BIM yaklaşımları farklılığını gösteren MacLeamy eğrisi (MacLeamy, 2004)

Projenin gerçekleştirilebilmesi için tasarım aşamasından yapım sonrası bakım aşamasına kadar proje paydaşlarının sisteme dahil olması, sağlıklı veri alışverişini sağlaması gerekmektedir. Geleneksel yöntemin aksine yapı bilgi sistemleri süreç içerisinde tüm paydaşları kapsamakta ve bina yaşam döngüsü boyunca kesintisiz bir bilgi akışını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Şekil 2.9’da bina yaşam döngüsü boyunca BIM sistemlerinin sürdürülebilir yapılarda sağlayabileceği faydalar görülmektedir.

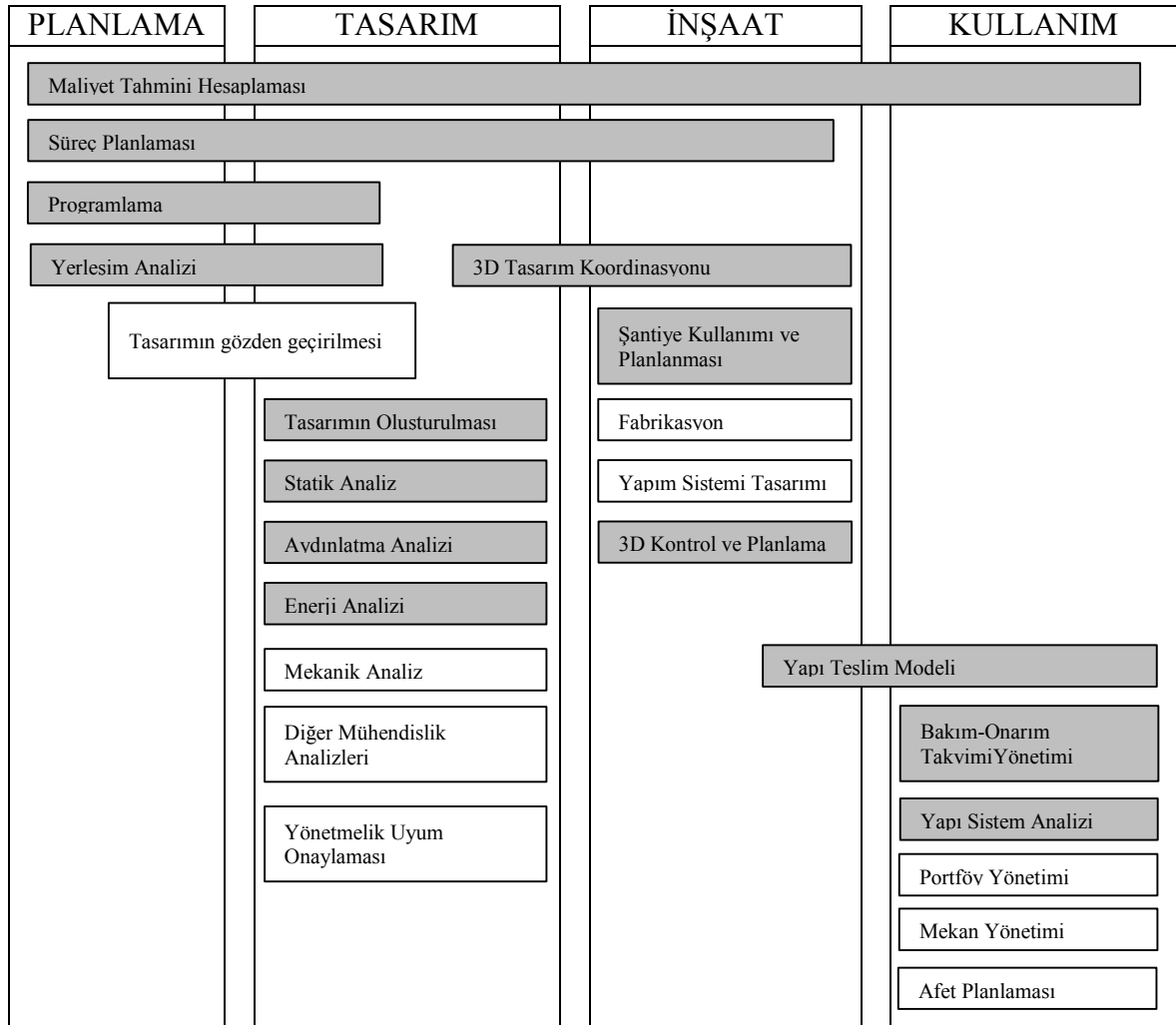


Şekil 2.11. Yeşil projelerin BIM destekli yaşam döngüleri (Wu ve diğerleri, 2017)

2.4. Yapı Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları

BIM sistemleri sanal bir model olarak planlamada, tasarım sürecinde, yapısal ve çevresel analizlerde, bina yapım sürecinde, bina kullanımında, kullanım sonrasında aşamalarında farklı amaçlar için kullanılabilir. Bir BIM Kullanımı, “bir veya daha fazla spesifik hedefe ulaşmak için bir tesisin yaşam döngüsü sırasında Yapı Bilgi Sistemini uygulama yöntemi” olarak tanımlanabilir (Kreider ve Messner, 2013).

Çizelge 2. 3. BIM bina yaşam döngüsü boyunca farklı kullanım alanları¹ (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2016)



¹ Şekil orijinalinden Türkçe'ye çevrilmiştir. Kaynak: <http://bim.psu.edu/Uses/>, 8 Kasım 2018 tarihinde erişilmiştir.

BIM aşağıdaki amaçlar için kullanılır (Forbes, 2010):

- *Görselleştirme:* 3B kaplamalar kolayca oluşturulabilir. Yapı bilgi sistemi yazılım araçları ile üç boyutlu sanal modeller oluşturulabilmektedir. Oluşturulan 2d çizimler 3d modele birebir aktarılmakta ve yazılım aracı sadece render için oluşturulmuşsa buna 'Hollywood BIM' denilmektedir.
- *Üretim/İşyeri Çizimleri:* Çeşitli yapı sistemleri için iş yeri çizimlerini oluşturmak kolaydır. Örneğin, model tamamladıktan sonra metal levha boru tesisatı çizimleri kolayca oluşturulabilir. Otomatik Üretim: Teknolojik açıdan gelişmiş tedarikçileri içeren projelerde, BIM dosyalarından elde edilen veriler sayısal kontrollü imalat malzemesine girdi olarak kullanılabilir. Yönetmeliğe ilişkin değerlendirmeler: İtfaiye ve diğer yetkililer bu modeli yapı projelerinin kendileri ile ilgili kısımlarını gözden geçirmeleri için kullanabilirler (CRC Construction Innovation, 2007).
- *Adli Analiz:* BIM, potansiyel arızaları, sızıntıları, tahliye planlarını gibi unsurları grafiksel olarak göstermeye kolayca adapte edilebilir.
- *Tesis Yönetimi:* Tesis yönetimi bölümleri BIM'i tadilat, mekân planlama ve bakım onarım işlemleri için kullanabilir.
- *Maliyet Hesabı:* BIM yazılım araçlarında oluşturulan sanal bir modelde girilen her bir malzeme veri tabanına işlenir ve çağrılması durumunda otomatik metraj listeleri verir. Model üzerinde yapılan her hangi bir değişiklikte metraj listeleri otomatik güncellenir.
- *Yapım Süreci:* Sanal model tüm bina bileşenleri için malzeme siparişi, imalat ve teslimat çizelgelerini koordine etmek için kullanılabilir.
- *Uyumsuzluk, Müdahale ve Çakışma araştırması:* BIM modelleri 3B mekânda ölçekli olarak üretilmektedir. Bütün büyük sistemler etkileşim için görsel olarak kontrol edilebilmelidir. Bu süreçte çelik kirişler, kanallar ve duvarlar ile boru sisteminin kesişmesi kontrol edilebilir.
- *Acil Durum Yönetimi:* Acil durumlarda planlama ve tahliye açısından büyük kolaylık sağlaması da BIM'nin kullanım alanlarına dâhil edilebilir.

2.5. Yapı Bilgi Sisteminin Faydaları

BIM tabanlı bir metodolojinin temel faydaları basittir:

- Daha öncede belirtildiği üzere İki boyutlu CAD yazılımlarında proje dokümantasyonu (plan, kesit, görünüş vs.) ayrı ayrı oluşturulur. BIM sanal modeli parametrik nesnelerle

oluşturulduğu için tüm dokümantasyon eş zamanlı oluşur ve tutarlıdır. Tasarım evresinde yapılacak herhangi bir revizyonda tüm proje eş zamanlı değişir.

- Tasarımın erken evrelerinde farklı tasarım alternatiflerine olanak sağlayabilir, mahal listeleri ve metraj tabloları otomatik olarak oluşturulabilir.
- İnşaat safhasına geçildiğinde CAD yazılımlarına oranla birçok problem çakışma tespiti özelliği sayesinde çözülerek zaman ve maliyet kazancı sağlar.
- Sürdürülebilir yapılar için bilgilerin bir veri tabanında birikiyor olması ve yazılıma dahil edilen eklentilerle yapısal ve çevresel analizler daha kolay ve hızlı yapılabilir.
- Tasarımın erken evrelerinde yapılan performans analizi başarılı tasarım sürecine olanak sağlar.

Stanford University 2007 yılında ‘Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) biriminin BIM kullanan 32 büyük çaplı proje üzerindeki araştırmaları sonucunda da BIM’in faydaları kısaca şöyle raporlanmıştır:

- Bütçedeki değişimlerin %40 oranında azalması
- Maliyet tahminlerinin %3 hata payı ile yapılabilmesi
- Maliyet tahminlerinin oluşturulmasında %80 ‘in üzerinde daha az zaman harcanması
- Yapısal elemanların çakışmalarından kaynaklanan sözleşmeden doğan para kayıplarının %10 oranında azalması
- Tüm proje zamanının %7 oranında azalması (İnternet-14).

2.6. Yapı Bilgi Sistemine Geçiş

Yapı bilgi sistemine geçiş yapacak olan firmaların süreçte dikkate almaları gereken aşamalar (Eastman ve diğerleri, 2011):

- Farklı bireylerden oluşmuş bir takımı dikkatle biçimlendirme, firmadaki farklı ofis ve disiplinlerle ilişkilendirme, dışarıdan gelen danışmanlar yardımıyla firma ihtiyaçlarının değerlendirilmesi. Endüstride BIM gelişiminin incelenmesi.
- Bu geçişte liderlik yapacak ve bu süreci koordine edecek bir bireyin belirlenmesi.
- Üst düzey yöneticilere BIM uygulamasına geçişi hızlandıracak gerekli araştırmaların bilinçli bir şekilde aktarılması.
- Güncel yapı projeleriyle ve BIM araçlarıyla çalışan elemanların alıştırma yapmalarının sağlanması.

- BIM araçları kullanılarak proje sonunda hedeflenenlere ulaşılması.
- Deneme projesinde açık bir şekilde anlaşılan çalışma düzeyine ve gerekli çözümlere ulaşılabilinmelidir. İdeal olarak deneme projesinde daha önce ilişkileri iyi olan bir müşterinin seçimi süreci kolaylaştırır. Bu geçiş sürecinde sağlanan faydaları anlayabilmeli ve pilot projelerde sağlanan gelişimlerin ve aşamaların farkında olunmalıdır. Çalışanlar bu geçişte karşılaşılabilecek sorunları önleyici tedbirler alan bir düşünce setine sokulmalıdır.
- Çalışanların araştırmaları takip etmeleri, endüstri raporlarını okumaları ve konu hakkında yazılan makale ve yayınları dikkatle incelemeleri.
- BIM ve araçlarının gündemde olduğu toplantı ve seminerlere ekip çalışanlarının katılması. Bu sistemlerin firmaya entegrasyonunda önem taşımaktadır.
- Emsal firmalarla bu geçişteki yaklaşımlarını öğrenmek için iletişime geçilmesi.
- Çelik tasarımcıları, üreticiler ve strüktür mühendislerini içeren endüstrideki profesyonel kişilerden; modeli başarıyla kullanan birinin düşük maliyetle, az sürede kaliteli işlerin yapılabileceğinin mal sahiplerine de açıklanması.
- Eğitimi destekleyici yazılımların incelenmesi ve açıkça algılanabilmesinin sağlanması.
- Gerekli zamanlarda yapılan güncelleştirmelerle, yazılımlarda ihtiyaç duyulan gereksinimlerin karşılanması.
- Teknolojideki gelişimleri içeren, ihtiyaçlara cevap veren ve gelişime açık güncel BIM araçlarının takip edilmesi ve standart veri alışverişine sağlanan katkının çok olması.

2.7. Yapı Bilgi Sisteminin Mevcut Durumu

BIM'in bugünkü mevcut durumu şöyle özetlenmektedir.

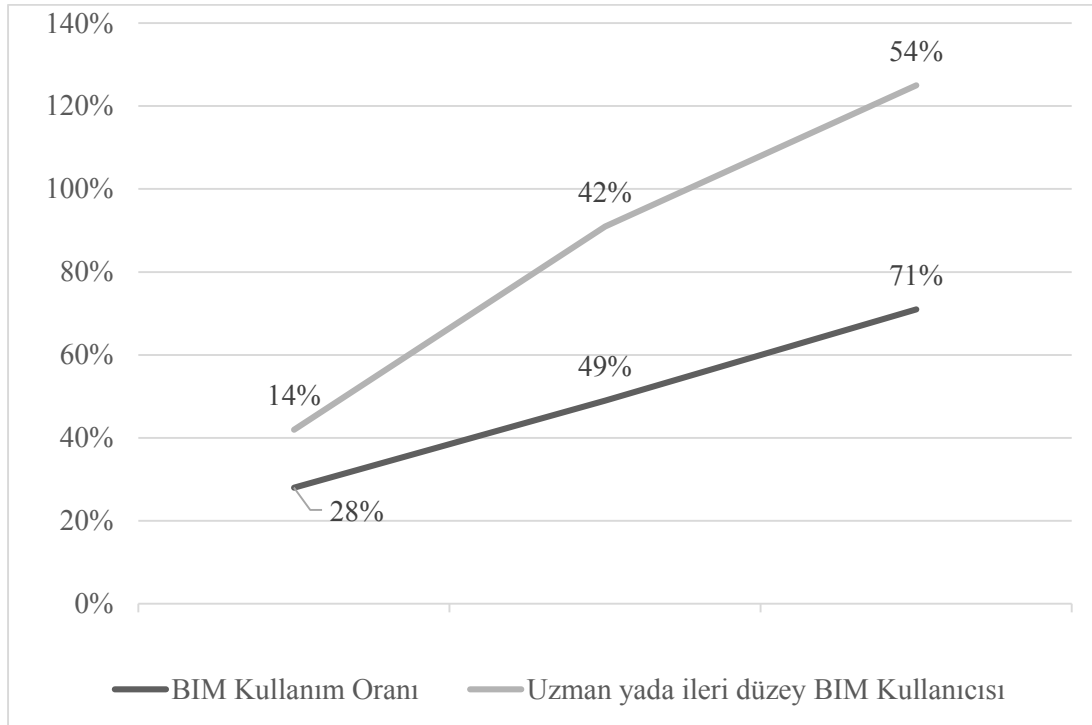
BIM taleplerinin artmasıyla, bu yeni süreç için sözleşme dokümanları ve kılavuzlar dokümanlar geliştirilmiştir,

- Yeni niteliklere sahip personel talepleri ortaya çıkmıştır,
- BIM Manager gibi yeni yönetim rolleri gelişmiştir,
- Sektör içerisindeki BIM adaptasyonu oldukça artmıştır,
- Yapımdaki başarılı uygulamalar, yüklenicilerin süreçlerini yeniden yapılandırmasına yol açmıştır,
- Bütünleştirilmiş uygulamanın yararları geniş bir inceleme alınmış ve belirli projelerde IPD kullanımı tecrübesi artmıştır,

- BIM Süreci ile ilgili Standart oluşturma çalışmaları sürmektedir,
- Yeşil Bina talepleri artmaktadır,
- BIM ilişkili dört boyutlu CAD araçlarının yapım ofislerinde kullanımı artmaktadır,
- BIM yazılım satıcıları kapsamlarını genişletmekte ve disiplinlere özel araçlar sunmaktadır,
- Bina ürün üreticileri tarafından üç boyutlu kataloglar sunulmaktadır (Eastman ve diğerleri, 2011).

2.8. Yapı Bilgi Sisteminin Geleceği

Günümüzde BIM kullanımı, mimarlar, mühendisler ve yükleniciler arasında ana akım haline gelmiştir. 2007'de, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki AEC endüstrisinin sadece% 28'i BIM kullanırken bu sayı 2009'a göre% 49'a ve 2012'de % 71'e çıkmıştır. 2007'de BIM kullanıcılarının% 14'ü 2009'da % 42 ve 2012'de % 54 kişi kendilerini uzman veya ileri düzeyde kullanıcı görmüştür. (Şekil 2.11)



Şekil 2.12. ABD’de 2007’den 2012’ye BIM’in kullanım eğilimi (Eastman ve diğerleri, 2011)

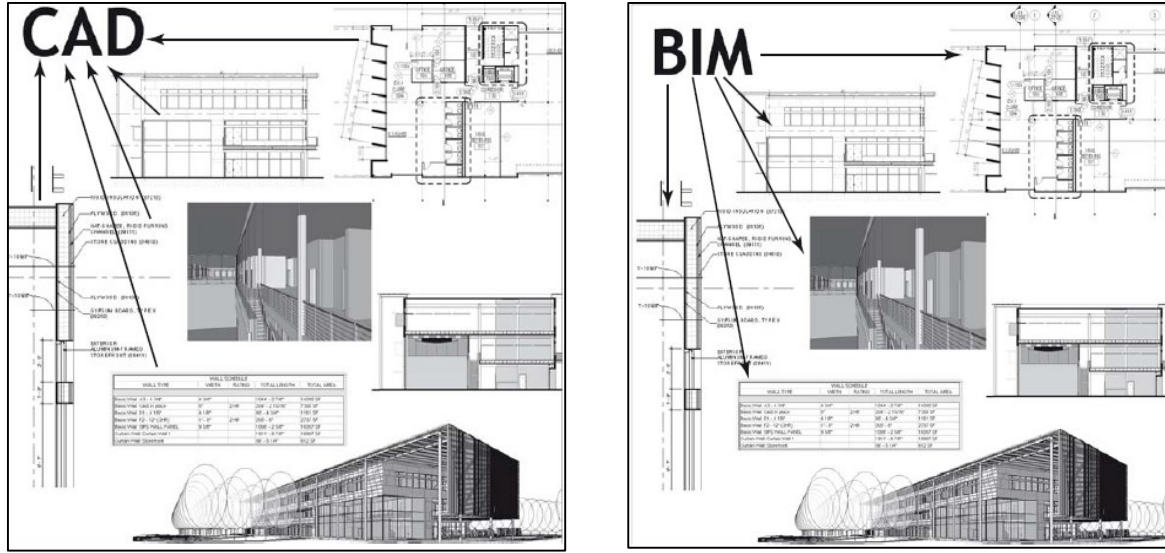
2.9. Geleneksel CAD / BIM Karşılaştırması

BIM ve iki boyutlu CAD arasındaki temel fark, iki boyutlu CAD'in yapıyı birbirinden bağımsız planlar, kesitler ve görünüşler gibi iki boyutlu görünüşler tanımlanmasıdır. Bu görünüşlerden herhangi birinin düzenlenmesi, diğer bütün görünüşlerin kontrol edilmesini ve güncellenmesini gerektirmektedir, hata yapmaya açık olan bu süreç yetersiz dokümantasyonun ana nedenlerinden biridir. İki boyutlu bu çizimlerdeki çizgiler, yaylar ve çemberler gibi alanlar, duvarlar, kirişler ve kolonlar gibi bina sistem ve elemanlar açısından tanımlandığı nesnelerin bulunduğu veriler yalnızca grafiksel elemanlardır (CRC Construction Innovation, 2007: 3). Bu grafiksel elemanlar birbirinden bağımsız çalıştıkları için değişen tasarım kararlarında her bir doküman içerisindeki eleman manuel olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Tasarım sürecinin sonunda proje paydaşlarının oluşturdukları teknik çizimler için süperpoze paftaları yapılarak hata tespiti yapılır. Tespitler sonunda yapılan geri bildirimler, gözden kaçan hatalar gereksiz zaman ve emek kaybına sebep olmaktadır.

Çizelge 2.4. Geleneksel yöntem ile yapı bilgi sistemi arasındaki fark (İnternet-16)

	GELENEKSEL YÖNTEM		YAPI BİLGİ SİSTEMİ	
Bilgi	Alınan Biçim	İçerik Biçimi	Alınan Biçim	İçerik Biçimi
Tasarım Konsepti				
Yerleşim Planı	2B	Çıktılar	2Bve3B	BIM Görseli
Görünüşler	2B	Çıktılar	2Bve3B	BIM Görseli
Kesitler	2B	Çıktılar	2Bve3B	BIM Görseli
Render	2B	Çıktılar	2Bve3B	BIM Görseli
	GELENEKSEL YÖNTEM		YAPI BİLGİ SİSTEMİ	
Bilgi	Alınan Biçim	İçerik Biçimi	Alınan Biçim	İçerik Biçimi
Sistem Bilgisi				
Mimari	Çizimler ve Metin	Çizimlerve Şartnameler	3B Görsel, Metin	Model üzerinden geliştiriliyor.
Tesisat	Çizimler ve Metin	Çizimlerve Şartnameler	3B Görsel, Metin	Model üzerinden geliştiriliyor.
Malzeme Bilgisi	Çizimler ve Metin	Çizimlerve Şartnameler	Model, Planda	Oluşturulan tablolar arasından
Sistem Koordinasyonu	Belirgin değil		Model üzerinden	Modelden ulaşıyor
Diğer				
İş Tamamlanması	Metin	Şartnameler	İçerilmiyor	
Toplam Alan	İçerilmiyor	Manuel hesaplanıyor	Model üzerinden listeleniyor	Otomatik oluşturuluyor
Yapım	Çizimler ve Metin	Dokümanlar üzerinde kararlaştırılıyor	Model, Plan	Model üzerinden kararlaştırılıyor

Geleneksel yaklaşımda ihtiyaç programı doğrultusunda tasarım yapılır. Diğer disiplinler de tasarımdan sonraki süreçte dâhil olarak tasarım geliştirilir. Plan, kesit, görünüş ve dokümanlar teker teker oluşturulur. Yapı bilgi sisteminde tasarım sürecinden itibaren girilen veriler veri tabanında biriktirilmekte ve gerekli çizim ve dokümantasyon arka planda oluşmaktadır. Yapıda kullanılan parametrik modeller sayesinde herhangi bir değişiklikte tüm veriler otomatik güncellenir. Birlikte çalışılabilirlik özelliği sayesinde projenin diğer paydaşları eş zamanlı olarak kendi projelerini aynı veri üzerinde oluşturur ve tasarım evresinde mimari, statik, elektrik ve mekanik projelerin çakıştırıldığı uygulama öncesi son kontrol paftaları da yapılmış olur.



Şekil 2.13. CAD-BIM tabanlı sistemlerinin grafiksel temsili (Krygiel & Nies, 2008, s. 28)

Geleneksel yöntemde enerji analizleri yapılması gerektiği zaman çizimler ve dokümanlar enerji analizi yapabilen yazılımlara tekrar tekrar girilmesi gerekmektedir. Gerekli bir revizyonda tüm çizimler ve analize girilen verilerin teker teker düzeltilmesi gerekmektedir. Bu da ekstra maliyet ve zaman demektir. Yapı bilgi sistemlerinde eklentiler sayesinde veri tabanında olan bilgiler üzerinden analizler yapıp gerekli revizyonlar analizde ve çizimlerde kolay ve hızlı şekilde oluşturulabilir.

Geleneksel yöntemde iki boyutlu çizimler yer almaktadır. Vaziyet, plan, kesit, görünüşler iki boyutlu çizimler üzerinden incelenebilmektedir. Yapı bilgi sistemlerinde iki boyutlu çizimlerin yanı sıra üç boyutlu çizimler de eş zamanlı oluşturulmaktadır. İsteğe bağlı olarak

çizimlere iki ya da üç boyuttan bakılabilir. Geleneksel yöntemde üç boyutlu çizimlerin ayrıca oluşturulması gerekmektedir.

2.10. Yapı Bilgi Sistemi Yazılım Araçları

İngiltere’de oluşturulmuş ve BIM elementlerinin bir araya getirildiği bir kaynak olan National BIM Library üzerinden indirilen ve buraya yüklenen elementlerin dosya biçimlerine bakıldığında, bu verilerin %49’unun Revit, %18’inin ArchiCAD, %10’unun Bentley ve %10’unun da Vectorworks yazılımları kullanılarak oluşturulduğu ve %13’ünün de IFC biçiminde olduğu görülmektedir (Hamil, 2013). BIM tasarım yazılımları arasında öne çıkan firmalardan bazıları, Autodesk, Bentley, Graphisoft-Nemetschek, Gehry Technology ve Tekla’dır.

BIM yazılımları maliyet tahmin özellikleri ile yapılandırılmış olduğu için malzeme miktarları otomatik olarak çıkarılabilmekte ve modelde herhangi bir değişiklik yapıldığı zaman bu değişikliğe göre veriler güncellenmekte olup maliyet tahminlerinde kullanılabilmektedir (Azhar ve diğerleri, 2011).

Çizelge 2.5. BIM yazılım araçları (Reinhardt, 2009: 57-67)

ÜRETİCİ FİRMA	ÜRÜN ADI	DESTEKLENEN FORMATLAR	ÖNCÜL İŞLEVİ
AUTODESK	Revit Architecture	CAD Formats: DWG, DXF, DNG, SAT; DWF/DWFX; ADSK; Image: IFC; ODBC; nwf	3D Mimari Model ve Parametrik Tasarım (Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu mimari tasarım, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Işık ve enerji analizlerinin yanı sıra metraj çıkarılması ve görselleştirme gibi işlevleri de barındırmaktadır (Autodesk, 2014i).)
	AutoCAD Architecture	CADFormats: DWG, DXF, DWS/DWT;	3D Mimari Model ve Parametrik Tasarım (AutoCAD ile genel olarak aynı özelliklere sahip olan yalnızca mimari tasarıma özel iki ve üç boyutlu yazılımdır (Autodesk, 2014e).)
	Revit Structure	CAD Formats: DWG, DXF, DNG, SAT; DWF/DWFX; ADSK; Image: IFC; ODBC; nwf	3D Yapısal Model ve Parametrik Tasarım (Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu strüktürel tasarım, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Yapısal analiz ve metraj çıkarma işlevleri de bulunmaktadır (Autodesk, 2014i).)

Çizelge 2.5. (devamı) BIM Yazılım Araçları (Reinhardt, 2009: 57-67)

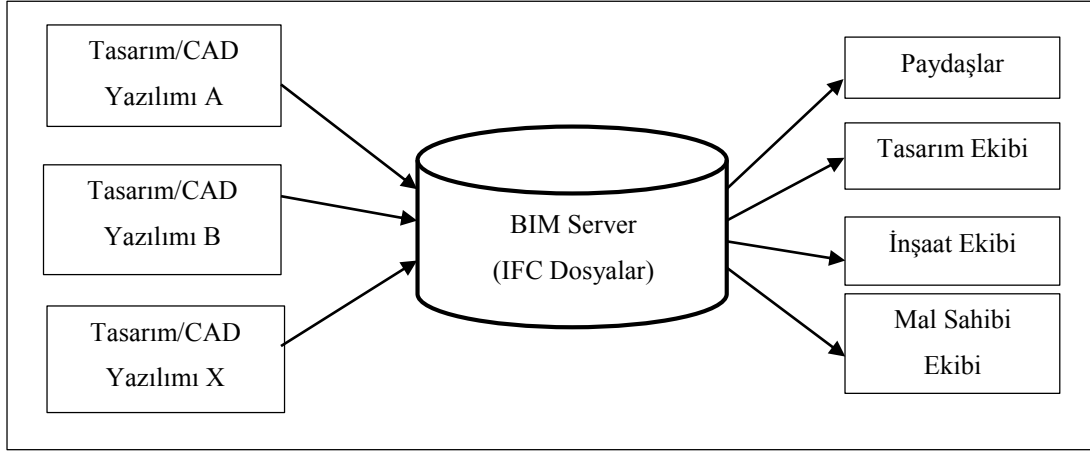
ÜRETİCİ FİRMA	ÜRÜN ADI	DESTEKLENEN FORMATLAR	ÖNCÜL İŞLEVİ
	Revit MEP	CAD Formats: DWG, DXF, DNG, ACIS SAT; DWF/DWFX; ADSK; Image: IFC; ODBC;	3D Detailed MEP Modeling (Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu mekanik ve elektrik disiplinleri tasarımı, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Enerji analizi ve görselleştirme işlevleri de bulunmaktadır. (Autodesk, 2014j).)
	AutoCAD MEP	DWG, DWF, IPT, DXT	3D MEP Modeli (AutoCAD ile genel olarak aynı özelliklere sahip olan yalnızca mekanik ve elektrik gibi disiplinlerin iki ve üç boyutlu tasarımına özel yazılımdır)
	AutoCAD Civil 3D	DGN, DWG, DXF, DWS, DWT, DWF, Nwf	Site Development (İnşaat mühendisliği için BIM'ı destekleyen üç boyutlu tasarım ve dokümantasyon yazılımıdır. Model tasarımı, analizi ve veri yönetimi gibi işlevlere sahip diğer yazılımlarla da veri alışverişi sağlanabilmektedir (Autodesk, 2014h).)
BENTLEY SYSTEMS	Bentley Architecture	DGN, DWG, DXF, STEP, IGES	Mimari Model
	InRoads Site	DGN, DWG	Saha Modeli
	PowerCivil	DGN, DWG, XML data, PDF	
	Bentley Navigator	DGN, DWG	Entegrasyon
GRAPHISOFT	ArchiCAD	CAD Formats: PLN, PLA, DWG, DXF, DNG, DWF/DWFX; Image: IFC, PDF, BMP, JPEG, TIFF, GIF	3D Mimari Model
AEC DESIGN GROUP	MEP Modeler		3D MEP Modeli
	Cadpipe HVAC		3D HVAC Modeli
	Cadpipe mmercial Pipe		3D Boru Modelleme
GEHRY TECHNOLOGİES	Digital Project		CATIA based BIM System for Architectural, Design, Engineering, and Construction Modeling
	Digital Project MEP Systems Routing		MEP Design
CSC (UK)	Fastrak		3D Yapısal Model
DATA 3D	SDS/2 Design		Yapısal Model Detayı
EAST AST CAD/CAM	Fabrication for AutoCAD MEP		3D Detailed MEP Modeling
HYDRATEC M.E.P. CAD	HydraCAD		3D Yangın Sprink Tasarım ve Modeli
	AutoSPRINK VR		3D Yangın Sprink Tasarım ve Modeli
M.E.P. CAD	AutoSPRINK VR		3D Yangın Sprink Tasarım ve Modeli

Çizelge 2.5. (devamı) BIM Yazılım Araçları (Reinhardt, 2009: 57-67)

ÜRETİCİ FİRMA	ÜRÜN ADI	DESTEKLENEN FORMATLAR	ÖNCÜL İŞLEVİ
MC4 SOFTWARE	FireCad		Fire Piping Network Design and Modeling
MICRO APPLICATION	CAD-Duct		3D Detailed MEP Modeling
NEMETSCHEK	Vectorworks Designer		3D Mimari Model (Tasarlama, modelleme ve görselleştirme yazılımıdır (Vectorworks, 2014b).)
QUICKPEN INTERNATIONAL	Duct Designer 3D, Pipe Designer 3D		3D Detailed MEP Modeling
RISA TECHNOLOGIES	RISA		Full suite of 2D and 3D Structural Design Applications
TEKLA	Tekla Structures		3D Yapısal Model Detayı (Model ile koordinasyon, görselleştirme, çizim ve raporların oluşturulabildiği, fabrikasyon için de kullanılabilen analiz ve tasarım yazılımıdır. Proje yönetim yazılımları ile entegrasyonu ile iş programı oluşturulmasında da kullanılabilmektedir (Tekla, 2014).)

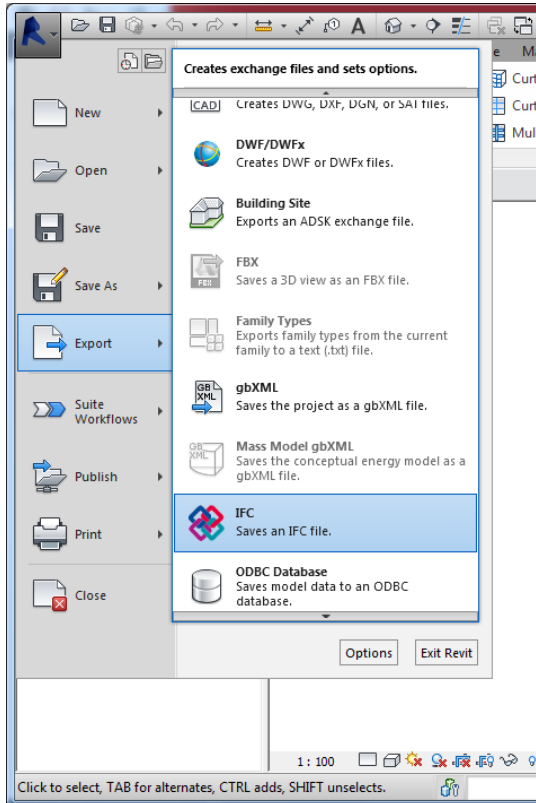
Yapı firmalarında kullanılan yapı bilgi sistem tabanlı yazılımlar; Autodesk Revit ve Nemetschek Allplan, Archicad ve Bentley Microstation V8i yazılımlarıdır. Revit ve Allplan yazılımları firmalar tarafından en çok tercih edilen yazılımlardandır. Bunun sebebi hem BIM tabanlı olmaları hem de ihtiyaca diğerlerine nazaran daha iyi cevap verebilir olmalarıdır (Özge, 2009). Tez kapsamında Revit, ArchiCAD ve Allplan yazılımları incelenecektir.

IFC (Industry Foundation Classes), herhangi bir yazılım sağlayıcının kontrolünde olmayan, ISO-STEP EXPRESS diliyle oluşturulmuş, nötr ve açık bir veri modelidir. International Alliance for Interoperability (IAI) tarafından 1995 yılında geliştirilen veri modellenli bir nesne yönelimli dosya biçimidir. İnşaat endüstrisinde ve özellikle BIM alanında birlikte işlerliğin ve yazılımdan bağımsız veri değişiminin sağlanması için kullanılmaktadır. ISO tarafından uluslararası düzeyde kabul görmüş ve ISO/PAS 16739 olarak sınıflandırılmıştır (Eastman ve diğerleri, 2011).



Şekil 2.14. IFC Dosyalarının tasarım sürecinde rolü (Kiper, 2012)

IFC, fizibilite aşamasından, planlama, tasarım, inşaat ve işletmeye kadar bir yapının tüm yaşam döngüsünü kapsayan bir biçimde yapıya dair tüm bilgiyi yazılımdan bağımsız bir şekilde muhafaza edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede bir BIM kullanıcısının, kendisinden farklı yazılımlar kullanan bir işveren, müşteri, danışman ve ya herhangi bir proje takım arkadaşlarıyla kayıp olmaksızın veri değişimini yapabilmesini hedeflemektedir (İnternet-15).



Şekil 2.15. Revitte dosyanın IFC formatında kaydedilmesi

BIM yazılım araçlarının ortak özelliklerinden biri de “gbXML (green building extensible markup language)” formatı ile program dışına veri aktarılır. Oluşturulan bu ortak dosya formatı farklı analiz yazılımlarında çalışılabilmesi ve birlikte çalışabilirliğe katkı sağlamaktadır.

Modellerden oluşturulan gbXML türü bilgi dosyaları BIM uygulamalarından analiz uygulamalarına bilgi aktarımını kolaylaştırır. Bu tür bilgi dosyaları ile hazırlanan çevresel analiz uygulamaları tasarım seçeneğinin performansının değerlendirilmesine yardımcı olur. Mevcut geleneksel yaklaşımda ise, bu durum tasarımcının deneyimine ve kabul gören bir takım kurallara göre yapılmaktadır. gbXML dosyaları ArchiCAD, Bentley Architect ve Revit uygulamalarından elde edilebilmektedir. Ectect uygulaması, ArchiCAD ve Digital Project uygulamaları ile IFC bilgi alışverişi kabiliyetine sahiptir. IES uygulaması, Revit uygulaması ile doğrudan etkileşim kabiliyetine sahiptir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

2.10.1. Revit Architecture

Revit 2000 yılında Charles River Software Cambridge firmasının yazılımı olarak doğmuştur. Takma bir isimdir, İngilizce’de Revision ve Speed (revizyon ve hız) gibi anlamlara gelen kelimelerden türetilmiştir. 2006 yılında Autodesk tarafından satın alınmıştır. Şu an dünyada en yaygın şekilde kullanılan BIM programıdır (Akkoyunlu, 2015).

Revit parametrik yapı modelleyicisi, yapıyı koordine edilmiş bilgilerin oluşturduğu bir tümleşik veritabanı olarak temsil eder. Tasarımın grafik olarak gösterilmesinin ötesinde, sürdürülebilir tasarımı desteklemesi için gereken verilerin çoğu proje tasarımı devam ederken doğal olarak elde edilir.

Kavramsal enerji analiz araçları daha sürdürülebilir tasarımların oluşturulmasına yardımcı olurlar. Bulut tabanlı analiz araçları tasarımda enerji tüketimi ve yaşam döngüsü maliyetlerini karşılaştırmak için kullanılır. Analiz sonuçlarının kolay yorumlanması için görsel grafikler şeklinde sunulur.

Gelişen teknolojiyle birlikte yazılım şirketleri mevcut programları geliştirmekte ya da yeni programlar piyasaya sürmektedir. Mevcut programlara yapılan eklentiler ile yazılımın yetenekleri arttırılmakta, tasarımcıya zaman kazandırmakta, bütüncül bir yaklaşımla ele alınan projenin çok boyutlu analizi mümkün olmaktadır. Revit (Architecture ve MEP), BIM için özel olarak oluşturulmuş Autodesk tarafından sağlanan bir araçtır. Green Building Studio, Ectect ve Project Vasari olarak bilinen eklentiler Revit ile entegre edilmiştir (Bahar ve diğerleri, 2013). Eklentilerle yapılan bu analizler, tasarımın erken evrelerinde alternatif tasarımlar oluşturulmasına olanak sağlar

BIM tabanlı Revit yazılım araçları

Revit Architecture: Arazi ve kütle çalışmasından detaylı uygulama çizimlerine ve metraja kadar, mimari tasarım ve proje sürecinin tüm aşamalarını destekliyor.

Revit Structure: İnşaat mühendisleri için yapısal modelleme, çizim ve detaylandırma araçları sunuyor ve çeşitli yapısal analiz yazılımları ile birlikte kullanılabilir.

Revit MEP: Mekanik ve elektrik tesisat tasarımı ve projelendirilmesinde kullanılıyor ve çeşitli hesaplama araçları içeriyor (Yeni Mimar, 2009).

Revit'in güçlü yönleri: Bir tasarım aracı olarak Revit Architecture güçlüdür; çizim üretim araçları mükemmeldir. Ancak, yerleşik nesnelerin sınırlamalarının ötesine geçmek isteyen pek çok tasarımcı, daha serbest biçimli bir şekilde tasarım yapmak için diğer yazılım araçlarını kullanır ve ardından üretim modellemesi için Revit'e aktarır. Revit öğrenmesi kolay ve yetenekleri iyi tasarlanmış ve kullanıcı dostu bir arayüzde düzenleniyor. Hem kendi başlarına hem de üçüncü taraflarca geliştirilen çok geniş bir nesne kütüphanesi sahiptir. Çift yönlü çizim desteği, program güncellemeleri ve çizim ve model görünümlerinden yönetim de dâhil olmak üzere, zaman kazanımı sağlar. Aynı proje üzerinde eşzamanlı çalışmayı destekler (Eastman ve diğerleri, 2011).

Revit'in zayıf yönleri: Revit bellek boyutu 4 GB olduğunda, 100'den 300 MB'a kadar olan projeler için önemli ölçüde yavaşlayan bir bellek içi sistemdir. Parametrik kurallar üzerinde birkaç sınırlama vardır. Ayrıca karmaşık kavisli yüzeyler için sınırlı desteğe sahiptir.

Nesne düzeyinde zaman damgası eksik olsa da, Revit henüz bir BIM ortamında tam nesne yönetimi için gerekli desteği sağlamıyor (Eastman ve diğerleri, 2011).

2.10.2. ArchiCAD

Archicad Graphisoft firmasının yazılımıdır. Archicad BIM tabanlı ilk programdır. Yaklaşık 20 yıl önce bugünkü BIM kavramı temel alınarak üretilmiş bir program olması onu BIM'in ilk tanımlayıcılarından birisi yapmıştır (Cyon Research, 2003). Ayrıca Archicad, IFC uyumlu dosya transferini kayıp olmadan tüm mimari ve mühendislik bileşenlerini veri ve geometrik olarak içeriye alabilen ve içeride üretilen veri-geometrik yapıyı dışarı aktarabilen ilk programdır (Khemlani, 2004).

ArchiCAD'in güçlü yönleri: ArchiCAD sezgisel bir arayüze sahiptir ve kullanımı nispeten kolaydır. Büyük nesne kitaplıklarına, tasarım, bina sistemleri ve tesis yönetimi konusunda zengin destekleyici uygulamalara sahiptir. İmalat detaylandırması dışında tasarım işinin tüm aşamalarını destekler. ArchiCAD ile Revit Architecture arasındaki farklar tablo

Çizelge 2.6. ArchiCAD ve Revit tarafından ifade edilen ontolojilerin Krier tarafından karşılaştırılması (Kensek ve Noble, 2014: 31).

Kriter	ArchiCAD 3D Araçları	Revit Architecture Araçları
İç mekân	Zon	Oda
Tavanlar ve döşemeler	Döşeme	Tavan ve döşeme
Kolon ve taşıyıcı ayaklar	Kolon	Kolon
Kapılar	Kapı	Kapı
Kapı kolu	-	Bileşen
Pencereler	Pencere	Pencere
Merdivenler	Merdiven	Merdiven
Cepheler	Duvar, giydirme cephe	Duvar, giydirme cephe
Korkuluklar	-	Korkuluklar
Çatı ve çatı katı	Çatı	Çatı
Kule	-	-
Bina köşeleri	-	-
Avlular	-	-
Dış merdivenler	-	-
-	-	Rampa
-	-	Kayıt-dikme
-	-	Perde ızgarası
-	-	Alan
-	-	Açılma
-	-	Şaft
-	Kiriş	Kiriş
-	Kabuk	-
-	Işıklık	-
-	Lambalar	Bileşen
-	Duvar ucu	-
-	Köşe penceresi	-

ArchiCAD'in zayıf yönleri: Özel parametrik modelleme yeteneklerinde bazı küçük sınırlamalar vardır (Eastman ve diğerleri, 2011: 67).

2.10.3. Nemetschek Allplan

Allplan'ın ilk versiyonu Alman Nemetschek Grubu tarafından 1984'te çıkarılmıştır.

Mimarlık, mühendislik ve tesis yönetimi için çok sayıda otomasyona sahip parametrik tabanlı yazılımda parametrik nesneler 'Akıllı Parçalar' olarak adlandırılır. Allplan da çıkarılan otomatik metraj AMP gibi keşif programlarına doğrudan aktararak yapının yaklaşık maliyeti rahatlıkla oluşturulabilmektedir.

Allplan güçlü yönleri: Allplan, karmaşık geometriyle baş edebilecek tamamen parametrik kural tabanlı bir modelleme yazılımıdır. Raporlar, metrajlar ve çizelgeler küçük özelleştirmeler ile okunabilir bir biçimde kolayca dışa aktarılır. Çalışma arayüzü, elemanların çeşitli şekillerde kolayca görselleştirilmesini sağlar. BIM + bulut tabanlı araç, IFC öğelerinin paylaşılmasına izin verir. Allplan, yapının (örneğin kalıp ve takviye planları) yapısının detaylı planlarının etkili ve verimli bir şekilde oluşturulması gibi Avrupa planlama uygulamalarını desteklemektedir. 2D ve 3D elemanlar ve planlar kolayca birlikte kullanılabilir. Detaylı yapısal tasarım desteği, miktar ve maliyet hesaplaması güçlüdür (Eastman ve diğerleri, 2011: 66).

Allplan zayıf yönleri: Arayüz karmaşıktır. Birçok seçenek ve olanak sağlamasına rağmen ve özneteliklerin çoğu tanımlanabilir, öğelerin doğru bir şekilde oluşturulması için önemli bir manuel kurulum gereklidir. 2B çizim ve 3B modellemenin karışımı, kullanıcıların BIM'e geçerken sadece 2D çizimi kullanmaya devam etmelerini sağlar. Allplan model elemanları diğer yazılımlardan daha az ilişkilendiricidir. Örneğin, bir barındırma elemanının silinmesi veya taşınması gerektiğinde, değişiklikler içindeki elemanlara (örneğin, betonarme bir duvardaki inşaat demiri dizileri) yayılmamalıdır. Allplan, MEP sistemlerini modellemek için üçüncü parti uygulamalarına dayanır (Eastman ve diğerleri, 2011).

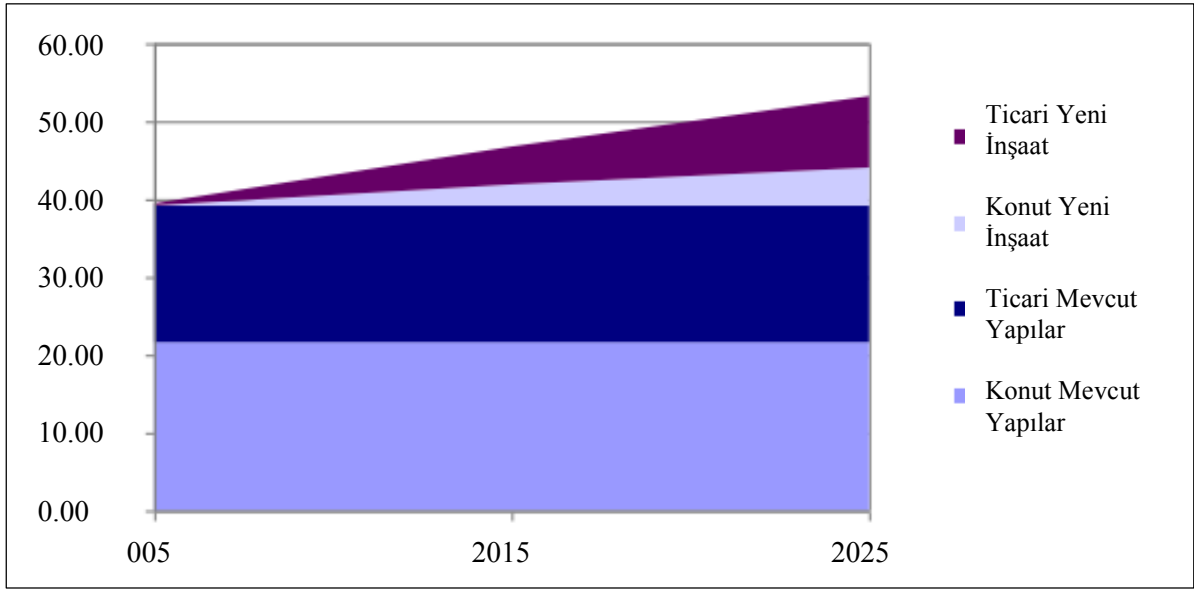
3. YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN MEVCUT YAPILARDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLKELERİ AÇISINDAN POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Dünyada tüketilen enerjinin %50 sine yakını binalar tarafından kullanılmaktadır. Sürdürülebilir tasarım kriterleri uygulandığı zaman binalarda enerji tüketimi % 50 ye varan oranda azalmaktadır. Sürdürülebilirliğin binalara mali olarak % 2'lik bina ön yapım maliyetinde hafif bir artışla, ilk bina maliyetinin yaklaşık% 20'si kadar bir yaşam döngüsü tasarrufu sağlanabilir (Azhar ve diğerleri, 2011). Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve çevre sorunlarının artmasıyla beraber az enerji tüketen, ekolojik yapılar önem kazanmaya başlamıştır.

Huovila ve diğ. (1997) tarafından “hizmet ömrü boyunca, çevre ve sağlık için zararlı emisyonların ve enerjinin kullanımını en aza indiren” yapılar şeklinde tarif edilen sürdürülebilir yapıların tasarım ölçütleri aşağıda ifade edildiği şekilde sıralanabilir (Yeang,1999):

- Yapı kabuğu ve yapı formunun konum, topoğrafya, iklim, manzara, hâkim rüzgâr vb. içeren fiziksel çevre verilerine uygun biçimlendirilerek enerji verimliliği sağlanması,
- Kaynak korunumu, enerjinin etkin ve verimli kullanılması ve alternatif enerji kullanımının yaygınlaştırılması,
- Enerjinin, bakım ve onarım maliyetlerinin, yapıyla ilişkili hastalıkların, atık ve kirliliğin azaltılması ve atıkların değerlendirilmesi,
- Esnek ve değişen koşullara uyum sağlayabilen, uzun kullanım ömrüne sahip yapı tasarımı ile yapılardan beklenen performans düzeyinin arttırılması,
- Sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir ve çevreye duyarlı yapı malzemeleri kullanarak yapı ürünlerinin verimliliğinin ve konforunun, yapı ve bileşenlerinin dayanıklılığının ve esnekliğin attırılması,
- Zararlı ve tehlikeli maddelerden sakınılması ve yapıyla ilgili sağlık ve güvenlik risklerinin en aza indirgenmesi,
- Sağlıklı mekânlar yaratılması ve iç hava kalitesi sağlanması,
- Sunduğu nitelikli ve yaşanabilir çevreler ile kullanıcı memnuniyeti sağlayan mekânların elde edilmesi
- Biyolojik çeşitliliğin korunması ve habitatın korunumu.

1970'lerin petrol krizlerinden sonra, bütün mesleklerde enerji tasarrufu alanında çalışılmaya başlanmış ve pek çok başarısız enerji tasarrufu önlemi alınmıştır. Günümüzde sektörlerin enerji koruma önlemleri hakkında bilgi ve deneyimi mevcuttur. Birçok eski bina, 300kWh/m²/yıl'a kadar yüksek bir enerji tüketimine sahiptir. Deneyimler, enerji tasarrufu önlemlerinin sistematik olarak uygulanmasının enerji tüketimini 100 kWh/m²/yıl'a düşürebildiğini göstermiştir (Bokalders ve diğerleri, 2010: 618). Bu değer sıfır enerjili binalarda minimuma indirilmektedir.



Şekil 3.1. Bina tiplerinin enerji kullanım yüzdeleri (Waide ve diğerleri, 2007: 17).

Yapı Bilgi Sistemi (BIM), kullanıcıların farklı tasarım alternatiflerini değerlendirmelerine ve önerilen projelerin kavramsal tasarım aşamasında hayati enerji stratejilerini ve sistemlerini seçmelerine yardımcı olma becerisine sahiptir. Ayrıca, tasarımcılar BIM araçlarını kullanarak tasarım aşamasında erken dönemde doğru malzemeyi seçebilir ve tüm bina yaşam döngüsü üzerinde büyük etkisi olan enerji ile ilgili kararları alabilirler (Jalaei ve Jrade, 2014).

BIM modelinin sürdürülebilirlik boyutu, iç mekân termal konforunun analizi, aydınlatma ile ilgili olanlar gibi enerji maliyetlerinin simülasyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarının simülasyonu ve diğerleri arasında karbon ayak izinin belirlenmesi gibi farklı yönleri içermektedir. BIM metodolojisinin sürdürülebilirlik analizine uygulanması için bu yeni trendler GREEN BIM olarak adlandırılmıştır (Azhar ve diğerleri, 2011).

Tez kapsamında mevcut yapı terimi hali hazırda inşa edilmiş ve bir süredir kullanılan yapılar olarak ele alınacak ve mevcut yapılarda BIM teknikleri kullanılarak enerji performansına yönelik iyileştirmeler üzerinde durulacaktır.

3.1. Mevcut Yapıların İyileştirilmesine Yönelik Standartlar ve Sertifika Sistemleri

Sürdürülebilirliğin giderek önem kazandığı günümüz şartlarında yeni yapılacak binaların yanı sıra mevcut yapılarda da enerji tüketim miktarları ön planda tutulup, enerji etkin yapılar olarak ömürlerini tamamlamaları önem kazanmaktadır. Yapılar en çok enerjiyi kullanım aşamasında tükettikleri için bu evrede kullanılan enerji miktarının düşürülmesi gerekmektedir. Mevcut yapıların enerji tüketim miktarının azaltılıp, sürdürülebilir yapılar haline dönüşebilmesi için devlet politikaları ve gönüllü kuruluşlar önemli görevler üstlenmektedirler. Bu başlık altında mevzuatlar ve sertifikasyon sistemleri mevcut yapılar açısından incelenecektir.

Ülkemizde Bina Enerji Performans Yönetmeliği'ne göre mevcut yapıların enerji etkin olması zorunlu hale getirilmiştir. Yönetmeliğin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmelikte mevcut yapı yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden önce yapı ruhsatı alınıp yapımı devam eden veya yapımı tamamlanan bina olarak tanımlanmaktadır. Mevcut yapıların TS 825 standartına göre enerji performanslarının yükseltilmesi ve enerji kimlik belgelerinin oluşturularak enerji tüketimiyle sera gazı emisyonları açısından 2020 yılı başına kadar bütün binaların etiketlenmesi öngörülmüştür. (Bina Enerji Performans Yönetmeliği).

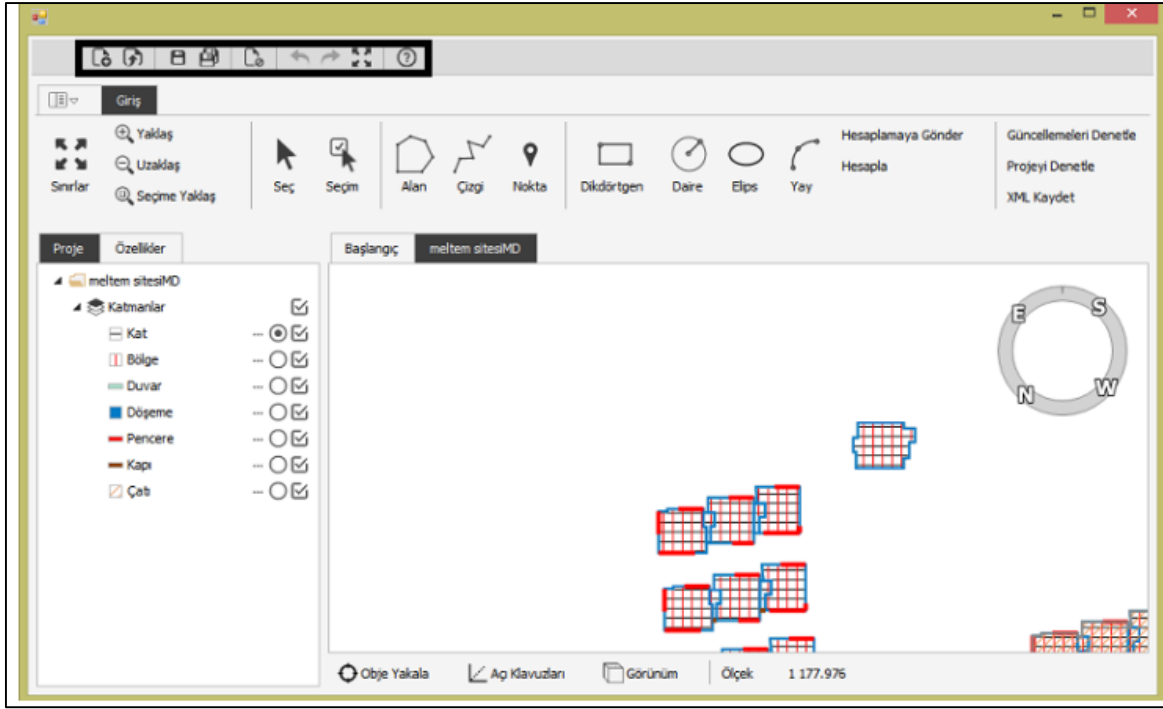
2000 yılında yürürlüğe giren ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardı kapsamında mevcut yapılar ile ilgili kısımlar şöyledir:

- *0.3 Kapsam:* Mevcut yapıların tamamına veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümler için bu standartta verilen ısı geçirgenlik kat sayılarına (Ek A.3) eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır. Standartta tanımlanan hesap metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, (yoğuşma hesabı dâhil) ekler hâlinde (Ek

A - Ek J) standardın sonuna eklenmiştir. Bu standart, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metod belirlemektedir. Diğer amaçlarla olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır.

- *0.4 Amaç:* Bu standardın mevcut yapılar için amacı, mevcut yapıların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemektir.
- *1.2 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri / Özel durum 1:* Mevcut yapılarda yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerde, bu standartta tavsiye edilen değer olarak verilen ısıl geçirgenlik katsayıları (U), mevcut yapıda uygulama yapılacak olan bölümler için sınır değer olarak kabul edilmelidir. Yalıtım uygulaması ile ilgili malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve ayrıntılı çözümlerini içeren bir ısı yalıtım raporu hazırlanarak belirtilmelidir.

Türkiye’de BEP-TR enerji performans yönetmeliği kapsamında binanın enerji ihtiyaçlarının hesaplanması için oluşturulan web tabanlı bir yazılımdır. Yazılım Binalarda Enerji Yönetmeliğini temel alarak binanın enerji performansını ve CO² salınımını referans bir binanın değerleriyle kıyaslayarak A-G arası bir belgelendirme yapmaktadır. A enerji sınıfı en az, G enerji sınıfı ise en çok enerji tüketim miktarını temsil etmektedir. BEP-TR kullanıcısı binaya ilişkin geometrisi, zonlar, giriş yükseklikleri, aydınlatma eleman sayıları gibi verileri sisteme manuel olarak ekler ve 3 boyutlu bir model oluşturur. Bu model üzerinden enerji sınıfı tespit edilir ve enerji kimlik belgesi oluşturulur. İstenilen sınıfın elde edilmemesi durumunda proje dokümanlarında ve BEP-TR verilerinde veriler tekrar değiştirilir. Entegre bir tasarım anlayışını bünyesinde barındırmayan ve sadece enerji analizi yapabilen bu yazılım yetersiz kalmaktadır. Bina yaşam döngüsü boyunca yer alacak olan çok boyutlu BIM sistemlerinin hedeflenen performansa ulaşması daha kolay ve sürdürülebilir olacaktır.



Şekil 3.2. BEP-TR arayüzü (İnternet-4)

Yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde yeni yapılar kadar mevcut yapılar da enerji verimliliğini arttırmak ve konfor şartlarını iyileştirmek şartıyla sertifikaya hak kazanmış olurlar. Yaygın olarak kullanılan sertifikasyon sistemlerinde mevcut yapılar için LEED-EB, BREEAM-In Use ve DGNB Mevcut Ofis ve Büro Binalar gibi alt kategoriler oluşturulmuştur. Mevcut yapılarda sertifikasyon sistemleri belli standartlar kapsamında enerji tüketim miktarlarının, CO² emisyonlarının, atık miktarının, çevresel etkilerinin azaltılmasını amaçlamaktadır. Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen Enerjide Liderlik ve Çevresel Tasarım (LEED) sertifikasyon sisteminde temel modelin geliştirilmesi için modelleyici, ASHRAE 90.1 Ek G'de belirtilen gereklilikleri takip eder. Binaları çevresel etkilerine göre değerlendiren sertifikasyon ve standartlar çok kriterli değerlendirme sürecini beraberinde getirmektedir. Yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde enerji tüketim miktarı fazla olan mevcut yapılar ayrı kredilendirme sistemlerine tabi tutulurlar. Dünyada en çok kullanılan sertifikasyon sistemleri ile ülkemizde kullanılan standartların karşılaştırması çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. BREEAM-In Use, LEED-EB, DGNB- mevcut yapılar ısı konfor ölçütleri karşılaştırması (Yetkin, 2015)

Bölüm	Sertifika Sistemi	Ölçütler	Toplam Puan	Toplam Ağırlık %	Referans Standartlar	Ülkemizdeki Standartlar
CO ² Emisyonları	LEED	EA Kredi 4	2 Puan	2,36	EPA Clean Air Act, Title VI, Rule 608	TS ISO 12039 /TS ISO 7935/ TS ISO 9503
		EA Kredi 5.4				
	BREEAM	Ene 1	18 Kredi	16,2	-	
		Ene 5				
	DGNB	ENV1.1	7 Puan	10,5	DIN 277:2005-02/ DIN 276-1.2006-11/DIN EN 15978	

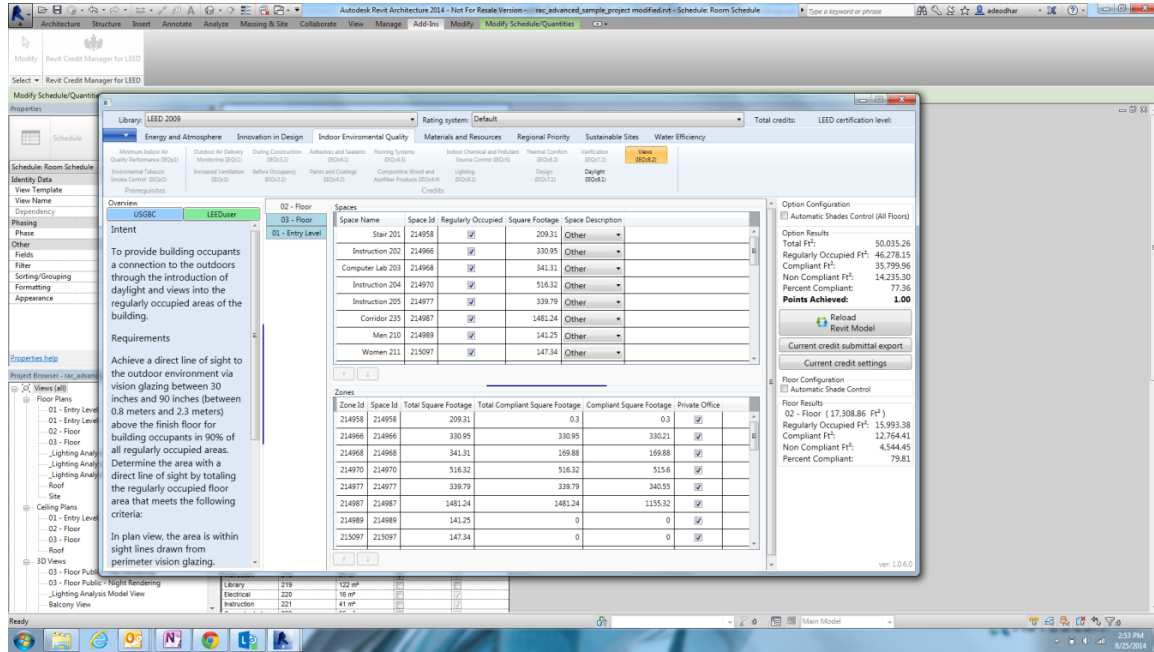
Çizelge 3.2. BREEAM-In Use, LEED-EB, DGNB- Mevcut yapılar enerji verimliliği ölçütleri karşılaştırması (Yetkin, 2015)

Bölüm	Sertifika Sistemi	Ölçütler	Toplam Puan	Toplam Ağırlık %	Referans Standartlar	Ülkemizdeki Standartlar
Enerji Tüketim Ölçümleri	LEED	EA Kredi 5.3	2 Puan	2,36	International Performance Measurement and Verification Protol (IPMVP) Volume 1	TS EN 13187/ TS EN 834
	BREEAM	Ene 2	2 Kredi	1,8	-	
		Ene 3				
	DGNB	PRO 3.2	3 Puan	5,1	DIN V4108-2	

Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (ASHRAE), inşaat mühendisleri için genellikle ticari, kurumsal ve büyük konut binalarına uygulanabilecek bir dizi standart oluşturmuştur. Enerji verimliliği için ASHRAE, başlangıçta Model Enerji Koduna (MEC) (1989) getirilen, ancak şimdi Uluslararası Enerji Koruma Koduna (IECC) kaydırılmış olan standart 90.1'i geliştirdi. ASHRAE Standard 90.1 yeni inşaat ve mevcut yenilemelerde yapı kabuğu gereksinimlerini belirtir. Bu standart temel olarak IECC'ye eşittir. 2001, 2004, 2007 ve 2010 yıllarında IECC'de değişikliklere ayak uydurmak için 90.1'de revizyonlar yapıldı. 2007 yılında USGBC, LEED-NC 2.2 Sertifikasını almak için bir önkoşul olarak ASHRAE Standardı 90.1-2004'ü kabul etmiştir. LEED 2009, ASHRAE Standardı 90.1-2007'ye geçti (Stumpf, 2011: 17).

Bina enerji verimliliği düzeyi belirlemek üzere referans bina tanımlamada tüm dünyada kabul gören en kapsamlı standart ASHRAE 90.1 standardıdır. Bu standardın “G” eki kapsamlı olarak iklim bölgesine ve değerlendirilmek üzere ele alınan binanın tüm sistemlerinin özelliklerine bağlı olarak referans binanın nasıl belirleneceğini tanımlar. Üzerinde yıllardır çalışılmış olan bu standartta dahi bazı belirsizliklerin olması, ülkemizde bu konudaki çalışmalarda uzun ve zorlu bir yolun habercisi olarak görülmeli ve bu konuda daha fazla gecikmeden süregelen çalışmaları destekleyecek standart çalışmalarına da ilgili kurumlar tarafından acilen başlanmalıdır.

Bilgisayar yazılımları sayesinde sertifikasyon ölçüm ve değerlendirmeleri daha pratik ve hızlı yapılabilmektedir. Bu yazılımları bünyesinde barındıran Yapı Bilgi Sistemleri entegre tasarım sürecine katkı sağlarken, tasarımın farklı evrelerinde kullanım konforu açısından yardımcı olmaktadır. Yapı bilgi sistemi yazılımlarına eklenen plug-inlerle yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin istediği kredileri hesaplamaları için enerji analizleri yapılabilmektedir. Revit Architecture programı için geliştirilmiş olan “Revit Credit Manager for LEED” eklentisiyle gün ışığı, su kazanımı, atık miktarı kredi hesaplamaları yapılarak erken geri bildirim alınabilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Revit Credit Manager for LEED ile sertifikasyon sistemi için enerji analizi (İnternet-2)

3.2. Yapı Bilgi Sisteminin Mevcut Yapılarda Faydaları

BIM'in faydalarını yeni yapıların yanı sıra mevcut yapılarda da değerlendirilmesi gerekmektedir. Aşağıda belirtilen faydaların dışında BIM mevcut yapılarda ömrünü tamamlamış ya da yıkım sökülme aşamasına geçmesi gereken herhangi bir yapının sökülmesinde veya yıkılmasında eşit derecede faydalı olabilir (Volk, 2014).

- Güçlendirme planlaması
- Yapılmış belgeler
- Kalite kontrol
- Değerlendirme ve izleme
- Enerji ve uzay yönetimi
- Garanti ve servis bilgilerinin bakımı
- Acil durum yönetimi (Raza, 2017)

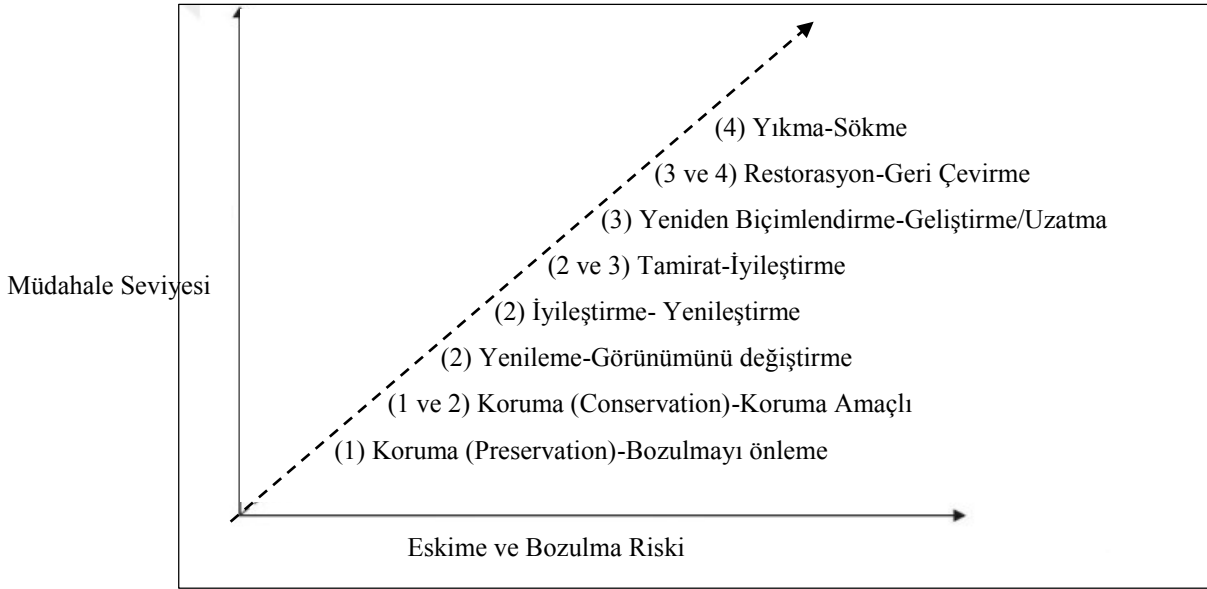
Mevcut yapıda BIM'in kullanımı sayesinde, yapı prototipleri yaratarak tasarımcılar, kapsayıcıların kapsamlı süreçleri ve önerilen önlemleri anlamalarına yardımcı olabilir. Binaların yüksek kaliteli demolarla donatılması, farklı alternatifleri karşılaştırmaları için onlara yardımcı olur ve bunları başlangıç planlama aşamalarında enerji verimli önlemler almaya motive edebilir. Ayrıca, BIM, çatışmanın tespiti ve gelişmiş koordinasyon araçları ile inşaat süresini azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, farklı alternatiflerin maliyet analizi ve çözümleri optimize etme olanağı, paydaşların yatırım geri ödemesi hakkında güvence vermesini sağlar. Diğer potansiyel BIM güçlendirme faydaları yaşam döngüsü değerlendirmesi, işletme ve bakım, yenileme planlaması, maliyet analizi ve çizelgeleme ile ilişkilidir (Gholami ve diğerleri, 2015).

3.3. Yapı Bilgi Sisteminin Mevcut Yapılarda Kullanım Alanları

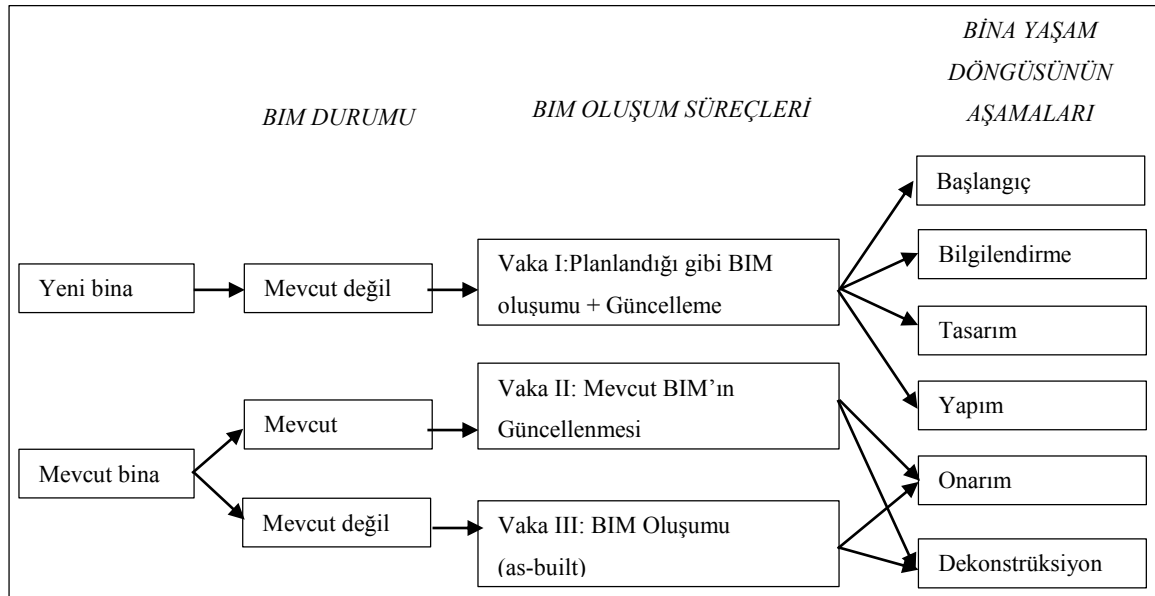
Yeni yapı tasarım ve inşasında BIM kullanan şirketlerin sayısı hızla artmaktadır. Bu teknoloji hızla gelişmektedir ve yeni inşaat projelerinin artan karmaşıklığına uyum sağlamak için kullanılmaktadır. Yenileme veya mevcut yapılar için BIM'in kullanımı hala bir emekleme aşamasındadır ve endüstriyel kullanıcılar tarafından kabul edilmemiştir, BIM'in şu andaki ilk kullanımı yeni binaların planlanması içindir (Volk, 2013). BIM mevcut yapılarda aşağıdaki gibi farklı alanlarda uygulanabilir ve kullanılabilir (Raza, 2017):

- Tesis Yönetimi

- Yenileme planları
- Periyodik bakım planları
- Yeniden yapılanma planları
- Enerji rehabilitasyonu



Şekil 3.4. Müdahalelerin aralığı (Douglas, 2002)



Şekil 3.5. Binanın BIM oluşturma ve yaşam döngüsü (Hajian ve diğerleri, 2009, ISO Standard)

3.1.1. Tesis yönetimi

BIM Seviye 3'e yönelik bir inşaat projesinde yer alan tüm disiplinler arasındaki işbirliği, tesis yöneticilerini modelleme teknolojisine daha fazla dâhil edecektir. Son zamanlarda araştırmacılar BIM ve tesis yönetiminin olası entegrasyonuna bakmaya başlamışlardır, ancak ana odak mevcut yapılardan ziyade yeni yapılar üzerinedir (Ravetz, 2008). Günümüzde mevcut yapı bilgileri genellikle eksik ya da eskidir bu nedenle operasyon sırasında “belirli tesis ve proje bilgilerinin yerini belirlemek ve doğrulamak için çok fazla zaman harcanmaktadır” (Kassem ve diğerleri, 2015). Tesis yöneticilerinin mevcut uygulamayı geliştirmeleri için bir fırsat var ve BIM'i karar verme aracı olarak kullanır (Carbonari ve diğerleri, 2015).

3.1.2. Yenileme planları

Douglas (2002)' a göre, ekonomik ömrü dolmamış bir yapı, “Bozulma, Performans, Kullanım Değişmesi ve Koruma” nedenleri ile müdahale gerektirir ve bu doğrultuda yapılmış bir iyileştirme, sürdürülebilirlik amaçlıdır. Mevcut bir yapının yıkılmasına karşın, yapıya iyileştirilme amaçlı müdahaleler yapılması, çevresel, toplumsal ve ekonomik açıdan duyarlı bir tavidir. Müdahalelere neden olan problemin ya da problemlerin zor veya geri dönüşümsüz oluşu, iyileştirme öncesinde alınacak kararları doğrudan etkilemektedir (Levin, 1996).

Mevcut yapıların iyileştirilmesi, mimari, sosyokültürel, tarihi ve ekonomik açıdan önemli avantajlar içermektedir. Mevcut bir yapıyı yıkma sürecinin “pahalı ve dağınık” bir eylem olduğu düşünüldüğünde iyileştirme yapmak, ekonomik olarak karlı bir çabadır. Mevcut yapıların iyileştirilmesi, projenin tamamlanması için gereken süreyi kısaltırken var olan bir temel, üst yapı ya da ana servisler üzerinde çalışmalar yapmak, önemli bir ön sermaye sağlamaktadır (Douglas, 2002).

İklim değişikliği dikkate alındığında, dünya çapında ısıtma enerjisi talebinin 2100 yılına kadar % 34 azalması beklenirken, aynı dönemde soğutma talebinin de % 72 oranında artacağı tahmin edilmektedir (Isaac ve Van, 2009). Böylece kurak bölgelerdeki binaların şiddetli soğutma ihtiyacı bir sonraki yüzyılda artacak, bu da bu bölgelerin çoğunlukla zayıf enerji ve sürdürülebilirlik bilançosunu etkileyecek ve enerji verimliliği önlemlerinin gerekliliğinin

altını çizecektir. Bir binanın ömrü boyunca tüketilen toplam enerjinin yüzde 85'i kullanım aşamasındadır (Bokalders ve diğerleri, 2010: 612). İyileştirme sadece kullanılan enerjiyi azaltmakla kalmaz, aynı zamanda enerji faturalarını düşürür, iç hava kalitesini artırır ve dış gürültüyü azaltır, yapının piyasa değerini de artırır.

3.1.3. Periyodik bakım planları

Tüm yapı elemanları, malzeme, bitişler ve hizmet alanları, iklim ve kullanım etkilerinin kaçınılmaz bir süreci boyunca zaman içinde bozulmaktadır. Bu bozulma süreci kontrol edilebilir ve binaların fiziksel ömürleri uygun şekilde korunursa uzatılabilir (Chew ve diğerleri, 2004). Mevcut yapılarda hâlihazırda, bakım çalışmalarının çoğu yapı elemanında bozulma, deformasyonu sonrasında yapılır ve daha fazla maliyet gerektirmektedir. Bazı iyileştirmeler ayrı ayrı yapılmak yerine yakın bakım aralıkları eş zamanlı olarak yapılırsa daha ucuza mal edilecektir.

BIM modelleri, sadece planlama ve yapım aşamasında değil, aynı zamanda bakım aşamasında da, üç boyutlu (3D) temsil ile ilişkili bilgilerin saklanması için büyük bir kapasiteye sahip olmaları nedeniyle mükemmel bir araç olduğunu ortaya koymaktadır (Goedert ve Meadati, 2008). Yapının tüm bilgilerine tek bir platformdan erişilebilmesi, değişiklik yapıldığında modelin otomatik olarak güncellenmesi ile birleştirilebilmesi, BIM modelinin bir binanın keşif aşamasında çok avantajlı ve ümit vericidir. Bu şekilde daha güvenilir ve doğru bakım işlemleri gerçekleştirilebilir (Martins ve Cachadinha, 2012).

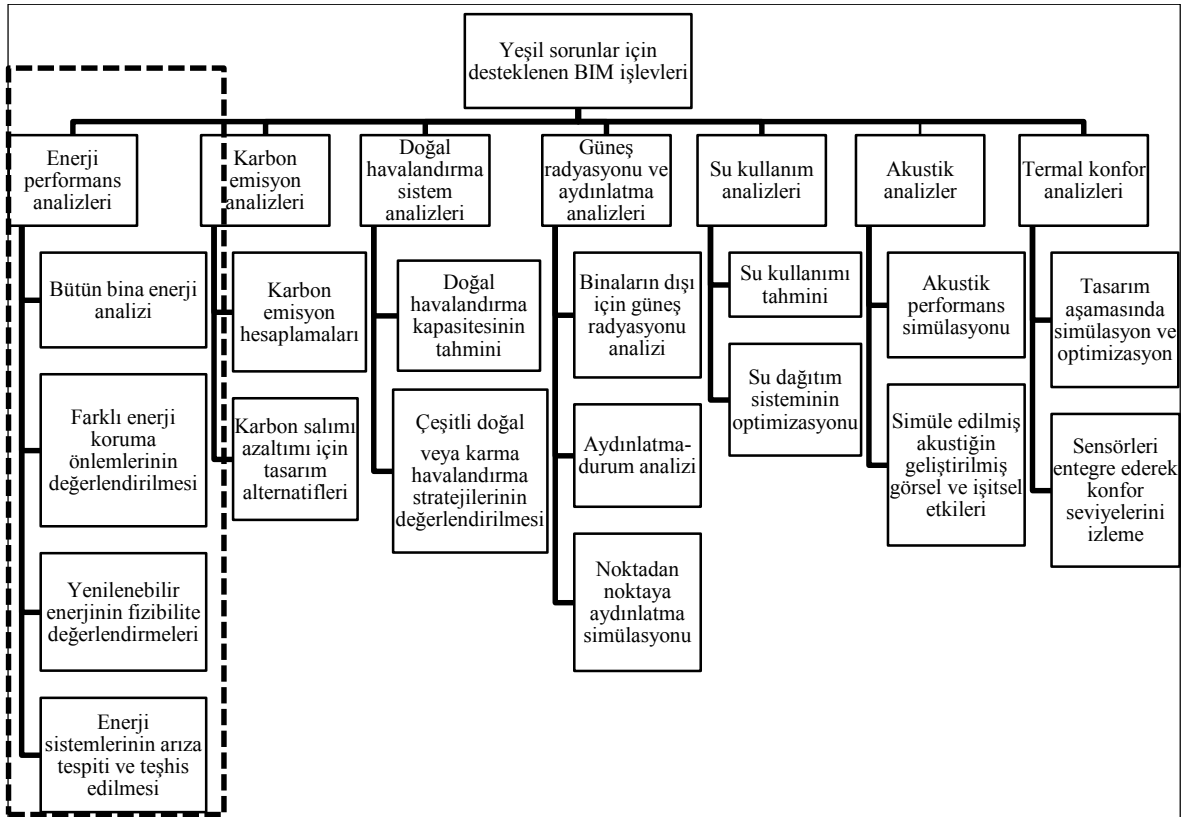
3.3.4. Yeniden yapılanma planları

Genel olarak, uzun bir geçmişi olan eski binaların orijinal tasarım çizimleri eksiktir ve bazı veriler çizimlerde gösterilmez. Bu nedenle, inşaat tasarımının ilk aşamasında belirsizlikler vardır. Özellikle, iç çatlaklar ve gizli gizli işler genellikle, yapıya kadar keşfedilemeyen çizimlerle tutarsızlık gösterir. BIM, binaları sanallaştırıp, binaların iç yapısını tasarımcıların simülasyon modeli şeklinde görüntüleyebilir. Eski binaların yeniden yapılanma tasarımında, tasarımcılar binaların içindeki ve dışındaki yapıların tutarlı olup olmadığını ve devrenin engellenip engellenmediğini kontrol edebilirler (Lisha ve diğerleri, 2018).

3.4. Yapı Bilgi Sistemleri ile Mevcut Yapıların Enerji Etkinliğinin İyileştirilmesi

Ticari sektördeki enerji performansı, genellikle ısıtma, soğutma veya aydınlatma ekipmanının verimliliğini artırmaya odaklanır. Bununla birlikte, bu sistemleri optimize etmek, bir binanın dış kabuğunun termal özelliklerine de bağlıdır. Pencere, duvar, tavan ve ticari bir binanın çatısına yapılan iyileştirmeler, enerji maliyetini düşürürken, kalıp ve diğer nem problemlerini, ekipman arızalarını ve rahatsızlıklarını da azaltır (Waide ve diğerleri, 2007: 60).

Enerji verimli bina yenileme çalışması yapmak için, projenin başından itibaren uygun kararlar alınmalıdır. Bu nedenle, başarı yoluyla kavramsallaştırılmasından bu yana sürdürülebilir ilkeler dikkate alınmalıdır (Gholami ve diğerleri, 2013). Yapı bilgi sistemleri ile yapı kabuğunda, binanın yöneliminde, gün ışığı kullanımında, enerji model oluşumunda, yenilenebilir enerji kullanımında veriler elde edilerek mevcut yapılarda enerji etkin iyileştirmeler yapılabilir.



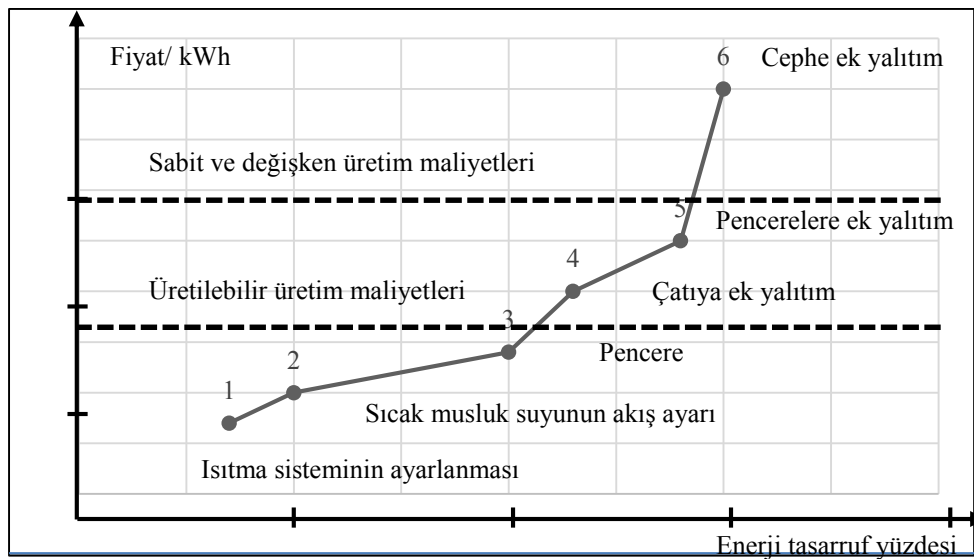
Şekil 3.6. Sürdürülebilirlik analizleri için ana BIM fonksiyonları (Wu ve diğerleri, 2017)

3.4.1. Bina kabuğu

Termal konfor, kullanıcı ve çevre arasındaki ısı alışverişi dengesi ile sağlanır ve kullanıcıların aktivite seviyesinin bir işlevidir. Bir insanın, daha serin veya daha sıcak bir çevrenin tercih edilip edilmeyeceğini ifade edemediği zaman, termal olarak rahat olduğu söylenir (Hassanain, 2008). Eski ve kötü tasarlanmış evlerin ısıtılması zor ve pahalıdır. Yetersiz iç mekân ısı rahatlığı, içeride daha fazla zaman geçirirken ve zayıf termoregülatuar sistemlere sahip olduklarında, yaşlı veya hasta insanlara ve çocuklara daha fazla fizyolojik stres yerleştirerek, sakinler için sağlık sonuçlarına yol açabilir (Heyman ve diğerleri, 2005).

Yapı kabuğu, iç ve dış mekân arasındaki ısı alışverişini kontrol eden ve kullanıcıların termal konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir rol oynayan bir çittir. Yapı kabuğunun geçirgenliğini kontrol etme ve değiştirme kabiliyeti, binaya, yerel hava koşullarındaki değişikliklere tepki gösterme kabiliyeti kazandırır (Anbouhi ve diğerleri, 2016). Mevcut yapıların enerji verimliliğini arttırmak yapı kabuğunda yapılacak en belirgin iyileştirmeler şunlardır (Nemry, ve diğerleri, 2008):

- Ek cephe yalıtımı
- Pencerelerin değiştirilmesi
- Ek çatı yalıtımı
- Havalandırma kayıplarını azaltmak için yeni sızdırmazlık



Şekil 3.7. Enerji tasarrufu ile çeşitli koruma önlemlerinin maliyeti arasındaki ilişki (Effektivare energianvändning, SOU 1986:16)

1–3 arasındaki değişimlerde bireyler için ekonomik olarak, 4-5 arasındaki değişimlerde ulusal ekonomik perspektiften, 6. maddedeki değişim ise uzun vadeli bir çevresel perspektiften faydalıdır (Bokalders ve diğerleri, 2010: 619).

Cephe yalıtımı

Ticari binalarda duvarlar ortalama olarak, ısı iletkenliği ve duvarlardan hava sızmasından kaynaklanan toplam ısı kayıplarının% 21'ini oluşturmaktadır (DOE 2005a).

Mevcut yapılar genellikle yetersiz yalıtılmıştır ve ek yalıtımlarla iyileştirilebilir. Balkon kapılarının alt kısmı kötü yalıtılmış veya hiç yalıtım yapılmamıştır. Cephelerin tamamıyla yalıtımı genellikle uygun maliyetli bir önlem değildir ve çoğu zaman bir binanın karakterini bozar. Yalıtım dış duvarlara eklenirse, nem yalıtım yoluyla kaçmasına izin veren bir şekilde yapılmalıdır. Yalıtımın içten yapılması durumunda dış havayla temas halindeki kirişlerde ve döşemelerde ek yalıtımlar yapılarak ısı köprüleri engellenmelidir (Bokalders ve diğerleri, 2010: 622).

Pencere yalıtımı

Pencereler, enerji kullanımında önemli bir faktördür, binanın kışın toplam ısı kayıplarının % 22'sinden ve yaz aylarında güneş ısısından elde edilen soğutma yüklerinin % 32'sinden sorumludur. On yıllardır ticari binalar, pencerelere atfedilen güneş ısısı kazanımını azaltmak için yansıtıcı veya renkli camları birleştirdi. Günümüzde “spektral seçici” camın kullanımı giderek yaygınlaşmakta, gün ışığından yararlanma tekniklerini daha fazla kullanabilmekte ve bu da elektrik aydınlatma ihtiyaçlarını azaltarak elektrik kullanımını ve soğutma maliyetlerini azaltmaktadır. Mevcut yapıların son 25 yılda yaklaşık % 10'unun pencereleri değiştirilmiştir (Waide ve diğerleri, 2007: 60).

Çatı yalıtımı

Ortalama ticari bina için, çatılar yaz aylarında toplam ısı kazancının sadece% 1'ini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, daha soğuk koşullarda, çatıdan ısı kayıpları diğer binalara benzer, toplam ısıtma yükünün% 12'sini oluşturur (DOE 2005a). Serin çatılar bina enerji kullanımını azaltabilir ve şehirdeki ısı adası etkisine bina katkılarını azaltırken en yüksek soğutma talebini% 10 ila% 15 oranında azaltabilir.

En basit ve en kolay yalıtım çatı katı zeminlerinde yalıtım ilave edilmesidir, ancak saçak da havalandırmayı engellememesi önemli bir konudur. Çatı kapaklarının izolasyonunu yapmak unutulmamalıdır (Bokalders ve diğerleri, 2010: 622).

Sızdırmazlık

Yapı kabuğunda, iç-dış ortam arasında rüzgârdan kaynaklı basınç farkına dayalı veya iç-dış ortam arasında sıcaklık farkının yarattığı basınç farkına dayalı olmak üzere hava sızıntıları söz konusudur. Yapı kabuğunun hava sızdırmazlığının sağlanmasının amacı, enerji performansının yükseltilmesi, yoğuşmaya dayalı yapı hasarlarının önlenmesi, iç ortam hava kalitesinin sürdürülmesidir. Binalarda ısı kayıplarının % 20-% 50'ne hava sızıntıları neden olmaktadır. Binada hava sızıntısının gerçekleştiği noktalar (Çevre Şehircilik Bakanlığı, 2016):

- Malzemelerin içindeki kılcal boşluklar
- Pencere-kapı duvar birleşim noktaları
- Başka malzemelerle birleşim noktaları
- Mekanik ve elektrik tesisatı gereçleriyle birleşim noktaları

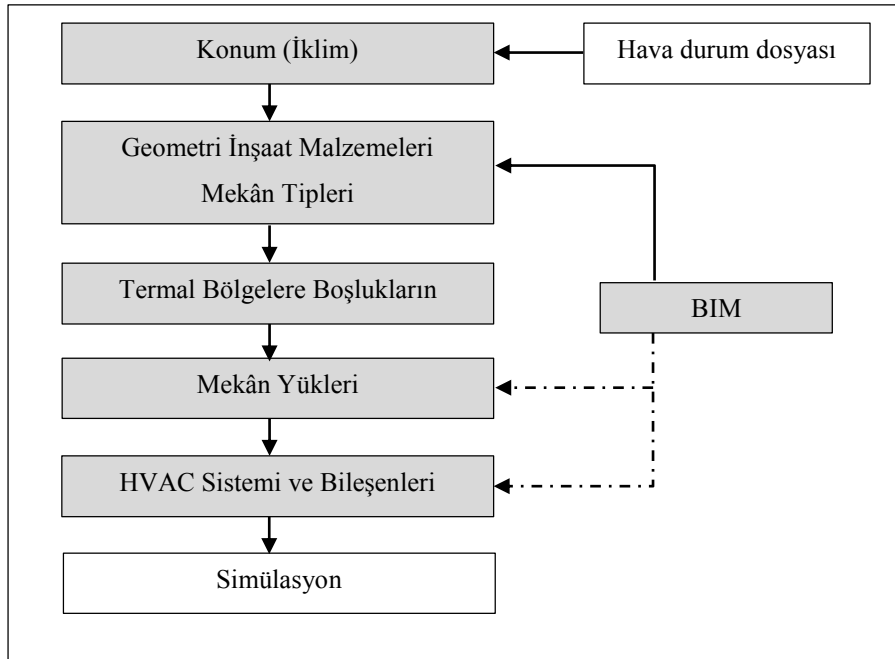
Hava geçirmezlikten kaynaklanan en önemli olumsuz sonuçlar şunlardır (Sandberg ve Sikander, 2005):

- Artan enerji kullanımı
- Azaltılmış termal konfor
- Azaltılmış hava kalitesi
- Nem hasarları

Yapı bilgi sistemi yazılım araçları ile nesneler parametrik olarak birbirine bağlı olduğu ve tek bir veritabanında depolandığı için yapılacak değişiklikler dokümanın bütününe yansır. AEC sektöründe bulunan firmalar gelişen teknolojiye ayak uydurabilmek adına BIM yazılım araç kütüphaneleri için sanal nesneler üreterek kullanıcılara sunmaktadırlar. Mevcut ısı yalıtımsız pencereler kütüphanede bulunan gerçek özelliklerini yansıtan sanal yalıtımlı pencerelerle değiştirilebilir. Enerji analizi BIM yazılım aracı içerisinde eklenen plug-inlerle yapılacağı için değişen verilerin yenedengirilmesine gerek kalmaz.

Çoğu termal simülasyon programı, basit metin tabanlı giriş ve çıkış dosyalarına dayalı ayrıntılı termal simülasyonlar sağlayan bir motor olarak adlandırılanlardan oluşur. Bu motorlar, motorun altında yatan modele göre termal performansı hesaplamak için kullanılan matematiksel ve termodinamik algoritmaları içerir. Simülasyon motoru, girişin bir temsilini içeren tanımlı bir formatın giriş dosyasını (veya dosyalarını) kullanır. Bu girdiye göre motor bir simülasyonu ve çıkışını bir veya daha fazla çıktı dosyasına yazar (Maile ve diğerleri, 2007).

Bir bina ile ilişkili eleman ve sistem (ör. duvar konstrüksiyonları, malzeme özellikleri, mekanlar ve termal bölgeler, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri, jeo-uzamsal bilgi, mekan yükleri, vb.) bilgileri bina analizi için kullanılabilir (İnternet-17). Çoğu durumda, sadece makine mühendisi veya modelleme mühendisi enerji simülasyonlarını tamamlar. Kapsamlı bir termal yapıya ulaşmak için, bu organizasyonel yapı, özellikle ilk tasarım aşamalarında gruplar arasında mükemmel iletişim gerektirir. Ancak, BIM konsepti ile tüm taraflar arasındaki iletişim ve veri alışverişi özellikle yüksek bir seviyeye ulaşabilir, BIM kullanılarak gereksiz bina verileri önemli ölçüde azaltılabilir (Narowski ve diğerleri, 2011).



Şekil 3.8. Termal simülasyon araçlarında enerji performansı için ideal iş akışı (Maile ve diğerleri, 2007)

Yapı bilgi sistemi (BIM) ile enerji analizi daha yüksek bir termal konfor seviyesine ulaşmak amacıyla kullanılmaktadır. BIM çok disiplinli bilgiyi paylaşma kabiliyeti sunmasına rağmen, mevcut BIM henüz termal konforu değerlendirmek için termal ve çevresel sensör bilgilerini entegre etmek için kullanılmaya hazır değildir. BIM, analiz sürecinde kullanılacak çevresel bilgileri barındırarak tasarlanan binaların termal konforunu analiz etme yeteneğini genişletmek için yardımcı araçlar gerektirir (Natephra, 2017). BIM modelleri termal simülasyon sonuçları elde etmek için, termal analiz, bunlara entegre edilen termik motorla (bu durumda kütle modeli otomatik olarak enerji modeline dönüştürülür) ya da birlikte çalışabilen başka bir termik motora aktarılabilir olarak gerçekleşir.

Hem IFC hem de XML, BIM bilgisini farklı BIM ve bina analizleri uygulamaları arasında aktarırken, aktarımda farklı bilgi parçalarının anlamını muhafaza etmek için ortak bir dil oluşturur. Bu, her bir farklı uygulamada aynı binayı yeniden düzenleme ihtiyacını azaltır. Aynı zamanda sürece şeffaflık katar (Welle ve diğerleri, 2012). Bu çoklu platform kavramı, termal araçların değerlendirilmesinde temel kriterdir, çünkü bilginin tek bir sanal temsil ile çok disiplinli depolanmasını sağlar. Veri alışverişinin güvenilirliği ve aracın basit doğası ile kullanıcı dostu arayüzler, termal aletlerin pratik kullanımının ana yönleridir. Birlikte çalışabilirlik tasarım aşamasında, tasarım ekibinin tüm bina tasarımının tamamlanmasından sonra, bina termik modeline erişimine olanak sağlamaktadır. Daha yüksek ve daha güvenilir termal performans simülasyon analizi yapabilmek için çok büyük miktarda veri girişi, zengin 3D geometri modellerinin kullanılabilirliği, etkili veri değişimi ve yazılım arayüzleri çok önemlidir (Bahar ve diğerleri, 2013).

BIM ve enerji simülasyon araçları arasındaki doğrudan bağlantılar, BIM teknolojisinin önemli bir sonucudur ve birbirleriyle açık bir ilişki içinde olan çıktıların oluşturulmasını sağlayarak, zaman, kaynak, çaba ve tasarrufu sağlayan daha iyi koordine edilmiş ve sorunsuz veri alışverişi sağlar, kalite temelli sorumluluk ve riski azaltır (Attia, 2010).

BIM ile enerji analiz programları arasındaki birlikte çalışabilirlik geliştirmekte olan bir alandır ve BIM'in enerji analizi açısından potansiyeli henüz tam olarak optimize edilmemiştir. Şimdiye kadar, BIM yazılımı özellikle mimariye yönelmiştir; Autodesk Revit, Bentley Architecture, Graphisoft / Bentley ArchiCAD ve Vectorworks gibi gelişmeler, öncelikle bina geometrisini modelleme ve rafine etme üzerine odaklanmıştır. Örneğin, özellikle daha

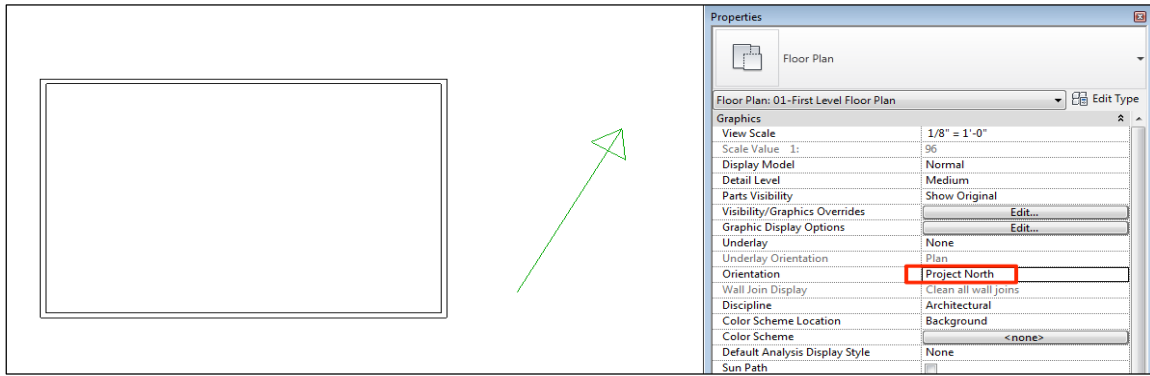
kapsamlı, ayrıntılı ve özel bir termal analizde bir enerji analizi yapmak için, kullanıcılar bazen kendi geometrisini yaratan bağımsız termal yazılıma da güvenmişlerdir. Popüler bina termal aletlerinin işlevselliği son birkaç yılda önemli ölçüde ilerlemesine rağmen, BIM aracılığıyla birlikte çalışabilirliklerinin büyük bir kısmı büyük oranda kullanılmamıştır. Termal analizlerde kullanım için uygun tasarım bilgilerinin, bir bina bilgi modeli içinde, özellikle de sürdürülebilir bina tasarımı amaçları için en yüksek öncelikli birlikte çalışabilirlik geliştirmelerinde yakalanıp yakalanmayacağını belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Son zamanlarda yapılan BIM tabanlı bina enerji analizinin, simulasyon sürecinin, inşaat malzemelerinin bozulmasını göz önünde bulundurmadan sadece BIM veritabanından elde edilen bilgilere dayanması nedeniyle, hala gerçek ölçümlerden saptığını belirtmiştir (Ham ve Golparvar Fard, 2014).

3.4.2. Binanın yönlenimi

Sürdürülebilir tasarımda bina yönlendirmesi, güneşin durumuna göre bir binanın arazide yerleştirilme şekli olarak tanımlanır (Krygiel ve Nies, 2008: 131). Güneş tasarımına yönelik bir bina, pasif ve aktif güneş stratejilerinden yararlanır. Pasif güneş enerjisi stratejileri, güneş enerjisini kullanarak binaları ısıtır ve aydınlatır. Bina oryantasyonu ve yapı malzemeleri ayrıca sıcaklık kontrolünü ve doğal gün ışığını kolaylaştırır. Aktif güneş enerjisi sistemleri, güneş enerjisini dağıtmak için güneş kolektörlerini ve pompalara ya da fanlara güç sağlamak için ek elektrik kullanır. Isı, hemen ısıtılmak veya daha sonra kullanmak üzere saklamak için başka bir yere emilir ve aktarılır. Pasif solar ısıtma, fosil yakıtla çalışan alan ısıtması ihtiyacını azaltmak için güneş ısı kazanımlarını toplamak, depolamak, dağıtmak ve kontrol etmek için bina bileşenlerinden yararlanır. Pasif güneş enerjisi stratejileri ayrıca iyi aydınlatılmış pencerelerle gün ışığına ve dışarıdaki manzaralara da olanak sağlar. Pasif tasarımın amacı iletkenliği en aza indirirken güneş kazancını maksimuma çıkarır. Pasif soğutma, ısıyı bina sıcaklığından koruyarak veya ısıtan korur. Sıcaklığı azaltmak için herhangi bir mekanik işlemden kaçınmak, istenen soğutma yükünü hafifleterek enerji ve maliyet tasarrufu sağlar. Gölgeleme cihazları, yaz aylarında güneşi engelleyerek istenmeyen güneş kazançlarını da azaltabilirken, doğal hava akımı ve esintilere dayanan doğal havalandırma, bina işgal edildiğinde mekanik soğutma ihtiyacını azaltabilir (Shukla ve Sharma, 2018: 243).

Yapı bilgi sistemlerinde tasarım aşamasında oluşturulan sanal model üzerinden binanın konumunun enerji verimliliğine etkisi kolayca görülebilir. Sanal model üzerinden farklı açılar denenerek simülasyonlar yapılır ve enerji kullanım oranları karşılaştırılarak doğru tasarıma ulaşılabilir. Dikkat edilmesi gereken husus BIM yazılım araçlarının çoğu yapının güneye baktığını varsaymaktadır. Tasarımın başlangıcında konum bilgileri girilerek doğru kuzey yönü belirlenmeli ve yapı doğru yönde tasarlanmalıdır (Şekil 3.8). Yine model üzerinden cephelerde yönler göre açıklık ebatlarını kolayca değiştirerek enerji etkinliğine etkisini görebilmek mümkündür. BIM sistemleri üzerinden kütüphaneden piyasada bulunan gölgeleme elemanları seçilebilir ve ebatları değiştirilerek enerji kazancına olan etkisi karşılaştırılabilir. Yapı çatısında oluşturulacak güneş panelleri ile kazanılabilecek enerji miktarını ve potansiyelini tespit etmek mümkündür.



Şekil 3.9. Revit architecture proje kuzeyi-gerçek kuzey belirleme (İnternet-3)

3.4.3. Gün ışığı kullanımı

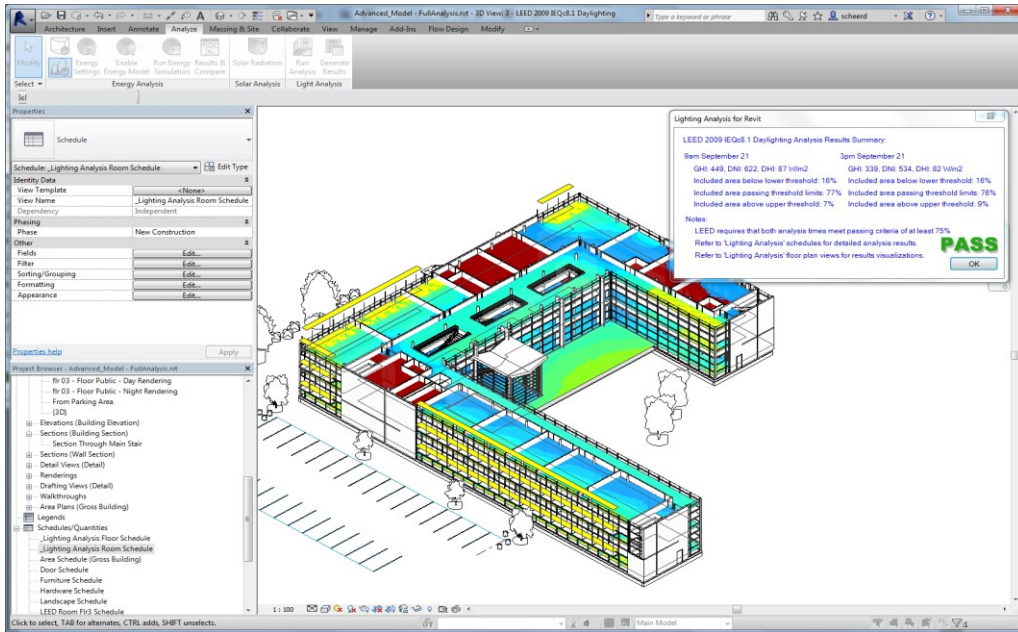
2003 yılında Heschong Mahone Group tarafından hazırlanan “Pencereler ve Ofisler: İç Mekân ve Ofis Çalışanlarının Performansı Üzerine Bir Çalışma” isimli raporda pencere ve gün ışığının personel üzerindeki etkisi aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

- Çağrı merkezi çalışanları %6 oranında daha hızlı arama yapabilmış,
- Daha iyi görüşlere sahip ofis çalışanları, zihinsel testlerde% 10-25 daha iyi performans göstermiş,
- Çalışanlar kendilerini için oluşturdukları sağlık raporlarında iyi görüş sayesinde daha sağlıklı çalışma şartlarına sahip olduklarını bildirmiş,
- Cephe pencerelerindeki parlama potansiyelinde % 15-21 oranında düşüş sağlanmıştır (Krygiel ve Nies, 2008: 154-155).

Gün ışığından yeterince faydalanarak yapıda suni ışığa duyulan ihtiyaç ve enerji kullanımı azalır. Yapının doğru yönelimi ile ücretsiz olan gün ışığının kullanım oranı artırılabilir. Gün ışığı yapıda enerji kullanımının azaltılmasının yanı sıra kullanıcılar üzerinde olumlu bir etki oluşturur.

Gelişen teknolojiyle beraber camın ısı performansında önemli gelişmeler olmuştur. Aşağıdaki çizelgelerde yedi farklı cam türünün ısı değer performansının yönere göre güneş kazanımları değerlendirilmiştir. Pencereilerin tasarımında ve konumlandırılmasında güneş ışığının etkisi gün ışığı tasarımı ile birlikte dikkate alınmalıdır.

Günışığı ile aydınlatma analizlerinde yılın ve günün belirli zaman aralığı - tercihen bulutlu/güneşli günler-baz alınarak yapılmaktadır. Bulutun ya da güneşin tüm yıl aynı olduğu varsayılarak alınıp tasarım elemanları ortalama bir değere göre seçilmektedir. Günümüzde BIM yazılım araçları ile yılın/günün belli aralığı yerine tüm senenin gün gün analizi yapılabilmektedir. Oluşturulan BIM sanal modeli üzerinden gün ışığı analizi yapabilmek için yazılıma plug-inlerin yüklemesi gerekmektedir. Revit Architecture programında Insight 360, Elumtools gibi eklentilerle gün ışığı analizleri yapılabilmektedir. Insight 360 eklentisinde analiz yapılırken LEED Sertifikasyon sistemine göre kredilendirme yapılabilmektedir.



Şekil 3.10. Revit Architecture programında LEED kredilendirmesi için yapılan gün ışığı analizi (URL-2)

3.4.4. Enerji modeli

Tasarımın erken evrelerinde tasarruf yapılacak alanlar araştırılmalı ve önlemler alınarak tasarıma başlanması gerekmektedir. Gerekli araştırma ve önlemlerden sonra BIM yazılım aracında ayrıntılı sanal model oluşturulmalıdır. Modelin konumu, iklim verileri, yapı elemanlarının özellikleri gibi enerji simülasyonunu etkileyecek veriler eksiksiz programa girilmelidir. Girilen veriler piyasada bulunan enerji simülasyon araçlarının ortak kullanım formatı olan gbXML de kaydedilerek bilginin sürdürülebilirliğine katkıda bulunulur.

Bina Enerji Modellemesi (BEM), bir binanın enerji kullanımı ve enerji kullanma sistemlerinin ayrıntılı bir analizini yapmak için bilgisayar tabanlı simülasyon yazılımı kullanma pratiğidir. BEM, proje verimliliği seçeneklerini karşılaştırmak, kodlara veya yeşil bina sertifika gereksinimlerine uymak, tasarrufları tahmin etmek ve gerçek performansı bildirmek için kullanılabilir (Ellen ve diğerleri, 2013).

Çizelge 3.3. Ortak kullanılan BEM yazılım araçları ve amaçları (Ellen ve diğerleri, 2013)

Araç Kategorisi	Amaç	Örnek Yazılım
Bütün Bina Enerjisi	Tüm bina enerji modelleme ve simülasyonu, bütünleşik tasarım desteği, ticari kurallara uygunluk, LEED uyumluluğu, federal ticari bina vergi indirimleri	EnergyPlus (DesignBuilder, AESim, Energy Simulator, OpenStudio, Simergy), DOE-2.1E (VisualDOE), DOE-2.2 (eQUEST, Green Building Studio), IESVE, HAP, TRACE 700
Site/ Güneş / İklim	İklim verileri (sıcaklık, nem, güneş, rüzgâr), iklim analizi, psikrometrik şema, iklime özel stratejiler	Climate nsultant, ETECT
Pasif Tasarım	Güneş mimarisi, termal kütle, gölgeleme, doğal havalandırma, yük hesaplamaları	SUNREL, ETECT
İç Hava Kalitesi	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD), hava akımı, iç ortam hava kalitesi, havalandırma, termal konfor	NTAM, FLOVENT, ANSYS Fluent
Kabuk Sistemleri	1-D / 2-D / 3-D ısı transferi, termal ürünler, cam, pencereler, çerçeveler, fenestrasyon, nem göçü	Optics, Window, Frame, Therm, WUFI
Aydınlatma ve Gün Işığı	Elektrikli ışık enerjisi kullanımı, günışığı simülasyonları, aktif gün ışığı kontrolleri, sensör yerleştirme, işleme	DAYSIM, AGI32, IES VE, SPOT, Radiance
HVAC Ekipman ve Sistemleri	Yük hesaplamaları, ekipman ve kontrol modelleme, ekipman boyutlandırma	HAP, TRACE 700, TRNSYS
Yenilenebilir Enerji	Güneş termal, güneş elektrik, rüzgâr	F-Chart, PV Watts, HOMER

Piyasada bulunan bazı popüler enerji yazılım araçları şöyledir:

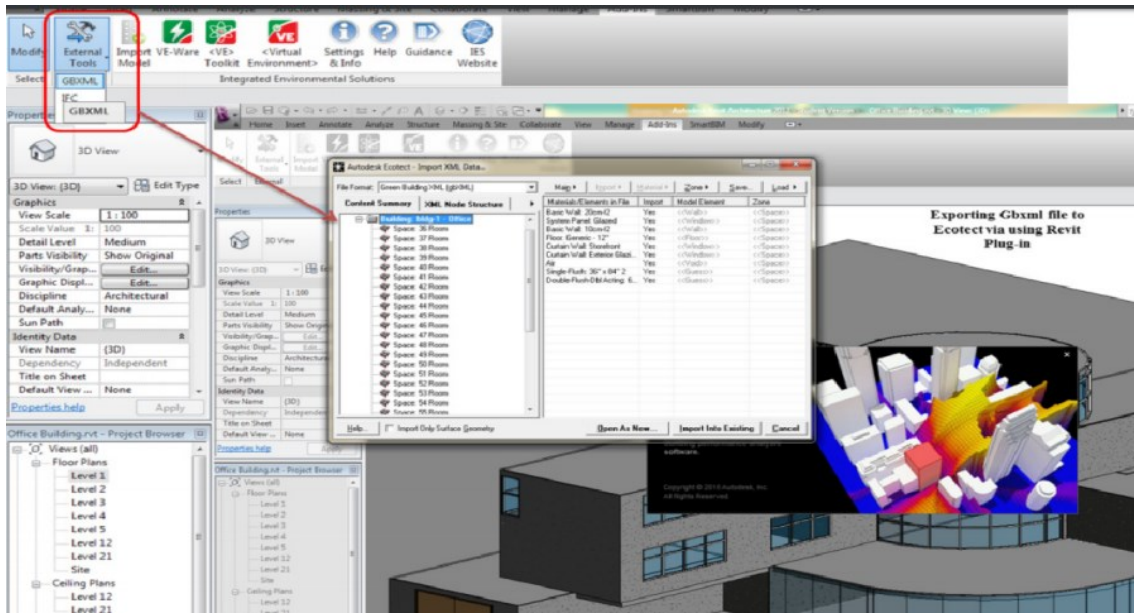
IES <VE> IES <VE> (<http://www.iesve.m>)

BIM modeli ile yüksek düzeyde doğruluk ve birlikte çalışabilirliğe olanak sağlayan bir enerji analiz aracıdır. Uygulama, enerjiden gün ışığına çıkana kadar, çevre analizinin tüm alanlarını çalıştırabilir (Krygiel ve Nies, 2008: 189). Integrated Environmental Solutions Ltd (IES) şirketi BIM simülasyon ve değerlendirme araçları olan VE-Ware, VE-Toolkits, VE/Energy, VE/Lighting & Daylighting, and VE/Solar şeklinde bir bina paketi üretmiştir. Bina geometrisini girdi olarak kullanır ve binanın enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları hakkında geri bildirim sağlamak için iklim koşullarına ve farklı bina, oda ve sistem tiplerinin tipik özelliklerine ilişkin uluslararası verileri kullanır. Google SketchUpTM'in IES eklentileri olduğu gibi VE-Ware tümleşik enerji ve karbon kullanım aracı ücretsiz olarak kullanılabilir. Dezavantajlardan biri şu anda yalnızca Revit veya Google SketchUpTM'den dışa aktarılan modellerde çalışmaktadır. IES, gelecekteki sürümde diğer BIM uygulamalarıyla çalışmak üzere genişletmeyi planlamaktadır (Stumpf ve diğerleri, 2011: 76).

Ecotect (<http://www.ecotect.m>)

Bu uygulamada bir binanın geometrisini ve zonlarını içeren bir formatta ve diğer araçlarla birlikte çalışabilirlik potansiyeline sahip olduğu için modelleri kolayca oluşturabilir. SketchUp ve VectorWorks yazılımlarından doğrudan içeri aktarabilirken Revit gibi BIM yazılımlarında gbXML gibi formatlara dönüştürülerek (uzay, hacim, malzeme) gibi özelliklerin transferine olanak sağlar. Yazılımla çevre tasarımı, çevre analizi, kavramsal tasarım, doğrulama; güneş kontrolü gölgeleme, termal tasarım ve analiz, ısıtma ve soğutma yükleri, hâkim rüzgârlar, doğal ve yapay aydınlatma, hayat çevrim değerlendirmesi, hayat çevrim maliyeti, zamanlama, geometrik ve istatistiksel akustik analizleri yapılabilir (Shukla ve Sharma, 2018: 219).

Programın dezavantajı ücretli ve lisanslı kullanıma açıktır. Kullanıcı programa hakim olmaması durumunda yanıltıcı sonuçlar verebilir. Autodesk firması Revit için daha kapsamlı ve gelişmiş eklentiler sebebiyle Ecotect yazılımının lisans satımını durdurmuştur.



Şekil 3.11. Geliştirilmiş eklenti aracılığıyla BIM modelini gbXMLformatında Ectect'e aktarmanın anlık görüntüsü (Jalaei ve Jrade, 2014)

EnergyPlus (<http://www.energyplus.gov>)

EnergyPlus, binalarda suyun yanı sıra ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını da modelliyor. Başlangıçta BLAST ve DOE-2.1E özelliklerine dayanan EnergyPlus, ABD Enerji Bakanlığı tarafından bir enerji analizi ve termal yük simülasyon programı olarak ücretsiz olarak indirilebilir. Modüler sistemler ve ısı dengesi tabanlı bölge simülasyonu, multizon hava akışı, termal konfor, su kullanımı, doğal havalandırma ve fotovoltaik sistemler ile entegre tesis gibi ek özellikler içerir. EnergyPlus, “kullanıcı dostu” grafik kullanıcı arayüzü olmayan bağımsız bir simülasyon programıdır. EnergyPlus girişi okur ve çıktıları metin dosyaları olarak yazar. EnergyPlus için bir dizi grafik arayüz yazılmıştır ve Enerji Departmanı gelişmiş özelliklerin geliştirilmesini finanse etmeye devam etmektedir. EnergyPlus simülasyon motoru, Bentley tarafından satın alınan Hevamp gibi ticari olarak temin edilebilen enerji analiz araçlarına yerleştirilmiştir (Stumpf ve diğerleri, 2011: 72).

eQUEST (<http://www.doe2.m/equest>)

Hızlı Enerji Simülasyon Aracı, bu uygulama, Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı (LBNL) tarafından oluşturulan ücretsiz bir araçtır. Yazılımda bir bina için enerji

parametrelerini tanımlayan bir dizi yardımcı sihirbaz içerir. Şu anda hiçbir yazılımdan içeri veri aktarmak mümkün değildir, geometrinin yalnızca Equest'te modellenmesi gerekmektedir (Krygiel ve Nies, 2008: 189).

eQUEST'te her birinin farklı karmaşıklık seviyelerine sahip olduğu ya da kapsamlı DOE-2 arayüzünün kullanılabileceği üç girdi sihirbazı vardır. eQUEST'te ileri düzey kullanıcıların bunları metin düzenleyicileriyle düzenleyebildikleri birkaç önemli dosya türü vardır.

- PD 2 - Sihirbazlar için giriş girdileri: Bu dosyadaki veriler, varsayılan tarafından değil, kullanıcı tarafından girilen verilerdir.
- PRD - Parametrik çalışma tanımları: Bu dosya, örneğin cam türlerini karşılaştırırken parametrik çalışma seçenekleri içerir.
- SIM - Büyük çıktı dosyaları (metin): Gelişmiş raporu görüntülemek istediğimizde bu durum, eQUEST'te görüntülenebilir.
- INP - Bina girişleri (sihirbazlar tarafından oluşturulmuş).

Yazılım aracıyla enerji performans simülasyonu, enerji kullanım analizi, kavramsal tasarım performans analizi, LEED, Enerji ve Atmosfer Kredi analizi, Yaşam döngüsü maliyet analizi, DOE 2, PowerDOE, bina tasarımı sihirbazı, enerji verimliliği ölçüm analizleri yapılabilmektedir (Shukla ve Sharma, 2018: 219-228).

Daha çok metinsel, detaylı ve teknik veri girişi gereklidir. Deneyimsiz kullanıcılar program kabullerini kullanmak zorunda kalırlar, ki bu kabuller Kaliforniya eyaleti kanunlarına göre yapılmıştır. IP birimlerini kullanması Türkiye açısından kullanımda olumsuz bir özelliktir. Çıktı özeti, grafiksel rapor özetlerinin birbirine eklenmesinden oluşur. Pek çok ayrı simülasyonun sonucu, parametrik sekme sonuçları, yıllık üstüste bindirilmiş veya azar azar artan mali analiz sonuçları, binlerce simülasyon değişkeni ve saatlik simülasyon sonuçları bir arada verilir. Bu nedenle, yazılımın raporunu yorumlamak ve alternatif karşılaştırmalarını tasarımda kullanabilmek için iyi bir bilgi düzeyine sahip olmak gereklidir. eQUEST, iki boyutlu bilgisayar destekli çizim dosyalarının, çok bölgeli modelleme ve eğik yüzey veya eğimli çatı modellerinden içeri veri aktarımına izin verir, ancak hiçbir üç boyutlu CAD, BIM, gbXML vb. model ile veri paylaşımı yapamaz. Kaliforniya eyaleti tarafından kamu finansmanı ile oluşturulan yazılım ücretsiz olarak web

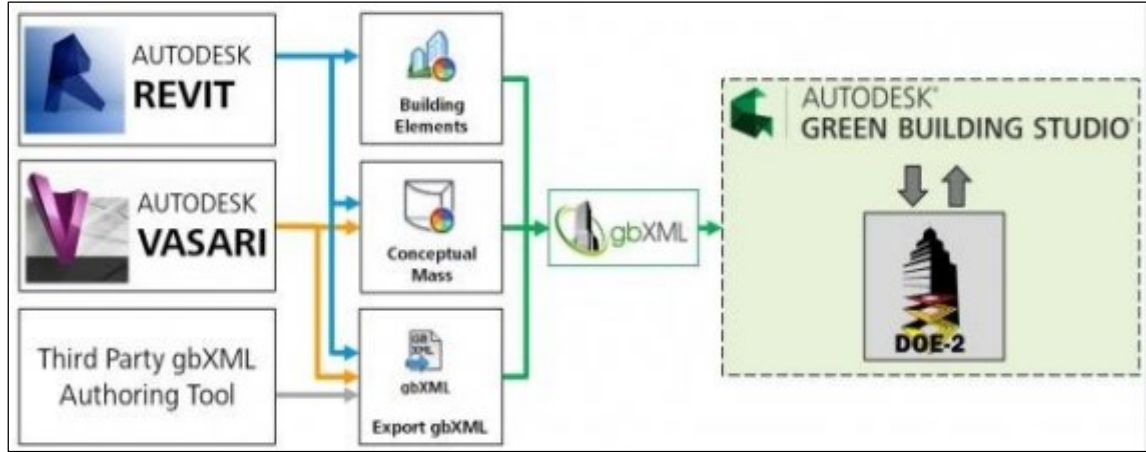
sayfasından indirilebilir. Program ile birlikte Kuzey Amerika'daki binden fazla yerel iklim verisi de kullanılabilir (Tokuç, 2009).

Green Building Studio (<http://www.greenbuildingstudio.m>)

Bulut tabanlı tüm bina enerji analizini kullanan Green Building Studio, enerji tüketimini tahmin etmek, karbon emisyonlarını belirlemek ve yenilenebilir enerji kullanımının potansiyelini anlamak için tasarımın analizini sağlamak üzere yüklenen gbXML dosyalarını kullanır. Kullanılan gbXML dosyaları Revit Conceptual Energy Analysis kitle modelleri veya Autodesk Revit Architecture veya Autodesk Revit MEP veya uyumlu üçüncü parti ürünlerden oluşan odalar veya alanlar içeren daha ayrıntılı bina bilgi modellerinden türetilir. Revit Kavramsal Enerji Analiz araçlarında mümkün olan analiz çalışmalarına ilave varsayımlar ve parametreler uygulanabilir. Ek olarak, eğer gbXML bir Autodesk® Revit® MEP modelinden türetilirse, analiz için belirtilen alan tipleri, iç yükler, konstrüksiyonlar ve HVAC ekipman verileri kullanılacaktır (İnternet-6).

Uygulamada binanın kullanımı ve yükleri üzerine değerlendirmeye dayalı bir performans enerjisinin hızlı ve grafik geri bildirimini sağlar. Autodesk firmasının tüm bina enerji analiz programları Revit ve Vasari'dir. Green Building Studio yazılımının üç boyutlu modelleme özelliği yoktur. Revit, Vasari ya da farklı bir programda oluşmuş model gbXML formatına dönüştürülerek yazılıma aktarılabilir. Yazılım DOE-2 simülasyon motoruna dayanır (Şekil 3.13). Yazılım bulut tabanlı olduğu için bilgisayara kurulum gerektirmez, internet erişimiyle her daim kullanılabilir.

Dezavantajı çok detaylı olmayan değerlendirmede bina türü veya kullanımı yazılımdaki mevcut seçeneklere uymuyorsa sonuçlar doğru olmayabilir (Krygiel ve Nies, 2008: 189). Autodesk aboneliği istenmektedir ve kayıtlı kullanıcı Revit üzerinden doğrudan yazılıma erişebilir.



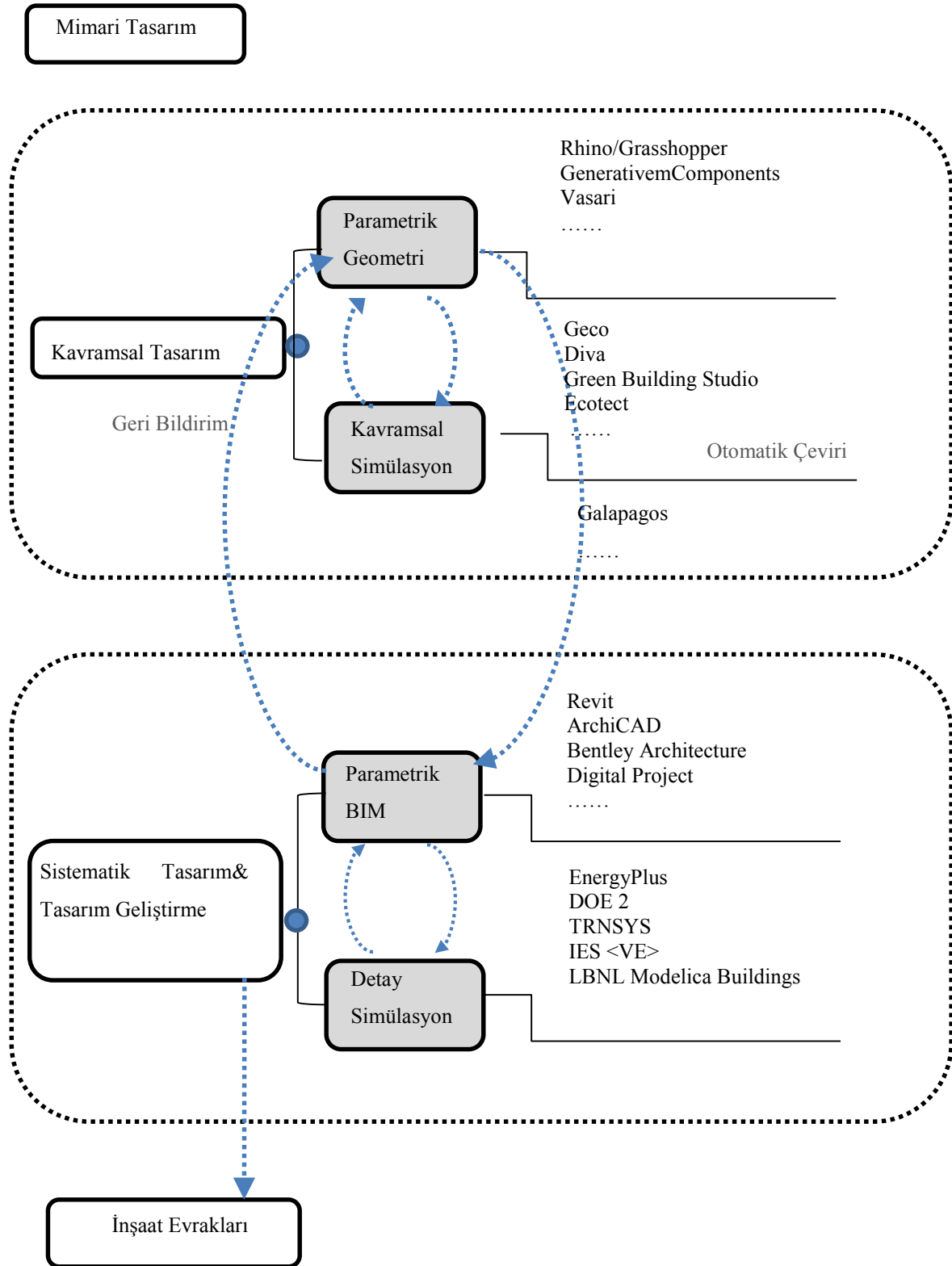
Şekil 3.12. Autodesk bütün bina enerji analizi (Otuh, 2016)

DesignBuilder (<https://www.designbuilder.com/>)

EnergyPlus termal simülasyon motorunu kullanır. 3D olarak çalışarak, bina tasarımlarının erken evrelendirilmesine izin veren ortak yapı elemanlarını içeren veri şablonlarına sahiptir. Geniş bir HVAC türüne sahip kullanıcılar IDF dosyalarını dışa aktarmalı ve EnergyPlus IDF editöründe çalışmalıdır. 3D model hiyerarşisini organize etmenin birçok farklı yolu vardır ve ayrıca kullanıcının gerçekçi materyaller ve doğru gölge dökümüyle modeli görüntülemesini sağlayan bir OpenGL görselleştirme seçeneği sunar.

Ancak, inovasyonlarına rağmen, DesignBuilder diğer uygulamalarda yaratılan CAD / BIM dosyalarını içe aktarma yeteneğiyle sınırlıdır - şu anda sadece 2D DWG / DXF dosyalarını içe aktarmak mümkündür (Stumpf ve diğerleri, 2011: 71).

Parametrik nesnelerle çalışan yapı bilgi sistemi yazılım araçlarında yapılan simülasyonlarda hata riski bulunmamaktadır. Günümüzde kullanılan enerji simülasyon modellerinde nesneler arasında parametrik bir ilişki yoktur. Örneğin, bir duvar bir enerji modeline dönüştürüldüğünde, pencereler, gölgelendirme cihazları, odalar, bölgeler, çatılar ve duvarla ilişkili alanlar otomatik olarak güncellenmelidir, ancak enerji modelinde güncellenememektedir. BIM'in parametrik değişim yetenekleri süreci iyileştirir çünkü parametrik değişiklikler BIM'de başlatılır ve bütüne yayılır (Şekil 3.14). Parametre değişiklikleri BIM'den enerji simülasyonuna geçirilir, bu da bina geometrisinin işlemde değişmesine izin verir (Welle ve diğerleri, 2012).



Şekil 3.13. Kolaylaştırılmış parametrik modelleme, BIM ve bina enerji modellemesi (Kensek ve Noble, 2014: 64)

3.4.5. Yenilenebilir enerji kullanımı

Enerji krizi, çevresel, ekonomik, politik, piyasa ve sosyal konular nedeniyle, araştırmacılar enerji tüketimini güvence altına almak, çevreyi korumak ve bölgesel kalkınmayı teşvik etmek için sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjilerin kaynaklarını geliştirmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde tükenmeden doğal olarak kendilerini yenilemektedir. Temel yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanım alanları çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı (Panwar ve diğerleri, 2011)

Enerji Kaynağı	Enerji dönüşümü ve kullanım seçenekleri
Hidroelektrik	Enerji üretimi
Biyokütle	Isı ve güç üretimi, piroliz, gazlaştırma, sindirim
Jeotermal	Kentsel ısıtma, elektrik üretimi, hidrotermal, sıcak kuru kaya
Güneş	Solar home systems, solar dryers, solar okers
Doğrudan güneş	Fotovoltaik, termal güç üretimi, su ısıtıcıları
Rüzgâr	Güç üretimi, rüzgâr jeneratörleri, yel değirmenleri, su pompası
Dalga ve gelgit	Sayırsız tasarım, baraj, gelgit akışı

Ön tasarım evresinde BIM yazılımı ile sanal modelde yapının yönünü belirleyerek güneş ışınlam potansiyelini belirlenir. Yazılım aracı yapının konum ve yönüne göre rüzgâr hızını ve potansiyelini analiz eder. Revit Architecture yazılımında oluşturulan sanal model analiz sonucu oluşan rapor bize potansiyel yenilebilir enerji miktarını vermektedir. Yazılıma girilen çatı alanı, eğimi, yönünü gibi veriler fotovoltaik panel ve yağmur suyu miktarını belirlemede etken rol alır. Tasarımda daha fazla enerji kazanımı isteniyorsa, çatı alanı ve eğim değiştirilerek analiz kolaylıkla revize edilebilir.

Çizelge 3.5. Revit Architecture yazılımında oluşturulan sanal modelin potansiyel yenilebilir enerji kullanım miktarları

Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Çatıya monte PV Sistemi (düşük verimli)	15.378 kwh/yr
Çatıya monte PV Sistemi (orta verimli)	30.757 kwh/yr
Çatıya monte PV Sistemi (yüksek verimli)	46.135 kwh/yr
Tek 15° rüzgâr tribün potansiyeli	878 kwh/yr

*Düşük, orta ve yüksek verimli sistemler için PV verimliliğinin% 5, % 10 ve % 15 olduğu varsayılmaktadır.

Geçmiş çalışmalar, yenilenebilir enerji sistemleri simülasyon araçları ve BIM modelleri arasında birlikte çalışabilirlik geliştirmede geçici yaklaşımlar göstermiştir. Mevcut ve yeni bina stoku için yenilenebilir enerji hedeflerini kovalayan endüstri ile birlikte, bu çabada yenilenebilir enerji sistemleri (RES) için analiz araçlarının dâhil edilmesi zorunlu hale gelmektedir. Mevcut yapılarda veya yeni binaların tasarım sonrası aşamalarında çeşitli RES'lerin performansını değerlendirmek için proje ekibi tarafından çok sayıda araç kullanılır. Çeşitli RES'leri ve binanın enerji tüketimi, karbon emisyonları ve işletme maliyetleri üzerindeki etkilerini değerlendirebilecek bütünsel bir RES simülasyon aracı gereklidir. Bu aracın mimari BIM modelleriyle birlikte çalışabilirliğini geliştirmek, daha yüksek bir benimsenmeye yol açacaktır (Gupta, 2013).

3.5. Yapı Bilgi Sistemi / Mevcut Analiz Programları Karşılaştırması

Günümüzde sürdürülebilir tasarım uygulamaları için, bina modellemelerinde geleneksel bilgisayar destekli tasarım kullanılmaktadır. Tasarım verileri daha sonra bina performansını analiz etmek için bir enerji simülasyon aracına girilir. Sürdürülebilir binaların tasarımına ilişkin önemli kararlar bina yaşam döngüsünün kavramsal aşamasında yapılır. Geleneksel yöntemle enerji analizi mimari / mühendislik tasarımı ve ilgili belgeler üretildikten sonra gerçekleştirilir (Jalaei ve Jrade, 2014). Schueter ve Thessling (2009) göre bu uygulama tasarım ve enerji analizi süreçlerinin erken aşamalar boyunca birleştirilmesinin önemi ve yine de bir dizi performans kriteri elde etmek için tasarımı değiştirmek için verimsiz bir geri dönüşüme yol açmaktadır.

EnergyPlus, Etect ve IES Virtual Environment gibi enerji simülasyon paketleri, ısı yalıtımı, iklimsel verilerin performans etkisi, camlama, gölgeleme, güneş enerjisi kazanımı, güneş enerjisinden yararlanma, hava sızdırmazlığı, doğal havalandırma, mekanik havalandırma HVAC sistemleri, bina dinamiği ve termal kütle gibi bina tasarım özelliklerini dikkate alır (Cho ve diğerleri, 2010). Ek olarak, termal yükler hesaplanırken yerel hava durumu verileri ve kullanım oranları dikkate alınır. Bu paketlerin simülasyon motoru, hem metin hem de grafik çıktıdaki yıllık saatlik termal yükleri üretmek için varsayımları dikkate alarak termodinamik prensipleri çalıştırır. İstenmeyen bir çıktı durumunda, bina tasarımcıları pencere yönelimi, pencere boyutu ve bina yönlendirme gibi herhangi bir tasarım özelliğini

değiştirebilir ve termal yükler ve enerji kullanımı üzerindeki etkisini test edebilir (Carter ve Motawa, 2012).

Sürdürülebilir tasarım için BIM'i kullanırken hala bazı problemler bulunmaktadır. Örneğin, enerji analizi için BIM'in kullanılması yükler, hava akışları ve ısı transferi için tahmini değerlere dayandığı için halgüvenilir olmayan tahminlere yol açabilmektedir. (Crosbie ve diğerleri, 2010). ABD'deki bir LEED Gold sertifikalı üniversite binasının bir örneğinde, Autodesk Ecotect, saha ölçümlerinin% 98'inde test edilen tüm alan ölçümlerindeki termal yükleri azaltarak aydınlatma seviyelerini arttırmıştır (Vangimalla ve diğerleri, 2011). Bir başka sorun BIM modelleri ve enerji analiz araçları arasındaki veri akışı ile ilgilidir. Tasarım verileri bir BIM modelinden IFC ve gbXML şeması ile kolayca bir enerji simülasyon aracına aktarılabilirken, daha iyi bina performansı elde etmek için bina modelini revize etmeye ihtiyaç varsa, bu süreç hala diğer yönde zorluklar yaşamaktadır. Böyle durumlarda manuel konfigürasyona hala ihtiyaç vardır (Ferrari ve diğerleri, 2010).

Bina enerji performansını izlemek için BIM teknolojisini kullanmak, binaların tasarım ve performansına uyum sağlamak amacıyla enerji tasarruflarını en üst düzeye çıkarmak için verilerin ve sonuçların doğru yorumlanması gerekmektedir. (Carter ve diğerleri, 2013).

4. YAPI BİLGİ SİSTEMLERİNİN MEVCUT YAPILARDA ENERJİ ANALİZİNİN İNCELENMESİ

Mevcut yapıların sayısı yeni yapılan yapılara oranla daha fazla olması sebebiyle dünya genelinde tüketilen toplam enerji miktarı da daha fazladır. Binalar, AB'deki enerji tüketiminin %45'ından ve CO² salınımının %36'sından sorumludur. Yeni binalar genellikle metre kare başına, yılda üç ila beş litre kalorifer yakıtına ihtiyaç duyarken, eski binalar ortalama 25 litre tüketmektedir. Hatta bazı binalar 60 litreye kadar tüketebilmektedir. Mevcut durumda, AB'de bulunan binaların %35'i 50 yıldan daha eski binalardır. Binaların enerji verimliliğini artırarak, binalarda enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının, AB'nin toplam enerji tüketimini 2020 yılına kadar %5-6 azaltılabileceği tahmin edilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016). Birçok mevcut yapı enerji korunumuna ilişkin standart ve yönetmeliklerin sınır değerlerini sağlayamamaktadır. Bu yüzden mevcut yapıların enerjiyi etkin ve verimli kullanan yapılar haline dönüşmesi için performans analizlerinin yapılması önemlidir.

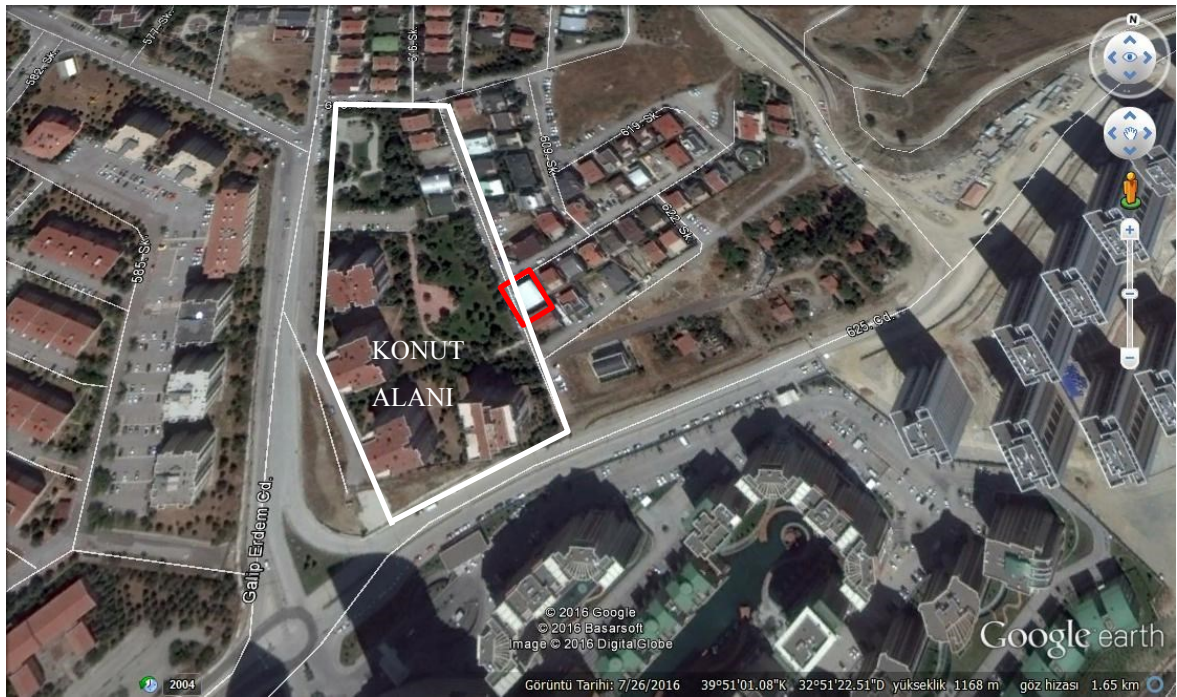
Yapıların enerji tüketim miktarlarını saptayabilmek için yazılım şirketleri mevcut enerji analiz programlarını geliştirmekte ya da yeni programlar piyasaya sürmektedir. Mevcut programlara yapılan eklentiler ile yazılımın yetenekleri arttırılmakta, tasarımcıya zaman kazandırmakta, bütüncül bir yaklaşımla ele alınan projenin çok boyutlu analizi mümkün olmaktadır. Revit Architecture programında 2D-3D tasarımlar aynı anda oluşturulurken, Green Building Studio eklentisiyle oluşturulan yeni ve mevcut yapılarda enerji performansını arttırmaya yönelik analizler, Insight 360 ile solar ve aydınlatma analizleri yapılabilmektedir. BIM yazılım araçlarında proje bilgisi veri tabanında saklanır ve bu bilgiler aynı veri tabanından geldiği için tutarlıdır. Bu veriler üzerinden parametrik modellerin özellikleri değiştirilerek yapı bütününde değişim gerçekleşmiş olur. Yapılacak revizyonlar tüm projede eş zamanlı otomatik olarak değiştiği için enerji analizi için revizyon verileri girmeye gerek kalmaz.

Bu çalışma kapsamında Revit Architecture yazılım aracı ile kullanılmakta olan bir ofis yapısının mevcut enerji analizleri yapılarak ASHRAE 90.1 (2013) ve TS 825 standartları doğrultusunda yıllık enerji tüketim miktarı saptanıp yapının ısıl performansı değerlendirilmiştir. Yapı kabuğunda standartların sınır değerlerini sağlayamayan duvar, tavan, döşeme ve pencerelerinde iklim bölgelerine göre iyileştirmeler yapılarak yıllık enerji

tüketimi azaltılmaya çalışılmış ve programın potansiyeli değerlendirilmiştir. Revit Architecture programında oluşturulan 2D ve 3D model Green Building Studio ve Insight 360 eklentileriyle ısıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Oluşturulan alternatiflerden enerji tüketimi en az olanlar seçilerek bina bütününde uygulanmış ve enerji tüketimi standartlar kapsamında en aza indirgenmeye çalışılmıştır.

4.1. Alan Çalışması: Mevcut Bir Yapının Enerji Analiz Performansının İncelenmesi

Ankara Oran'da mevcut bir ofis binası araştırma için örnek seçilmiştir. Metroplan Müşavirlik Mühendislik San. Ve Tic. Ltd. Şti. ye ait olan yapı Çankaya ilçesi, Mühye Köyü, 168712 ada 1 nolu parselde, 39°51'1.87"K enlemi, 32°51'21.24"D boylamında yer almaktadır. İlkbahar Mah. 620. Sok. No:17 Çankaya/ANKARA açık adresinde bulunan yapı 2004 yılında konut olarak inşa edilmiştir.



Resim 4.1. Binanın hava fotoğrafı (İnternet-8)

Bodrum, zemin, bir ve çatı katından oluşan yapının bodrum kat brüt alanı 141,68 m², zemin kat brüt alanı 127,68 m², birinci kat brüt alanı 131.31 m², çatı katı brüt alanı 220,26 m² olmak üzere toplamda 627,93 m² den oluşmaktadır. Bodrum, zemin ve birinci katlarda yapı yüksekliği 285 cm, çatı katında en düşük 150 cm, mahya kotu da 285 cm olacak şekilde

tonoz çatıyla çözülmüştür. Bodrum katta doğu yönünde 1 adet kapalı ofis, arşiv, mutfak, yemekhane ve teshin merkezi, zemin katta danışma, bekleme alanı, 1 adet açık, 1 adette kapalı ofis, birinci katta 2 adet kapalı ofis, 1 adet açık ofis, wc, çatı katında ise 2 adet kapalı ofis ve toplantı salonu yer almaktadır. Açık ofislerin uzun cepheleri doğu yönünde konumlandırılmıştır. Kapalı ofisler kuzey-batı ve güney-batı yönünde yer almaktadır. Bodrum katta 6, zemin katta 7, birinci katta 6, çatı katında 2 kişi olmak üzere yapıda toplamda 21 kişi çalışmaktadır.



Resim 4.2. Binanın mevcut durum fotoğrafı-1



Resim 4.3. Binanın mevcut durum fotoğrafları-2

Proje Adı	:	Metroplan Müş. Müh. San. ve Tic. Ltd. Şti
Konum	:	Çankaya/ANKARA
Kullanım Türü	:	Ofis (Kapalı-Açık)
Yapım Yılı	:	2004
Yapı Türü	:	Betonarme
Kat Adedi	:	Bodrum+3
Toplam İnşaat Alanı	:	627.93 m ²
Kullanıcı Sayısı	:	21
Çalışma Saatleri	:	P.tesi-Cuma 09.00-16.00
BEP TR- Mevcut Enerji Sınıfı:	:	D

İklimsel Veriler

Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen bir derece-gün metodunu kullanarak Türkiye'nin iklim bölgelerini "Isı Yalıtım Bölgeleri" olarak sınıflandırdığını ifade etmektedir. "Türkiye Devleti Meteoroloji Kurumu ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) Türkiye iklim bölgelerini, Türkiye Devleti Meteoroloji Kurumu tarafından geliştirilen bir derece-gün yöntemini kullanarak "Termal Yalıtım Bölgeleri" olarak sınıflandırdığını söyler. Sınıflandırma, 1981 ve 2001 yılları arasında 236 istasyondan alınan 10 °C'nin üzerindeki sıcaklık sayısına göre şu şekilde hesaplanmıştır (Esiyok, 2006) :

$$\text{Etkin Toplam Sıcaklık (Derece Gün)} = (M-10) \cdot N$$

M: Aylık ortalama sıcaklık,

N: Aydaki gün sayısı

Tüm şehirler ve bazı kasabaların derece günleri, yukarıdaki denklemde aylık ortalama sıcaklıklar kullanılarak listelenir. Derece günleri ASHRAE sınıflandırmasında bahsedildiği gibi ısıtma ve soğutma derece günleri olarak sınıflandırılmaz. Bu sınıflandırmaya göre Türkiye dört yalıtım bölgesine ayrılmış ve bu bölgeler TS 825 (Binalarda Isı yalıtım kuralları standardı) standardında tüketim değerlerini ve yalıtım gereksinimlerini tespit etmek üzere tayin edilmesi için kullanılmıştır (Esiyok, 2006).

Yapı konum itibarıyla TSE 825 e göre 3 (EK-1), ASHRAE 90.1 e göre de 4. Isı bölgesinde (EK-2) yer almaktadır. 3. iklim bölgesinde yer alan Ankara iline ait iklimsel veriler tablodaki gibidir.

Çizelge 4.1. İllerin çeşitli yöntemlere göre hazırlanmış iklim sınıflandırmaları 1/2 (İnternet-21)

İSTASYON	Aydeniz iklim sınıflandırması		Eriñç iklim sınıflandırılması		De Martonne İklim Sınıflandırması		Trewartha İklim Sınıflandırması (Evrensel sıcaklık ölçeğine göre)			
	Kuraklık Katsayısı (Kks)	İklim Tipi	Yağış Etkinlik İndisi	İklim Tipi	Kuraklık indisi	İklim Tipi	Ocak ort. sic	Tem Ort sic	Kış mevsimi	Yaz mevsimi
ANKARA	1,14	Kurak	23,19	Yarı Nemli	10,77	Step-Nemli arası	-0,1	23,1	Kışları soğuk,	Yazları sıcak

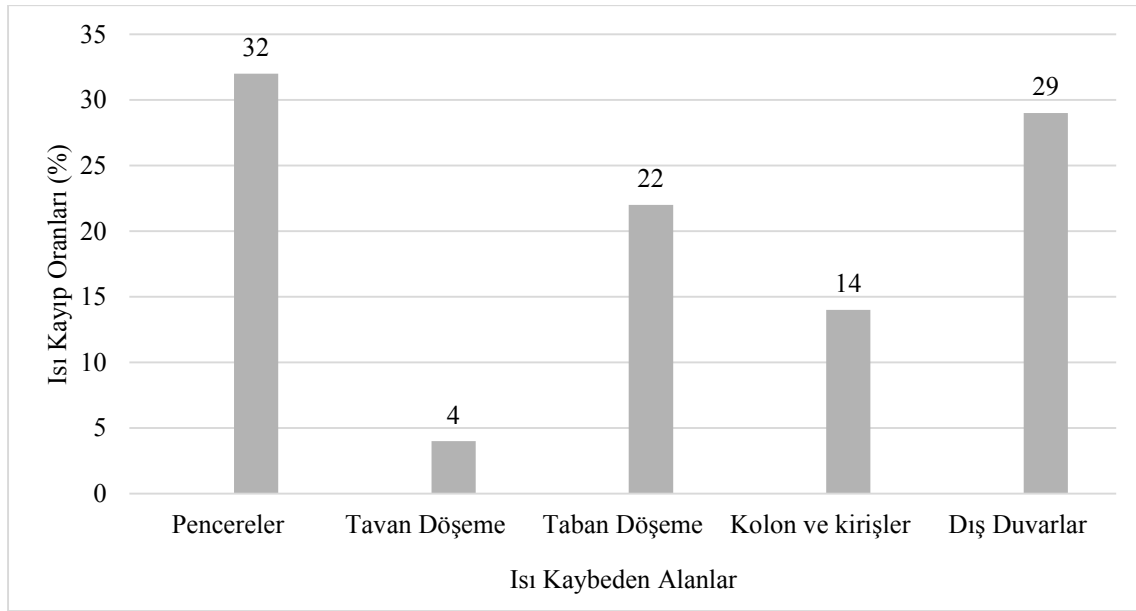
Çizelge 4.2. İllerin çeşitli yöntemlere göre hazırlanmış iklim sınıflandırmaları 2/2 (İnternet-21)

İSTASYON	Thornthwaite iklim sınıflandırması				
	Harfler	1.Harfın açıklaması	2.Harfın açıklaması	3.Harfın açıklaması	4.Harfın açıklaması
ANKARA	D,B'1,d,b'2	Yarı Kurak	Mezotermal	Su fazlası olmayan veya pek az olan	Yaz buharlaşma oranı: % 59

Çizelge 4.3. Ankara ili iklimsel veriler tablosu (İnternet-18)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,4	1,9	6,0	11,3	16,1	20,1	23,6	23,4	18,8	13,0	7	2,6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,4	6,6	11,6	17,3	22,2	26,6	30,2	30,3	26,0	19,8	12,9	6,6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3,0	-2,2	0,9	5,6	9,7	13,0	15,9	16,0	11,8	7,2	2,4	-0,7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,5	3,5	5,2	6,4	8,4	10,2	11,3	11,6	9,2	6,5	4,4	2,4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	12,3	11,0	11,1	11,7	12,6	8,9	3,7	2,8	3,9	6,9	8,4	11,5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	42,1	36,6	40,3	46,5	52,0	36,7	14,2	10,9	18,7	29,1	32,0	43,1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,6	20,4	27,8	31,1	33,0	37,0	41,0	40,4	36,0	33,3	24,4	20,4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24,4	-22,2	-19,2	-6,7	-1,6	3,8	4,5	6,3	2,5	-5,3	-13,4	-18,0

Yapının dış duvarları boya+ gaz beton+ 3 cm extrüde polistren köpük+ boya, iç duvarlar boya+ sıva+ gaz beton+ sıva+ boya, zemin kaplamaları suni mermer, tavan sıva+ boyadan oluşmaktadır. Dış pencere ve kapılar ısı yalıtımlı alüminyum doğrama ve 4+12+4 ısı yalıtımlı camlardan oluşmaktadır. Bodrum katta toprağa oturan döşeme altına 5 cm extrüde köpük, çatısında da 10 cm extrüde köpük kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Isı kaybeden alanların % oranları

109 m² şeffaf, 482 m² opak alandan oluşan yapı kabuğu toplamda 591 m² den oluşmaktadır. Şeffaf alan, opak alan oranı %22,67 den oluşmaktadır. ASHRAE standartlarına göre saydamlık oranı %40 ı geçmemesi gerekmektedir.

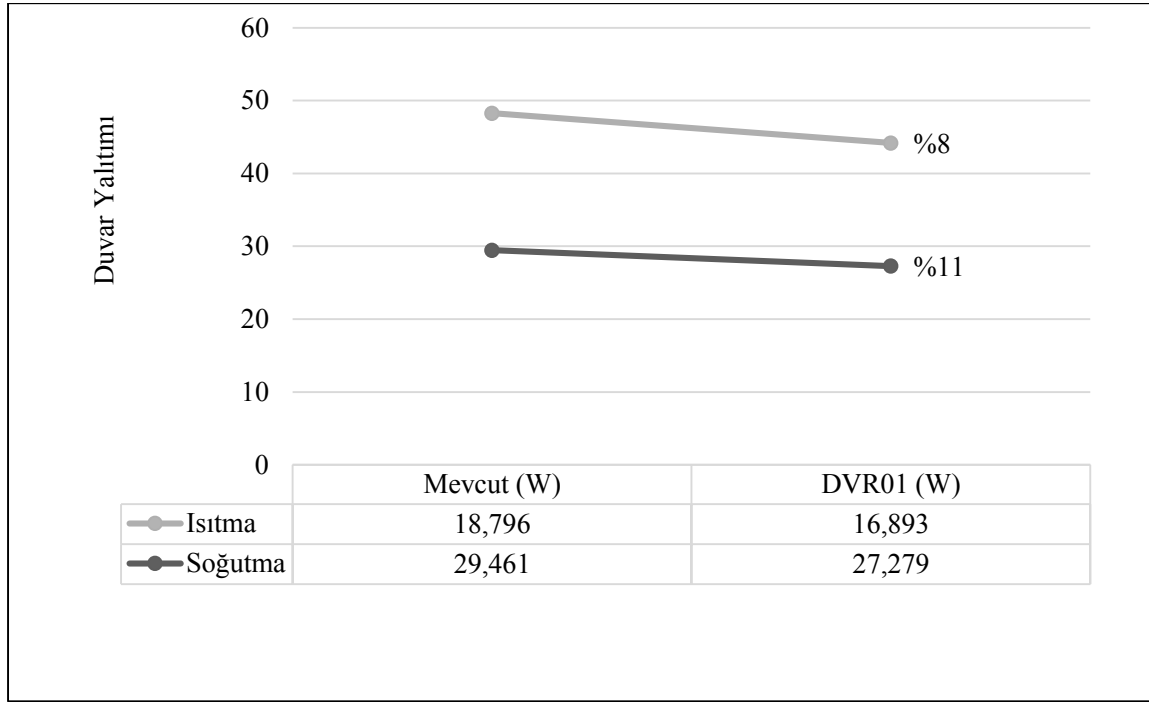
Çizelge 4.4. Mevcut yapının yönlere göre saydamlık oranları

YÖN	TOPLAM ALAN	ŞEFFAF ALAN	OPAK ALAN	SAYDAMLIK ORANI
KUZEY	116	24	92	%20,68
GÜNEY	230	39	191	%16,95
DOĞU	143	28	115	%19,58
BATI	102	18	84	%17,64
TOPLAM	591	109	482	%22,67

Mevcut Duvar: Mevcut yapıda duvarlar 15 cm gaz beton ve toprağa temas eden betonarme perde duvarlarda içten 3 cm Ekstrude Polistiren (XPS) den oluşmaktadır. Mevcut atmosfere açık dış duvar elemanlarının U değeri 0,518 Watt / m².K, toprağa temas eden betonarme perde duvarlarda 0,617 Watt / m².K'dir. TSE 825 e göre olması gereken U değeri 0.500 Watt / m².K, ASHRAE 90.1 e göre de 0,592 Watt / m².K olması gerekmektedir.

Çizelge 4.5. Atmosfere açık duvar yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri

DUVAR	U Değeri	Yalıtım Durumu
Mevcut Durum	0,522 Watt / m ² .K	İçten-3 cm Extrude Polistren Köpük
DVR01 (TSE 825)	0,370 Watt / m ² .K	Dıştan-3 cm Taşyünü



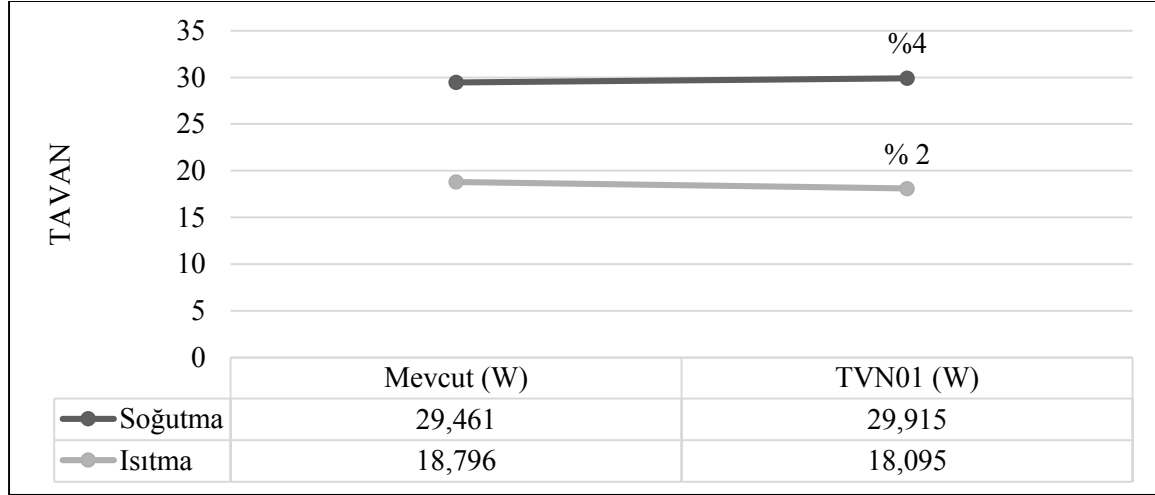
Şekil 4.2. Mevcut yapıya dış duvar ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine Etkileri

Duvar elemanına dışardan mantolama yapılarak, kabuğun bütün olarak ısı iletkenlik değeri artırılmış ve TSE 825 standartına uygun hale getirilmiştir. Duvarın sağlaması gereken 0,500 Watt / m².K U değerine duvarlarda 3 cm, atmosfere açık kolon ve kirişlerde 6 cm taşyünü yalıtım yapılarak ulaşılmıştır. TSE 825 standartına göre yalıtılmış yapıda mevcut duruma göre ısıtma yükü %8, soğutma yükü de %11 azalmıştır.

Mevcut Çatı: Mevcut yapıda çatı arası kapalı ofis alanı olarak kullanılmıştır. Çelik çatı konstrüksiyonunun altına 10 cm Ekstrude Polistiren (XPS) yapılmıştır. Mevcut çatının U değeri 0,252 Watt / m².Kdir. TSE 825 e göre olması gereken U değeri 0,300 Watt / m².Kdir ve yapının mevcut hali bu değeri sağlamaktadır ancak ASHRAE 90.1 insulation entirely above deck e göre 0,184 Watt / m².Kolması gereken U değerini sağlamamaktadır.

Çizelge 4.6. Çatı yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri

	U Değeri	Yalıtım Durumu
Mevcut Durum	0.252 Watt / m ² .K	10 cm Extrude Polistren Köpük
TVN01 (ASHRAE 90.1)	0.183 Watt / m ² .K	İçten-6 cm Taşyünü



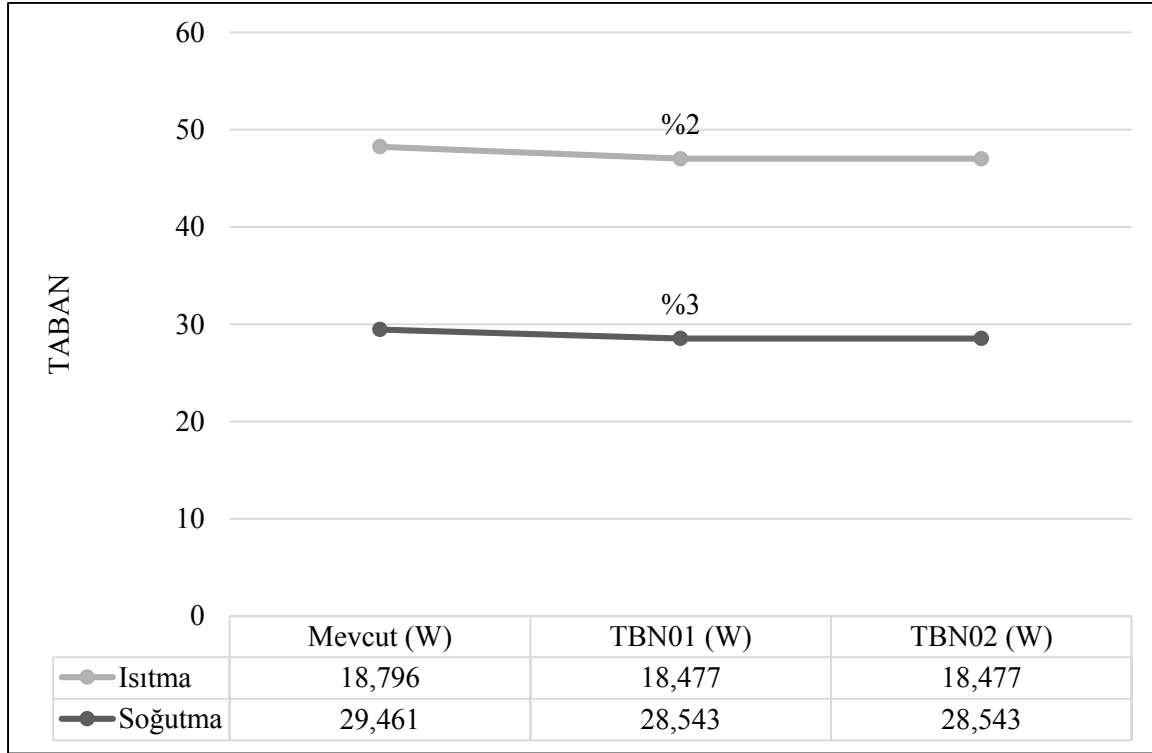
Şekil 4.3. Mevcut yapıya tavan ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine etkileri

ASHRAE 90.1 standartına göre yapı çatı katı tavanına 6 cm taşyünü yalıtımı uygulanarak ısıtma yükünde %2 lik kazanç sağlanırken soğutma yükü %4 artmıştır.

Mevcut Zemin Döşeme: Mevcut yapıda toprağa oturan döşeme de altına 5 cm extrude köpük (XPS) kullanılmıştır. Mevcut tabanın U değeri 0,469 Watt / m².Kdir. TSE 825 e göre olması gereken minimum U değeri 0,450 Watt / m².K, ASHRAE 90.1 e göre de min 0,321 Watt / m².Kdir. Yapının mevcut tabanı iki standarta da uymamaktadır.

Çizelge 4.7. Toprağa oturan döşeme yalıtımı için yapılan simülasyon ve iyileştirme önerileri

	U Değeri	Yalıtım Durumu
Mevcut Durum	0,469 Watt / m ² .K	5 cm Extrude Polistren Köpük
TBN01 (TSE 825)	0,360 Watt / m ² .K	2 cm Extrude Polistren Köpük
TBN02 (ASHRAE 90.1)	0,320 Watt / m ² .K	4 cm Extrude Polistren Köpük



Şekil 4.4. Mevcut yapıya toprağa oturan döşeme üzerine ısı yalıtımı uygulamasının ısıtma, soğutma yüklerine etkileri

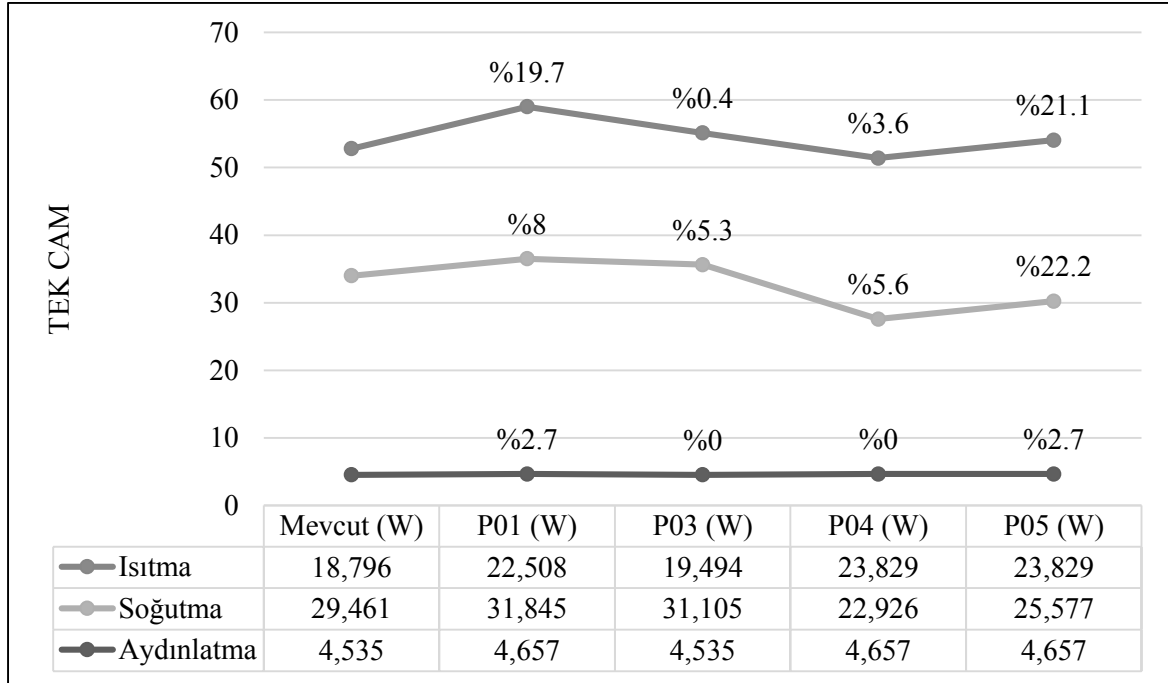
TSE 825 standartına göre toprağa oturan döşeme üzerine 2 cm extrüde polistren köpük uygulandığında U değeri $0,360 \text{ Watt} / \text{m}^2.\text{K}$ a düşmüş, ısıtma yükü %2, soğutma yükü %3 azalmıştır. Döşemeye ASHRAE 90.1 standartına göre 4 cm extrüde polistren köpük uygulanarak U değeri $0,320 \text{ Watt} / \text{m}^2.\text{K}$ a düşmüş ancak TBN01 deki gibi ısıtma yükü %2, soğutma yükü de %3 azalmıştır.

Mevcut Cephe Açıklıkları: Mevcut yapıda bulunan kapı ve pencereler ısı yalıtımlı alüminyum ve 4+6+4 renksiz yalıtım camından oluşmaktadır. Mevcut pencere ve kapıların ısı geçirme katsayısı (U) $3,30 \text{ Watt} / \text{m}^2.\text{K}$ dir. TSE 825 standartına göre olması gereken minimum U değeri $2,4 \text{ Watt} / \text{m}^2.\text{K}$, ASHRAE 90.1 standartına göre de U değeri $0,289 \text{ Watt} / \text{m}^2.\text{K}$ olması gerekmektedir ancak kullanılan malzeme her iki standarta da uymamaktadır.

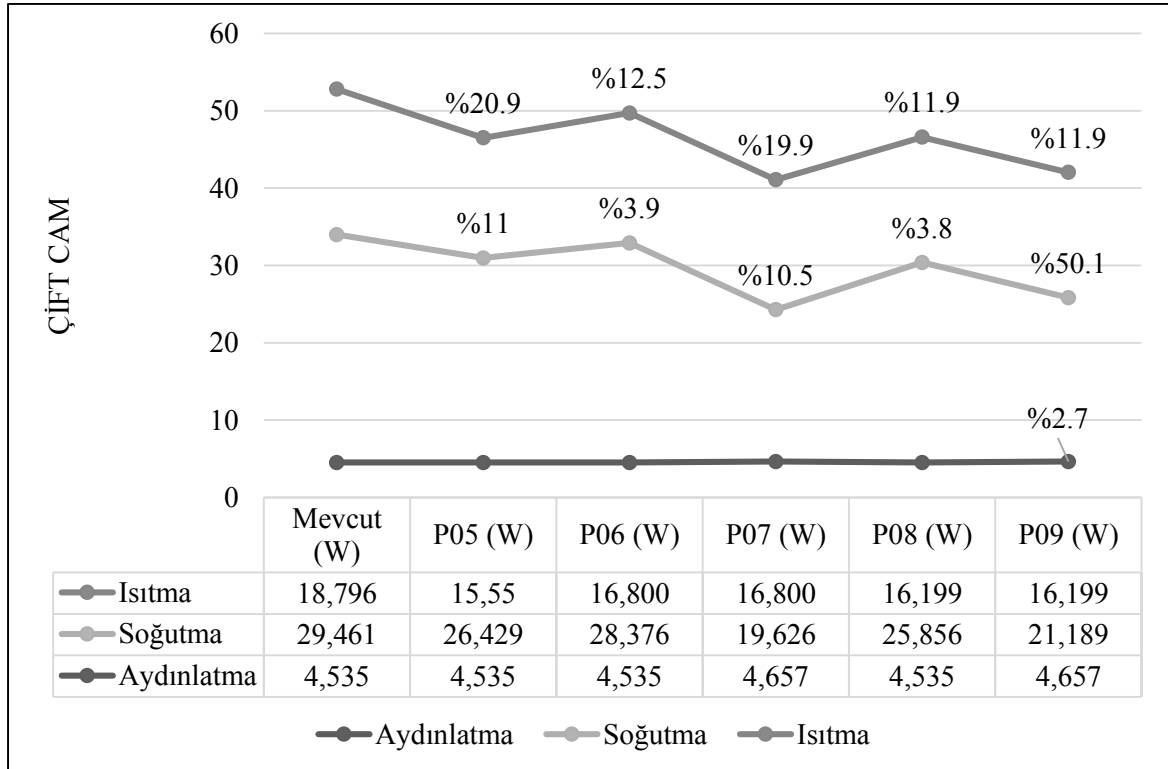
Yenilenen Cephe Açıklıkları: Mevcut doğramalar ısı yalıtımlı olduğu için sadece kullanılan mevcut camlar değiştirilerek analiz yapılmıştır.

Çizelge 4.8. Cephe açıklıkları simülasyonu yapılan iyileştirme önerileri

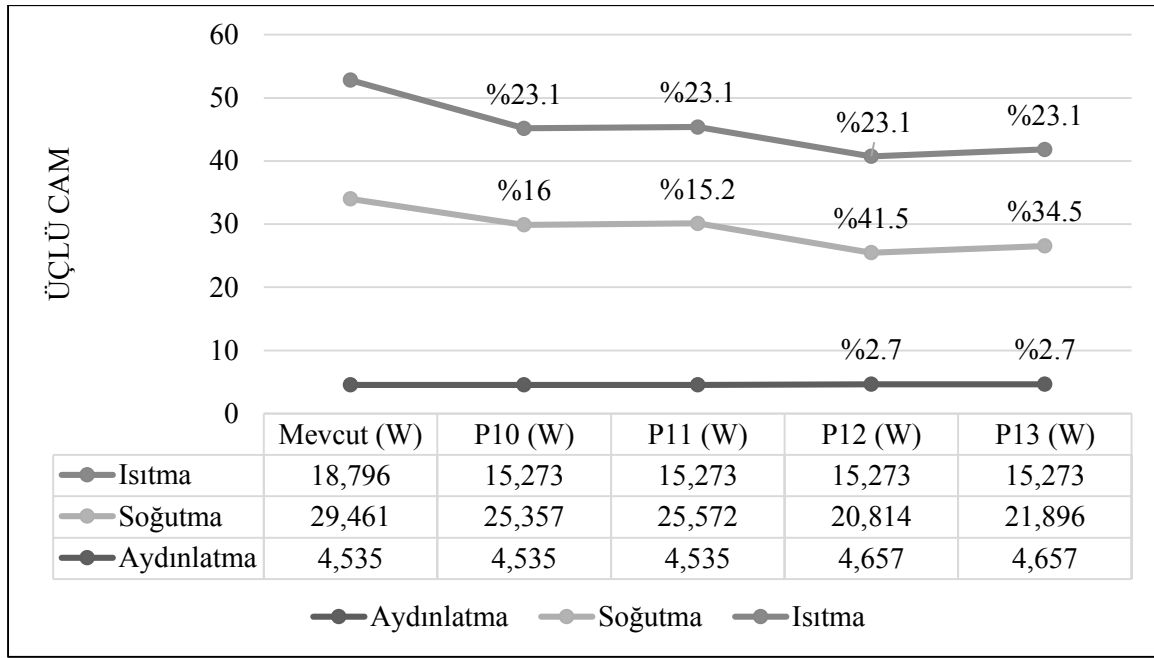
Durum	Tip	Açıklama	U Değeri Watt / m ² ,K	SHGC Değeri
Mevcut		Çift Cam (Hava)	3,30	
P01	TEK CAM	Küçük Tek Cam	5,22	0,86
P02		Geniş Tek Cam	3,68	0,86
P03		Reflekte Tek Cam-6 mm kalınlığında-%8 şeffaf cam üzeri paslanmaz çelik	5,90	0,19
P04		Reflekte Tek Cam-6 mm kalınlığında-şeffaf cam üzeri %30 titanium kaplama	5,90	0,39
P05	ÇİFT CAM	Low-E Çift Cam (6mm+6mm)	1,67	0,65
P06		Geniş Emici Kaplamalı Çift Cam	2,31	0,76
P07		Geniş Reflekte Kaplamalı Çift Cam	2,31	0,13
P08		Low-E Çift Cam SC=0,6	2,00	0,60
P09		Low-E Çift Cam SC=0,2	2,00	0,26
P10	ÜÇLÜ CAM	3mm kalınlığında - Low-E/şeffaf/şeffaf (e = 0,2) Üçlü Cam	1,53	0,60
P11		3 mm kalınlığında şeffaf/şeffaf/Low-E (e = 0,2) Üçlü Cam	1,5	0,62
P12		3 mm kalınlığında Low-E/Low-E/şeffaf (e = 0,05) Üçlü Cam	1,53	0,27
P13		6 mm kalınlığında Low-E/clear/low-E (e = 0,1) glass	1,53	0,36



Şekil 4.5. Tek katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma yüklerine etkileri



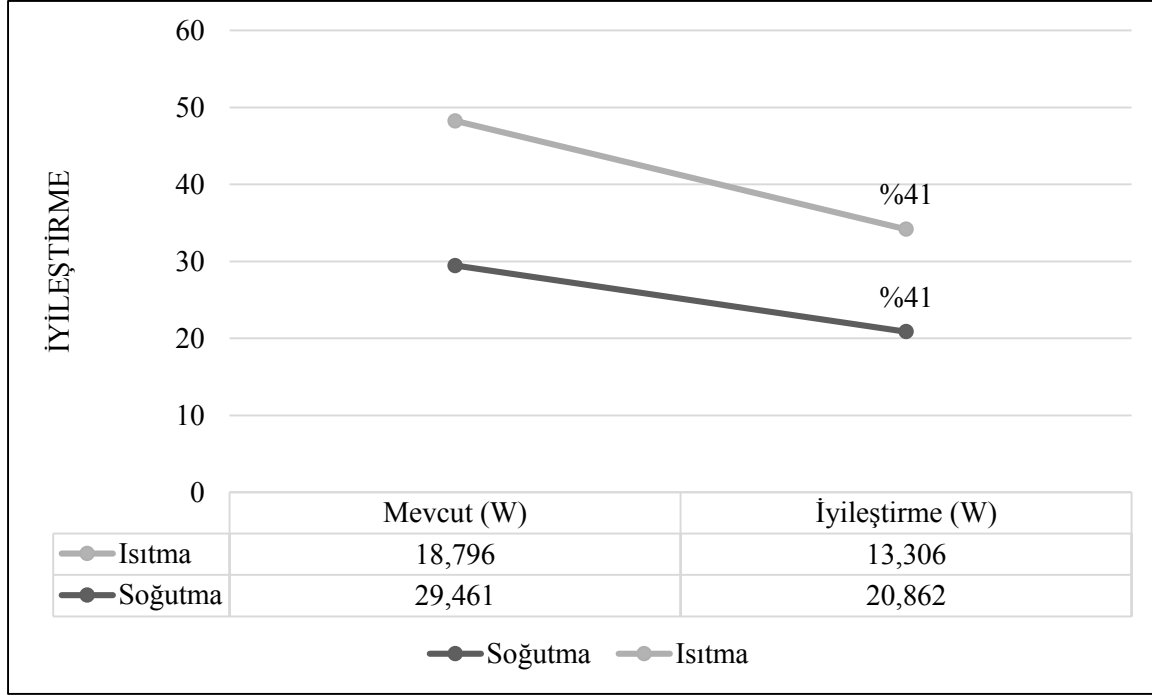
Şekil 4.6. Çift katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri



Şekil 4.7. Üç katmanlı cam tiplerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri

Seçilen tek katmanlı camlardan yalnız P02 camında ısıtma yükü azalırken, soğutma yükleri artmış, diğer camlarda ısıtma ve soğutma yükleri artmıştır. Çift katmanlı camlarda ısıtma yükü en çok P06 penceresinde %20,9, soğutma yükü de P10 penceresinde %50,1 azalmıştır. Üç katmanlı pencerelerde ısıtma yükü önerilen tüm pencerelerde %23,1 azalırken, soğutma yükü en çok P15 penceresinde %41,5 azalmıştır. Seçilen pencerelerden en iyi performansı P15 göstermiştir.

Yapılan analizler sonucunda önerilen alternatiflerden en iyi performansı sergileyenler mevcut yapıya bütün olarak uygulanmış ve iyileştirme analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yapının ısıtma ve soğutma yükleri %41 oranında azalma göstermiştir. İyileştirme sonucu TSE 825 standartlarına göre yapının enerji sınıfı D den C sınıfına yükselmiştir.



Şekil 4.8. İyileştirme alternatiflerinin ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine etkileri

4.2. Bulgular ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada BIM yazılım araçları ile mevcut bir ofis yapısının ASHRAE 90.1 (2013) ve TS 825 standartları doğrultusunda ısıl performansı iyileştirilerek yıllık enerji tüketimi azaltılmaya çalışılmış ve programın potansiyeli değerlendirilmiştir. Revit Architecture programında oluşturulan 2D ve 3D model Green Building Studio ve Insight 360 eklentileriyle ısıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Oluşturulan alternatiflerden enerji tüketimi en az olanlar seçilerek bina bütününde uygulanmış ve enerji tüketimi standartlar kapsamında en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Yazılımda proje bilgisi veri tabanında saklanır ve bu bilgiler aynı veri tabanından geldiği için tutarlıdır. Bu veriler üzerinden parametrik modellerin özellikleri değiştirilerek yapı bütününde değişim gerçekleşmiş olur. Örneğin tanımlanan mevcut duvarda bulunan yapı elemanlarının termal değerleri veri tabanına girilip, oluşturulan alternatif duvar ile de parametrik nesne üzerinden kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Yeşil bina analiz ve simülasyonları için kullanılan BIM çözümleri farklı disiplinleri başarı ile bir araya getirip hataları azaltmakta ve iletilen verilerin bütünde performansa etkisini doğru bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır (Azhar ve diğerleri, 2012).

Mevcut yapıda çevresel performans analizleri yapılarak belirlenen standartlar doğrultusunda yetersiz kalan kısımları tespit edilmiş, gerekli iyileştirmeler parametrik modeller üzerinde hızlı ve tutarlı bir şekilde değiştirilmiştir. BIM yazılım araçları sayesinde oluşturulan yeni model ile mevcut yapının çevresel performans karşılaştırmaları kolay ve hızlı bir şekilde yapılarak enerji performansı yüksek yapı oluşturulmasına olanak sağlanmıştır. Mevcut yapıya iyileştirmeler sonucu binanın toplam ısıtma ve soğutma yüklerine etkileri aşağıdaki gibi gözlemlenmiştir:

- TSE 825 standartına göre duvar elemanına dışardan mantolama yapılarak mevcut duruma göre ısıtma yükü %8, soğutma yükü de %11 azalmış,
- ASHRAE 90.1 standartına göre yapı çatı katı tavanına 6 cm taşıyıcı yalıtımı uygulanarak ısıtma yükünde %2 lik kazanç sağlanırken soğutma yükü %4 artmış,
- TSE 825 standartına göre toprağa oturan döşeme üzerine ekstrüde polistren köpük uygulanarak ısıtma yükü %2, soğutma yükü %3 azalmış,
- ASHRAE 90.1 standartına döşemeye göre ekstrüde polistren köpük uygulanarak ısıtma yükü %2, soğutma yükü de %3 azalmıştır.
- Seçilen tek katmanlı camlardan yalnız P02 camında ısıtma yükü azalırken, soğutma yükleri artmış, diğer camlarda ısıtma ve soğutma yükleri artmıştır. Çift katmanlı camlarda ısıtma yükü en çok P06 penceresinde %20,9, soğutma yükü de P10 penceresinde %50,1 azalmıştır. Üç katmanlı pencerelerde ısıtma yükü önerilen tüm pencerelerde %23,1 azalırken, soğutma yükü en çok P15 penceresinde %41,5 azalmıştır.
- Yapılan analizler sonucunda önerilen iyileştirmeler sonucu ısıtma ve soğutma yükleri %41 oranında azalma göstermiştir. İyileştirme sonucu TSE 825 standartlarına göre yapının enerji sınıfı D den C sınıfına yükselmiştir.

Bu çalışma geleneksel yöntemle yapılması durumunda iki boyutlu CAD yazılımında altlık oluşturulup enerji analiz programlarına adapte edilerek tüm sayısal verilerin programa tekrar girilmesi gerekecektir. Analiz sonucu elde edilen veriler doğrultusunda projede revizyona ihtiyaç duyulması halinde her bir dokümanda ayrı ayrı düzeltmeler yapılarak tekrar süreç başa dönecek ve analiz programına veri girişi yapılması gerekecektir. Bu da zaman ve emek kaybına sebep olmakla birlikte hata payı yüksek analizler oluşturulacaktır. Yapı bilgi sistemi yazılım aracı ile bunların hepsi tek seferde bir veri tabanında oluşturulmuş ve yapılan revizyonlar eş zamanlı sanal modelde değişmiştir. Bütünleşik yapı tasarımına katkı sağlayan

bu yazılım araçları ile geleneksel yöntemle göre daha kısa zamanda daha verimli ve hızlı çalışmalar yapılabilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilgisayar destekli yazılım araçları yapı sektöründe proje tasarım ve üretim sürecinde tasarımcılara ve işverenlere büyük kolaylıklar sağlayarak sektörün vazgeçilmezleri arasında yer almaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte yapı sektöründe paralel gelişim göstermiştir. Geçmiş dönemlerde elle yapılan tasarımlar süreç, koordinasyon, zaman, verimlilik gibi birçok etkeni sekteye uğrattırken modern yazılım araçlarıyla birlikte mimar-mühendis tasarımdan yapım ve yıkım sürecine kadar olan bütün evreleri kontrol edebilmekte, disiplinler arası koordinasyonu neredeyse hatasız sağlamakta ve enerji analiz eklentileriyle birlikte enerji etkin bina tasarımına katkı sağlayabilmektedir.

Günümüzde kullanılan bilgisayar destekli tasarım araçları ile iki boyutlu çizimler, üç boyutlu çizimler, metraj tabloları, analizler ayrı ayrı veri olarak oluşturulmaktadır. Yapı bilgi sistemi yazılım araçları ile çok boyutlu tasarımlar yapılabilir, tüm ihtiyaçlara tek programdan diğer disiplinler ile ortak bir çalışma yürütülebilir. Yapı bilgi sistemi yazılım araçlarında kullanılan parametrik modeller ile aynı anda plan, kesit, görünüşler, üç boyutlu model oluşturulabilir, proje katılımcıları program üzerinde aynı anda veri yükleyerek karşılaştırma yapıp erken safhada hata tespiti yapılabilir, metraj tabloları otomatik oluşturulabilir, çevresel ve yapısal analizler yapıp alternatif tasarımlara olanak sağlanabilir. Böylelikle daha az zamanda, daha az hata ile daha iyi analiz edilmiş düşük maliyetli kaliteli projeler oluşturulabilir.

Hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmaya çalışan tasarım ofisleri zaman, maliyet, bilgi eksikliği gibi farklı nedenlerle yapısal ve çevresel analizleri tasarımın neredeyse son evrelerinde başka şirketlere yönlendirmekte, kendi bünyelerinde yürütememekte, bütüncül tasarım ilkeleri hedeflenenden çok daha zor uygulanabilmektedir. BIM yazılımları ile tasarımın erken evrelerinde analizler oluşturulup, enerji performansı yüksek alternatifler üzerinden devam etmeye olanak sağlamakta, proje ekibinin disiplinler arası, bütüncül bir yaklaşımda projeyi tamamlamasını olanak sunmaktadır.

Bilginin daha kolayca paylaşılabilmesi, değiştirilebilmesi ve tekrar kullanılabilmesi, daha hızlı ve etkili süreçlerin oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca çevresel performansın daha öngörülebilir olmasını ve yaşam maliyetlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. BIM

sayesinde yapı tekliflerinin dikkatli bir şekilde analiz edilebilmesi, hızlı simülasyonların gerçekleştirilebilmesi ve performans karşılaştırmalarının yapılabilmesi daha iyi tasarımların ortaya çıkmasını sağlamakta ve gerçekçi görselleştirme ile teklifler daha iyi anlaşılakta ve daha iyi bir müşteri hizmeti sunulabilmektedir (Azhar ve diğerleri, 2012).

BIM yazılım sistemleriyle oluşturulan yeni ya da mevcut yapılarda girilen bina bilgileri parametrik ve birbiriyle bağlantılıdır. Oluşturulan model içerisinde herhangi bir nesnede değişiklik yapıldığında bütün plan, kesit ve görünüşler eş zamanlı değişir. Enerji performans bilgilerine de yansıyan bu parametrik modeller sayesinde karşılaştırmalı analizler daha hızlı ve kolay yapılabilir. Çalışma kapsamında program içerisinde bulunan farklı ısı değerlerine sahip parametrik modeller kolayca seçilerek yapı modellerine uygulanmış ve enerji performansları eş zamanlı sınanmıştır. Böylelikle sistem sayesinde yüksek enerji performanslı yapı tasarım ve üretim sürecinde daha az hata payıyla sürdürülebilir çevre oluşumuna katkı sağlamış olmaktadır.

Dünya genelinde tüketilen enerjinin büyük kısmının binalar tarafından kullanılıyor olması tasarımcıları enerji etkin yapılar tasarlamaya itmiştir. Mevcut ve yeni yapılan yapı grubunda ise enerjinin büyük bir kısmını mevcut yapılar kullanmaktadır. Dünya genelinde mevcut yapılara ait veriler mevcut değildir. Mevcut yapılara ilişkin verilerin BIM yazılımlarıyla oluşturulması yapıların yönetilmesi ve işletilmesine katkı sağlayacağı gibi sürdürülebilir iyileştirmeler yapılabilmesi için gerekli altyapı oluşturmaktadır. Bu süreçlerin tamamında mevcut yapıya ilişkin güncel bilgilere ihtiyaç vardır. BIM yazılımları sayesinde oluşturulan bu bilgiler kullanıcıların anlayabileceği şekilde seviyelendirilebilir. Bundan sonraki araştırmacılar için bu çalışma dünya genelinde enerji tüketiminde önemli katkı sağlayacak mevcut yapılarda bilginin sürdürülebilirliğine de katkı sağlayan BIM sistemlerinin zaman ve maliyet açısından yapının yaşam döngüsünün verimli şekilde tamamlamasına katkı sağlayacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abdulgohsen, S., Lee, J., Eastman, C. (2011, January). *Automated cost analysis of concept design BIM models*, Paper presented at the Conference: CAAD Futures 2011.
- Akkaya, D. (2012). *İnşaat Sektöründe (BIM) Hakkında İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkoyunlu, T. (2015). *Kentsel Dönüşüm Projeleri için BIM Uygulama Planı Önerisi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anbouhi, M.H., Farahza, N., Ayatollahi, S.M.H. (2016). Analysis of thermal behavior of materials in the building envelope using building information modeling (BIM)-A case study approach, *Open Journal of Energy Efficiency*, 5(5), 88-106.
- Attia, S. (2010). Building performance simulation tools: Selection criteria and user survey. Université Catholique de Louvain. *Louvain La Neuve*, 11.
- Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., and Ahmad I. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis, *Automation in Construction*, 20(2), 217-224.
- Azhar, S., Khalfan, M., ve Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond, *Australian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- Bahar, Y.N., Père, C., Landrieu, J., and Nille, C. (2013). A thermal simulation tool for building and its interoperability through the building information modeling (BIM) platform, *HAL Archives-Ouvertes*, 3(2), 380-398.
- Bazjanac, V. (2008, July 15-17). *IFC BIM-Based methodology for semi-automated building energy performance simulation*. Paper presented at the CIB-W78 25th International Conference on Information Technology in Construction, Santiago, Chile.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 tarihli ve 27075 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
- Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 9 Ekim 2008 tarihli ve 27019 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.
- Bokalders, V., Block, M. (2010). *The whole building handbook how to design healthy, efficient and sustainable building*, London: Earthscan Press, 612-622.
- Carbonari, G., Stravoravdis, S., and Gausden, C. (2015). Building information model implementation for existing buildings for facilities management: a framework and two case studies, *WIT Transactions on The Built Environment*, 149, 395-406.
- Carter, K., Motawa, I. (2012, March 29). *Sustainable BIM-Based evaluation of buildings*, Paper presented at the 26th IPMA World Congress, Crete, Greece.

- Cerovsek, T. (2011). A review and outlook for a ‘building information model’ (BIM): A multi-standpoint framework for technological development, *Advanced Engineering Informatics*, 25(2), 224-244.
- Chew, M. Y. L., Tan, S.S., and Hang, K.H. (2004). Building maintainability-review of state of the art. *Journal of Architectural Engineering*, 10(3), 80-87.
- Cho, Y. K., Alaskar, S., and Bode, T. A. (2010, May 8-10). *BIM-Integrated sustainable material and renewable energy simulation*. Paper presented at the 2010 Construction Research Congress, Banff, Alberta, Canada.
- CRC Construction Innovation. (2007). *Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for managing The Sydney Opera House*. Brisbane, Australia: Cooperative Research Center for Construction Innovation, 1-32.
- Crosbie, T., Dawood, N., and Dean, J. (2010). Energy profiling in the life-cycle assessment of buildings. management of environmental quality, *An International Journal*, 21(1), 20-31.
- Çevre Şehircilik Bakanlığı, (2016). Enerji verimli bina tasarım stratejileri, *Binalarda enerji verimliliğinin artırılması için teknik yardım projesi*, Ankara, 28.
- Çuhadar, F.G. (2017). *Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme: ‘G Villa’ Konut Projesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dennis, K., Roth, S., and Rosen, S.L. (2010). Using BIM in HVAC design. *Ashrae Journal*, 52(6), 24-32.
- Department of Energy. (2005). Analysis of amended energy conservation standards for residential refrigerator-freezers; DOE. *Washington*.
- Douglas, J. (2002). *Building adaptation* (First edition). Amerika Birleşik Devletleri: Butterworth-Heinemann, 14-590.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., ve Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley ve Sons, 15-65.
- Ellen, F., Tupper, K., Herrschaft, B., Schiller, C., and Hutchinson, R. (2013). *Building energy modeling for owners and managers a guide to specifying and securing services*, Amerika Birleşik Devletleri: Rocky Mountain Institute, 17-18.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). Bütünleşik bina tasarımı yaklaşımı ile proje geliştirme süreci uygulama kılavuzu. *Ankara*, 10.
- Esiyok, Ü. (2006). *Energy consumption and thermal performance of typical residential*, Doctoral Thesis, University of Dortmund Institute of Science, Germany.

- Forbes, L. H., (2010). *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton: CRC Press, 524.
- Gallaher, M. P., O'nnor, A. C., Dettbarn, J. L., Jr., and Gilday, L. T. , (2004). *Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S*. Maryland: Capital Facilities Industry, 25.
- Garber, R. (2014). *BIM design realising the creative potential of building information modelling*, United Kingdom: John Wiley, 1-248.
- Gerçek, B. (2016). *İnşaat Firmalarının Bina Projeleri için Yapı Bilgi Modelleme Sistemleri Uygulama Süreci*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gething, B. (2009). *Hedefler, araçlar ve gerçek bir İngiliz perspektifinden*, EKODESIGN Konferansı, İstanbul.
- Gholami, E., Sharples, S., Abrishami, S., Kocatürk, T. (2013). *Exploiting BIM in energy efficient refurbishment: A paradigm of future opportunities*, 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany.
- Gholami, E., Kiviniemi, A., Kocaturk, T. and Sharples (2015). *Exploiting BIM in energy efficient domestic retrofit: Evaluation of benefits and barriers*, Conference 2nd International Conference on Civil and Building Engineering Informatics, Tokyo.
- Goedert, J., Meadati, P. (2008). Integrating construction process documentation into building information modelling, *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(7), 509-516.
- Gupta, A., (2013). *Developing a BIM-based methodology to support renewable energy assessment of buildings*, Doctoral Thesis, Cardiff University Institute of Science, England.
- Hajian, H., Becerik-Gerber, B. (2009). A research outlook for real-time project information management by integrating advanced field data acquisition systems and building information modeling. *Proceedings of the International Workshop on computing in Civil Engineering 2009*, Austin, USA.
- Ham, Y., Golparvar-Fard, M. (2014). Mapping actual thermal properties to building elements in gbxml-based bim for reliable building energy performance modeling. *Automation in Construction*, 49, 214-224.
- Harputlugil, G. (2009). *Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hassanain, M. A. (2008). On the performance evaluation of sustainable student housing facilities. *Journal of facilities management*, Emerald Group Publishing Limited, 6(3), 212-225.

Hergüsel, M. (2011). *Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and Based Scheduling*, Yüksek Lisans Tezi, Worcester Politeknik Enstitüsü, İngiltere.

Heyman, B., Harrington, B.E., Merleau-Ponty, N., Stockton, H., Ritchie, N. and Allan, T.F. (2005). Keeping warm and staying well. does home energy efficiency mediate the relationship between socio-economic status and the risk of poorer health?, *Housing Studies*, 20, 649-664.

Hiyama, K. Kato, Kubota, M., and Zhang, J. (2014). A new method for reusing building information models of past projects to optimize the default configuration for performance simulations, *Energy and Buildings*, 73, 83-91.

Howard, R. and Bjork, B.-C. (2008). Building information modelling- experts views on standardisation and industry deployment. *Advanced Engineering Informatics*, 22(2), 271- 280.

Huovila, P., Richter, C., (1997). *Life cycle building design in 2010*, Proceedings of the 11th International Conference on Engineering Design ICED 97, 2, 635-643.

IBC. (2010). *Environmental Scan of BIM Tools and Standards*. Canada: Institute for BIM in Canada.

Isaac, M., ve Van Vuuren, D.P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the ntext of climate change. *Energy and Policy*, 37(2), 507-521.

ISO Standard.(2008). *Organization of information about Construction Works Framework for management of project information*. International Standard.

İnternet-1: LOD tanımları. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.+http%3A%2F%2Fbimforum.org%2Flod%2F&date=2018-11-26>. Son Erişim Tarihi: 26.11.2018.

İnternet-2: Revit Credit Manager for LEED ile sertifikasyon sistemi için enerji analizi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fblogs.autodesk.m%2Finsight%2Fighting-analysis-revit-leed-v4%2F++&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2018.

İnternet-3: Revit architecture proje kuzeyi-gerçek kuzey belirleme. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Flearning-revit.m%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F04%2FNorth01.png+&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2018.

İnternet-4: BEP-TR arayüzü. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwebdosya.csb.gov.tr%2Fdb%2Fmesleki hizmetler%2Fustmenu%2Fustmenu568.pdf+&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2018.

İnternet-5: Farklı ticari sektörlerde dünya çapında enerji tüketimi. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.architecture2030.org%2Fbuildings_problem_why%2F&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-6: Green Building Studio. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fthesustainabledesigntoolbox.typepad.com%2Ffiles%2Fautodesk-sustainability---conceptual-building-performance-analysis-overview.pdf+&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-7: Revit programına eklenen Sefaira uzantısı ile enerji ve gün ışığı analizi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fsefaira.com%2Fresources%2Fsefaira-for-revit-now-includes-real-time-analysis%2F+&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-8: Binanın hava fotoğrafı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%3A+https%3A%2F%2Fearth.google.com%2Fweb%2F+&date=2018-11-26>, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-9: Building information modeling. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.laiserin.com%2Ffeatures%2Fbim%2Fautodesk_bim.pdf&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-10: Autodesk ecotect analysis. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fforums.autodesk.com%2Fautodesk%2Fattachments%2Fautodesk%2F356%2F1616%2F1%2Fecotectanalysis10_whitepaper_revit_userguide_technical.pdf+&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-11: Autodesk building performance analysis. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fhelp.autodesk.com%2Fview%2FBUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS%2FENU%2F%3Fguid%3DGUID-43DAB177-3A4F-496C-BECB-2591FD04FC10&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-12: BIM uygulama planı: BIM'in uygulanması için pratik bir sistem. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fforums.autodesk.com%2Fautodesk%2Fattachments%2Fautodesk%2F356%2F1616%2F1%2Fecotectanalysis10_whitepaper_revit_userguide_technical.pdf+&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-13: Christensen, G; Koutsouris, G. ODEON Room Acoustics Software, Version 12, User Manual. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fodeon.dk%2Fdownload%2FVersion12%2FODEON_Manual.pdf&date=2018-11-26, Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-14: CIFE Technical Reports. Center For Integrated Facilities Engineering. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcife.stanford.edu%2FPublications%2Findex.html&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcife.stanford.edu%2FPublications%2Findex.html&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-15: David, D. Building information modeling update. AIA. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aia.org%2Ftap_a_0903bim+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aia.org%2Ftap_a_0903bim+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-16: Leicht, R; Messner, J. Comparing traditional schematic design documentation to a schematic building information model. . The Pennsylvania State University Press. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fitec.scix.net%2Fcgi-bin%2Fworks%2FShow%3Fw78_2007_80+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fitec.scix.net%2Fcgi-bin%2Fworks%2FShow%3Fw78_2007_80+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-17: Haymaker, J; Welle, B. An integrated conceptual design process for energy, thermal comfort, and daylightin. Stanford University. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fpeec.stanford.edu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fprojectproposal+integrated_conceptual_design_process.pdf+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fpeec.stanford.edu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fprojectproposal+integrated_conceptual_design_process.pdf+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-18: Ankara ili iklimsel veriler tablosu . Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2Fveri-degerlendirme%2Fil-ve-ilceler-istatistik.aspx+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2Fveri-degerlendirme%2Fil-ve-ilceler-istatistik.aspx+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-19: Ofluoğlu, S. Yapı bilgi modelleme: Yeni nesil mimari yazılımlar. Sayısal Mimar. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fsayisalmimar.m%2Ftr%2F+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fsayisalmimar.m%2Ftr%2F+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-20: Robert, E. Realizing the future of sustainable design through BIM and analysis. Autodesk Document. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fimages.autodesk.com%2Fadsk%2Ffiles%2Fbim_for_sustainable_design_white_paper.pdf&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fimages.autodesk.com%2Fadsk%2Ffiles%2Fbim_for_sustainable_design_white_paper.pdf&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

İnternet-21: Şensoy, S; Ulupınar, Y. İklim sınıflandırmaları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2FFILES%2Fiklim%2Fiklim_siniflandirmalari.pdf+&date=2018-11-26](http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2FFILES%2Fiklim%2Fiklim_siniflandirmalari.pdf+&date=2018-11-26), Son Erişim Tarihi:26.11.2018.

Jadhay, M., (2011). *Better Building Through Dijital Architecture*, Yüksek Lisans Tezi, Delf Teknoloji Üniversitesi, Hollanda.

Jalaei, F., ve Jade, A. (2014). Integrating building information modeling (BIM) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings, *Journal of Information Tecnology in Construction*, 19, 494-519.

- Kensek, K. M., ve Noble, D. E. (2014). *Building information modeling BIM in current and future practice*. Kanada: Wiley, 31-64.
- Kassem, M., Kelly, G., Dawood, N., Serginson M., and Lockley, S. (2015). BIM in facilities management applications: A case study of a large university complex, *Built Environment Project and Seet Management*, 5(3), 191-199.
- Kartoğlu, G. (2016). *İşlemsel Bir Tasarım Modeli Olarak Yapı Bilgi Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, S. (2016). *Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatında Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin Uygulanması Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Khemlani, L. (2004). *The IFC building model: A look under the hood*, AECbytes Feature, 3.
- Kıvırcık, İ. (2016). *İnşaat Proje Yönetimi Aşamalarında Kullanımı Üzerine Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kiper, T. (2012). *BIM – Building information modeling teknolojilerine bakış*, İstanbul, İnfotron, 17.
- Kiviniemi, A., Taranti, V., Karlshøj, J., Bel, H., ve Karud, O. J. (2008). *Review of the development and implementation of IFC compatible BIM*. Erabuild, 59.
- Köse, G. (2016). *Türk İnşaat Sektörü İçin Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Krygiel, E., ve Nies, B. (2008). *Green BIM*. Kanada: Wiley Publishing, 28-189.
- Levin, H. (1996). *Building ecology: Relation of buildings to environmental and societal issues*, Quality Building Environmental Workshop, Milwaukee.
- Lisha, A., Deng, Y., Ren, M. (2018). Structural reconstruction design and performance simulation analysis of old buildings based on BIM, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 13(3), 255-259.
- MacLeamy, P. (2004). Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design. CURT WP 1202, *Cincinnati*, 4.
- Maile, T., Fischer, M., Bazjanac, V. (2007). Building energy performance simulation tools- a life-cycle and interoperable perspective, CIFE WP107. *Stanford*, 7
- Martins, F., Cachadinha, N. (2012). *New uses of BIM capabilities: support for the work carried out measurement and production of asbuilt models reliable and rich in information to the maintenance phase*, Paper presented at the 4th National Construction Conference, Lisbon.

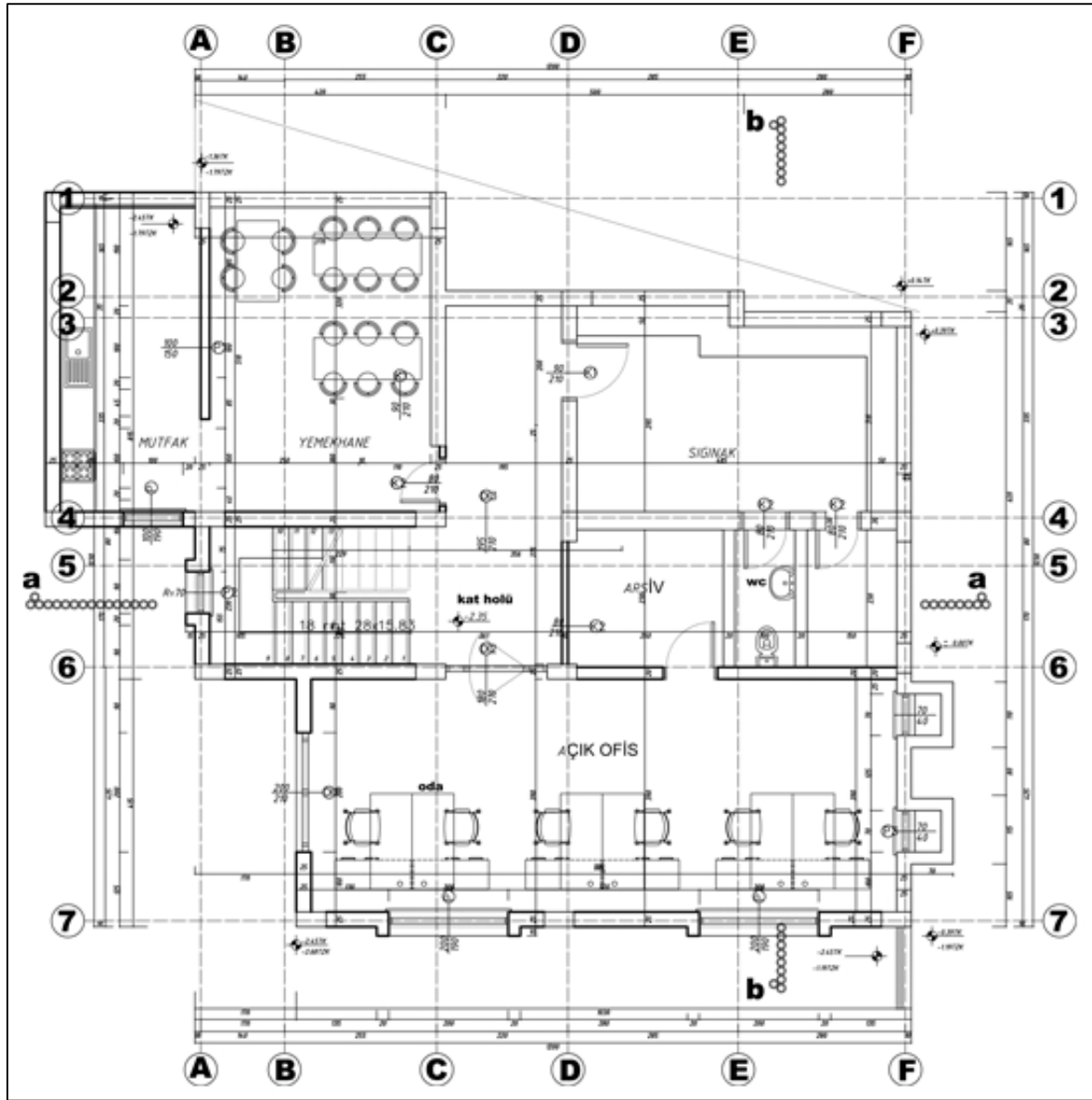
- Narowski, P.; Stasierski, J.; Wereszczyński, P. (2011, November 14-16). *Modeling of conduction transfer functions for typical thermal bridges identified in BIM data*. Paper presented at the 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, Australia.
- Natephra, W., Motamedi, A., Fukuda T., Yabuki N. (2017). Integrating 4D thermal information with BIM for building envelope thermal performance analysis and thermal comfort evaluation in naturally ventilated environments, *Building and Environment*, 124, 194-208.
- Nemry, F., Andreas, U., Makishi, C., Wittstock, B., Braune, A., Wetzel, C. (2008). Environmental improvement potentials of residential buildings (IMPRO-building). JRC Scientific and Technical Research Series, *Spain*, 5.
- Nobahar, O. (2014). *Mimarlıkta Sürdürülebilirlik ve Enerji Korunumu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Otuh, N.,F., (2016). *BIM Based Energy/Sustainability Analysis for Educational Buildings A Case Study Analysis of HAMK Building Extensions N and S Using Autodesk Revit and GBS*, Yüksek Lisans Tezi, HAMK University of Applied Sciences, Finlandiya.
- Özcan, H. (2010). *Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkoç, O. (2015). *Mimarlık Mesleğinin Değişen Roller: Uygulamada Bina Bilgi Modellemesi*, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özge, R. (2009). *Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özperçin Dilsizoğlu, G. (2016). *Bütünleşik Proje Teslim Metodunun ile Birlikte Sürdürülebilir Mimari ve Uygulamalarına Katkısı*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Panwar, N.L., Kaushik, S.C., and Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513-1524.
- Ravetz, J. (2008). State of the stock what do we know about existing buildings and their future prospects?, *Energy Policy*, 36(12), 4462-4470.
- Raza, M. (2017). *BIM for Existing Buildings (A Study of Terrestrial Laser Scanning and conventional Measurement Technique)*, Master Thesis, International Master of Science in construction and Real Estate Management Joint Study Programme of Metropolia UAS and HTW Berlin.
- Reinhardt, J. (2009). *The contractor's guide to BM* (2 baskı). America:Associated General Contractors of America, 57-67.

- Sandberg, P.I. and Sikander, E. (2005, June 13-15). *Airtightness issues in the building process*. Paper presented at the 7th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries.
- Savaşkan, M. (2015). *Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin BIM Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Schueter, A., Thessling, F. (2009). Building information model based on energy/exergy performance assessment in early design changes. *Automation In Construction*, 18(2), 153-163.
- Shalabi, F.A., (2016). *BIM Framework for Energy and Maintenance Performance Assessment for Facility Management*, Doctor of Philosophy, Iowa State University, Birleşik Devletler.
- Shukla, A., Sharma A., (2018). *Sustainability through energy-efficient buildings*, Boca Raton: CRC Press, 220-258.
- Sobh, T. (2010). *Building information modeling and interoperability with environmental simulation systems*. (First edition). Netherlands: Innovations and Advances In Computer Sciences and Engineering, 579-583.
- Stumpf, A.L., Kim, H., and Jenicek E.M. (2011). *Early design energy analysis using building information modeling technology*, Illinois, Construction Engineering Research Laboratory US Army Engineer Research and Development Center, 17-76.
- Tokuç, A. (2009). Bina Enerji Benzetim Araçları ve Seçim Ölçütleri, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(3), 19-30.
- Vangimalla, P., Olbina, S., Issa, R., and Hinze, J. (2011, December 11-14). *Validation of Autodesk Ecotect accuracy for thermal and daylighting evaluations*. Paper presented at Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, America.
- Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014). Building information modeling (BIM) for existing buildings-literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
- Waide, P., Amann, T., Hinge, A. (2007). *Energy efficiency in The North American existing building stock*, Fransa: International Energy Agency.17-60.
- Welle, B., Fischer, M., Haymaker, J., Bazjanac, V. (2012). CAD-Centric attribution methodology for multidisciplinary optimization (CAMMO): Enabling designers to efficiently formulate and evaluate large design spaces. CIFE Technical Report 195, *Stanford*, 14-19.
- Weygant, R.S. (2011). *BIM content development standards, strategies, and best practices*, Kanada: John Wiley, 80.

- Wu, Z., Chang, R.D., Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for Green Buildings: A Critical Review and Future Directions, *Automation in Construction*, 83, 134-148.
- Wu, C., Clayton, M. (2013, October 9-12). *BIM-Based Acoustic Simulation Framework*, Paper presented at 30th CIB W78 International Conference, China.
- BIM'e (Yapı Bilgi Sistemi) Geçiş - 2. Bölüm. (2009). *Yeni Mimar*, 76, 16.
- Yetkin, E. G. (28-30 Mayıs, 2015). *Mevcut yapılar kapsamında LEED, BREEAM ve DGNB sistemleri enerji ölçütlerinin karşılaştırmalı analizi*. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Binalar Sempozyumunda sunuldu, Gazi Üniversitesi, Ankara .
- Yöndem, F. (2017). *Kamu Yapım İşi İhalelerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin ile İhale Öncesinde Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

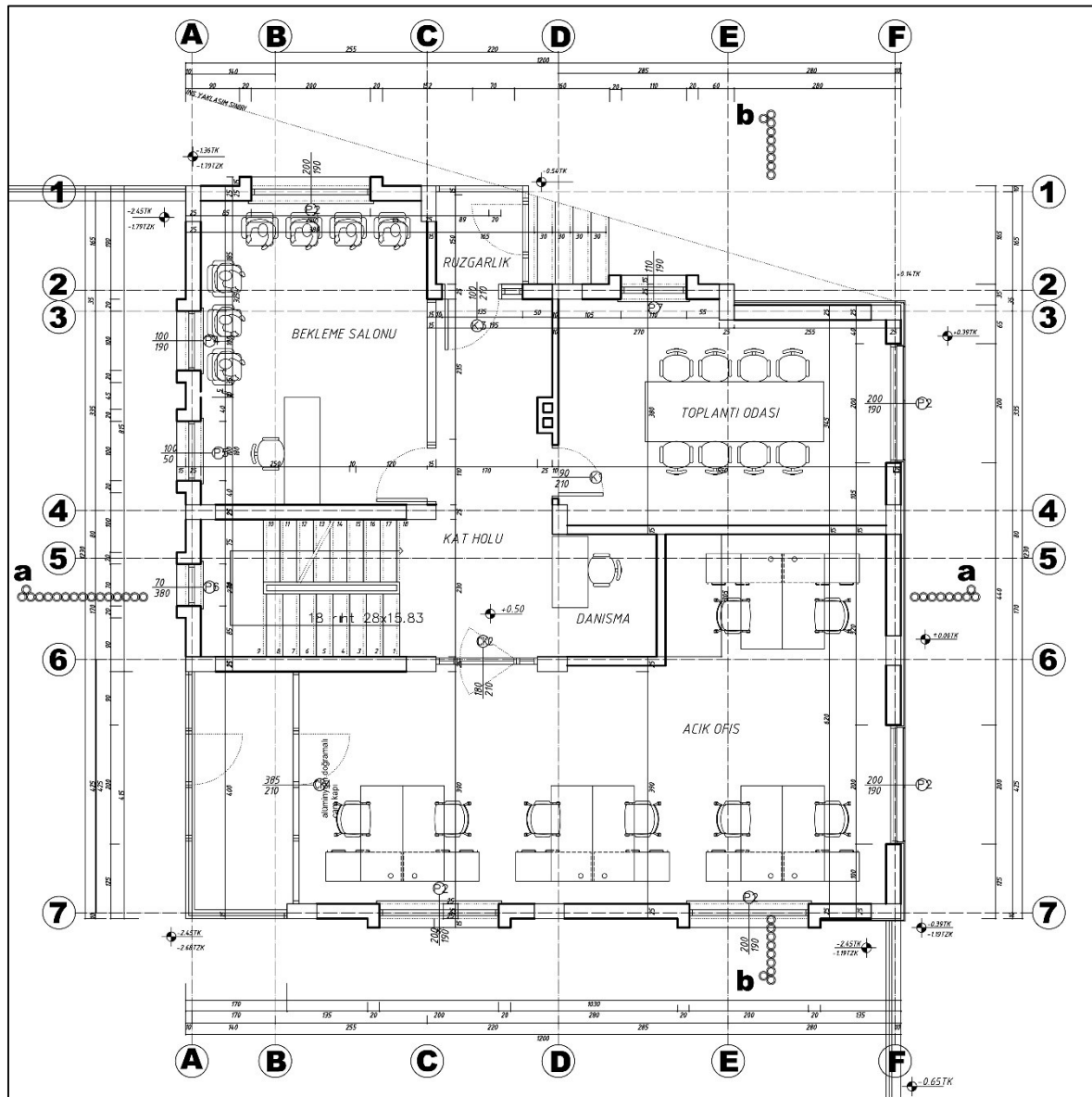
EKLER

EK- 1. Mimari uygulama kat planları



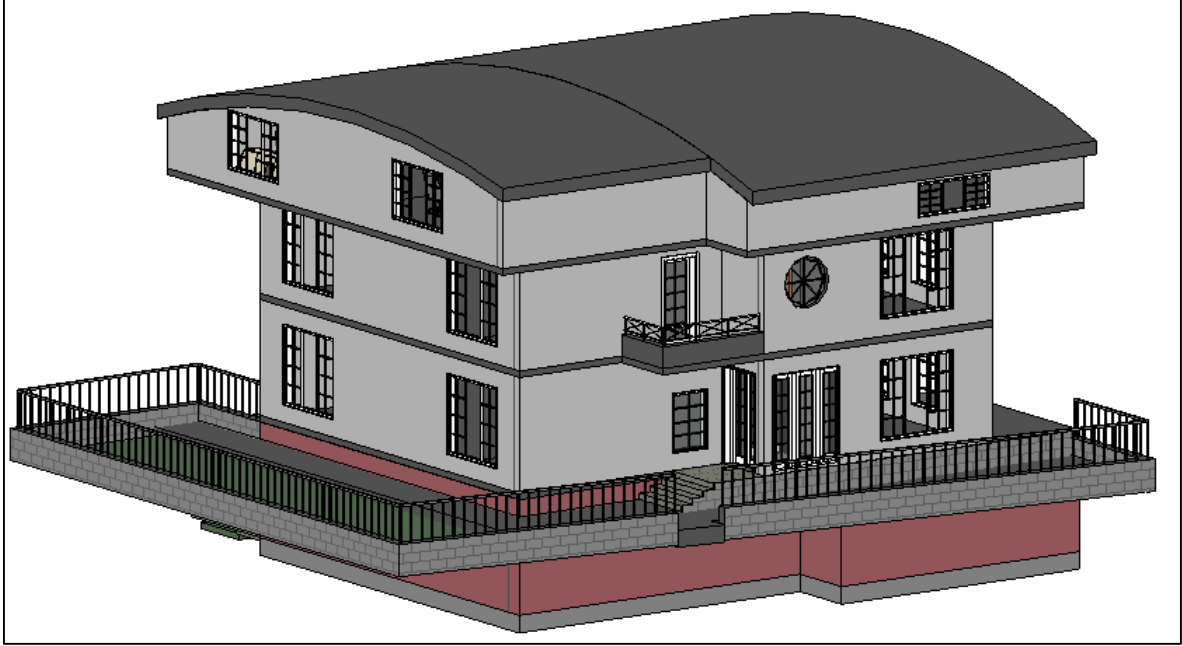
Şekil 1.1. Mevcut yapının bodrum kat planı

EK- 1. (devamı) Mimari uygulama kat planları



Şekil 1.2. Mevcut yapının bodrum kat planı

EK- 2. Mevcut yapı modeli

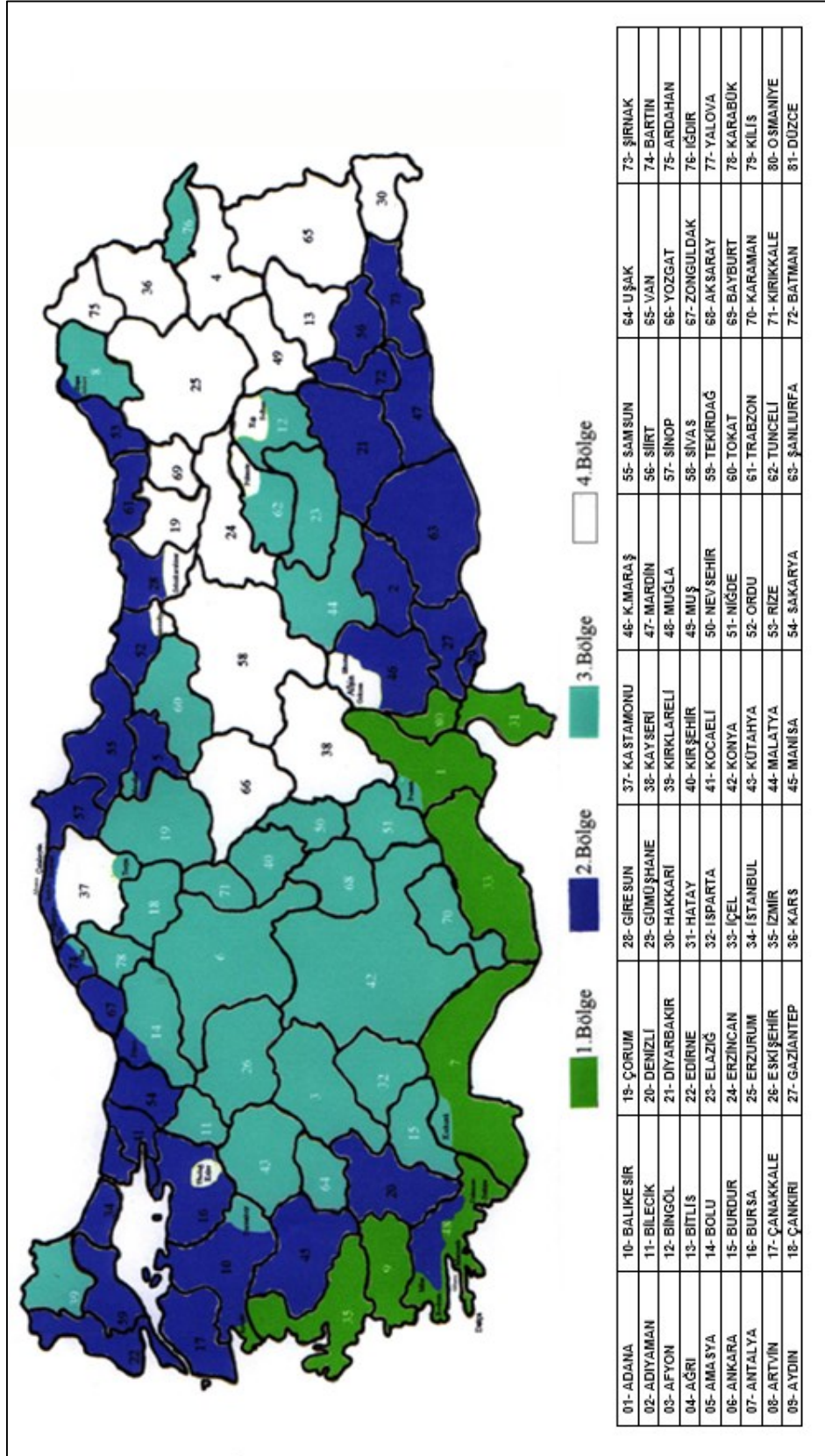


Şekil 2.1. Mevcut yapı perspektifi-1



Şekil 2.2. Mevcut yapı perspektifi-2

EK- 3. Türkiye illere göre derece gün bölgeleri



EK- 4. ASHRAE standartları

Zone Number	Zone Name	Thermal Criteria (I-P Units)	Thermal Criteria (SI Units)
1A and 1B	Very Hot –Humid (1A) Dry (1B)	$9000 < CDD50^{\circ}F$	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2A and 2B	Hot-Humid (2A) Dry (2B)	$6300 < CDD50^{\circ}F \leq 9000$	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3A and 3B	Warm – Humid (3A) Dry (3B)	$4500 < CDD50^{\circ}F \leq 6300$	$2500 < CDD10^{\circ}C < 3500$
3C	Warm – Marine (3C)	$CDD50^{\circ}F \leq 4500$ AND $HDD65^{\circ}F \leq 3600$	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ AND $HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4A and 4B	Mixed-Humid (4A) Dry (4B)	$CDD50^{\circ}F \leq 4500$ AND $3600 < HDD65^{\circ}F \leq 5400$	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ AND $HDD18^{\circ}C \leq 3000$
4C	Mixed – Marine (4C)	$3600 < HDD65^{\circ}F \leq 5400$	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5A, 5B, and 5C	Cool-Humid (5A) Dry (5B) Marine (5C)	$5400 < HDD65^{\circ}F \leq 7200$	$3000 < HDD18^{\circ}C \leq 4000$
6A and 6B	Cold – Humid (6A) Dry (6B)	$7200 < HDD65^{\circ}F \leq 9000$	$4000 < HDD18^{\circ}C \leq 5000$
7	Very Cold	$9000 < HDD65^{\circ}F \leq 12600$	$5000 < HDD18^{\circ}C \leq 7000$
8	Subarctic	$12600 < HDD65^{\circ}F$	$7000 < HDD18^{\circ}C$

Şekil 4.1. ASHRAE uluslararası iklim bölgesi tanımları

EK- 4. (devamı) ASHRAE standartları

Country	City	Zone	Country	City	Zone	Country	City	Zone
Peru			Singapore			Thailand		
LimaCallao/Chavez		2	Singapore/Changi		1	Bangkok		1
San Juan de Marcona		2						
Talara		2	South Africa			Tunisia		
Philippines			Cape Town/D F Malan		4	Tunis/El Aouina		3
Manila Airport (Luzon)		1	Johannesburg		4			
			Pretoria		3	Turkey		
Poland			Spain			Adana		3
Krakow/Balice		5	Barcelona		4	Ankara/Etimesgut		4
			Madrid		4	Istanbul/Yesilkoy		4
Romania			Valencia/Manises		3			
Bucuresti/Bancasa		5	Sweden			United Kingdom		
Russia			Stockholm/Arlanda		6	Birmingham (England)		5
Kaliningrad (E. Prussia)		5				Edinburgh (Scotland)		5
Krasnoarsk		7	Switzerland			Glasgow Airport (Scotland)		5
Moscow Observatory		6	Zurich		5	London/Heathrow (England)		4
Petropavlovsk		7						
RostovNaDonu		5	Syria			Uruguay		
Vladivostok		6	Damascus Airport		3	Montevideo/Carrasco		3
Volgograd		6						
Saudia Arabia			Taiwan			Venezuela		
Dhahran		1	Tainan		1	Caracas/Maiquetia		1
Riyadh		1	Taipei		2			
						Vietnam		
Senegal			Tanzania			Hanoi/Gialam		1
Kakar/Yoff		1	Dares Salaam		1	Saigon (Ho Chi Minh)		1

Şekil 4.2. ASHRAE uluslararası iklim zonları

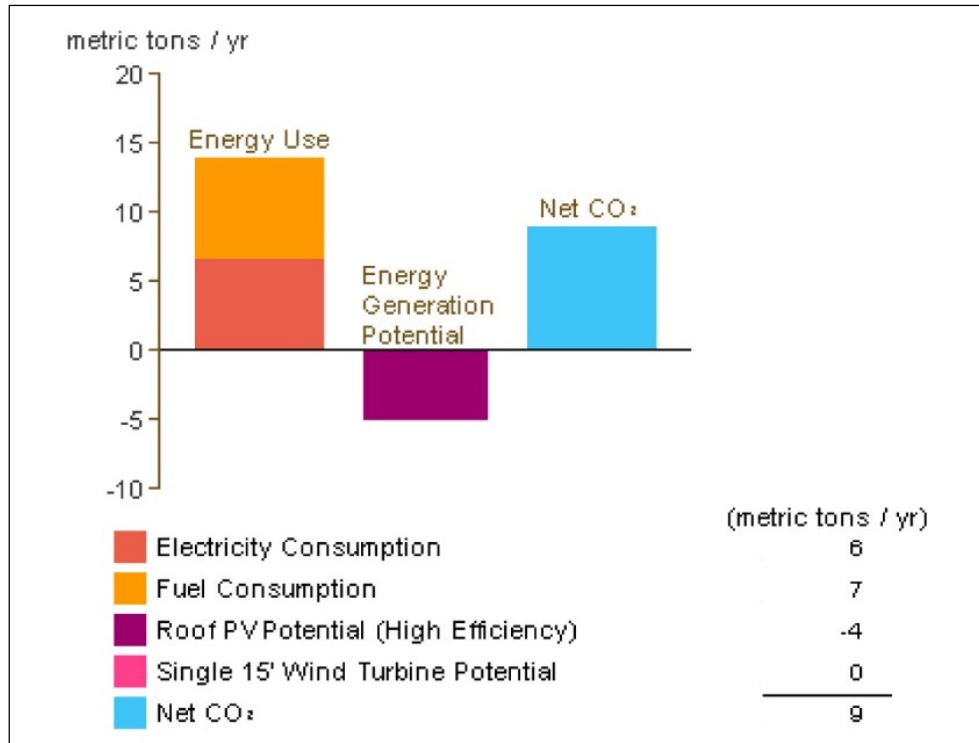
EK- 5. Revit Architecture Analiz Sonuçları

Çizelge 5.1. Bina performans analizi

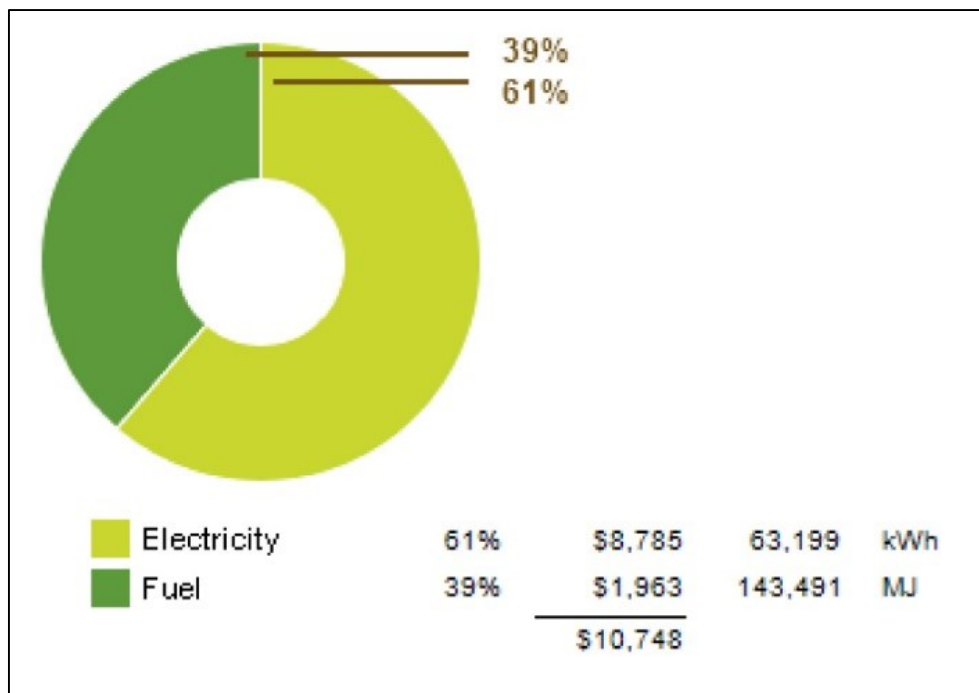
Building Performance Factors	
Location:	İlkbahar Mah. 620. Sok
Weather Station:	1252134
Outdoor Temperature:	Max: 38°C/Min: -17°C
Floor Area:	538 m ²
Exterior Wall Area:	295 m ²
Average Lighting Power:	9.69 W / m ²
People:	14 people
Exterior Window Ratio:	0.24
Electrical Cost:	\$0.14 / kWh
Fuel Cost:	\$1.44 / Therm
Energy Use Intensity	
Electricity EUI:	177 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	402 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,040 MJ / sm / yr
Life Cycle Energy Use/Cost	
Life Cycle Electricity Use:	1,895,980 kWh
Life Cycle Fuel Use:	4,304,754 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$146,390
*30-year life and 6.1% discount rate for costs	
Renewable Energy Potential	
Roof Mounted PV System (Low efficiency):	15,378 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	30,757 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	46,135 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	878 kWh / yr
*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems	

EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.2. Yıllık karbon emisyonu

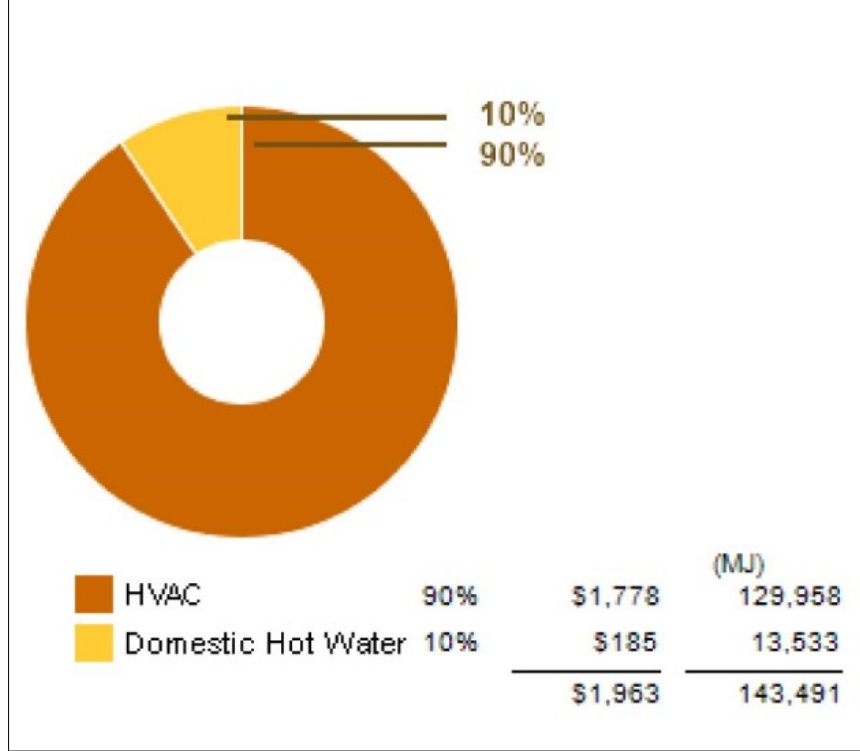


Çizelge 5.3. Yıllık elektrik-doğalgaz harcaması

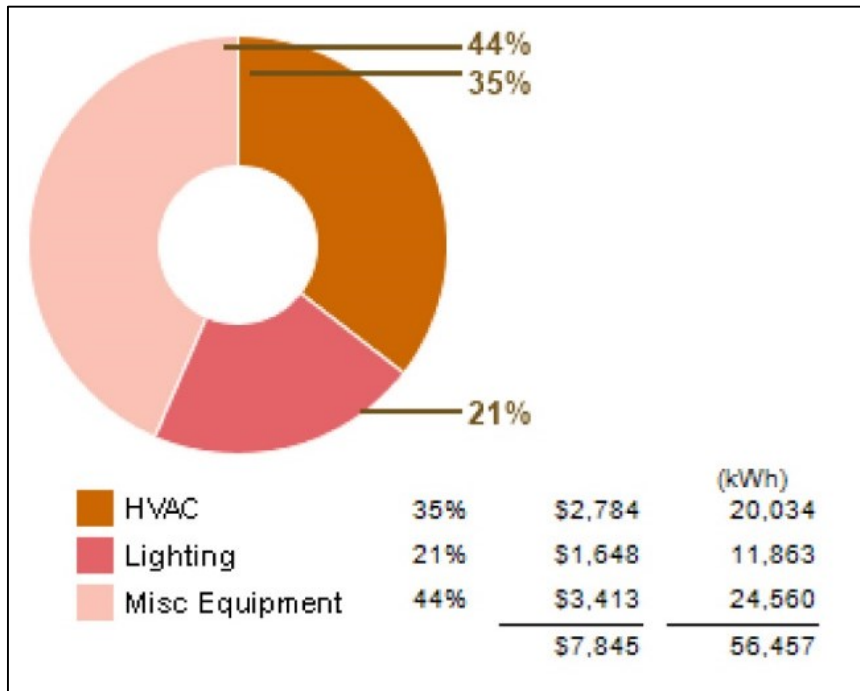


EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.4. Yıllık doğalgaz harcaması

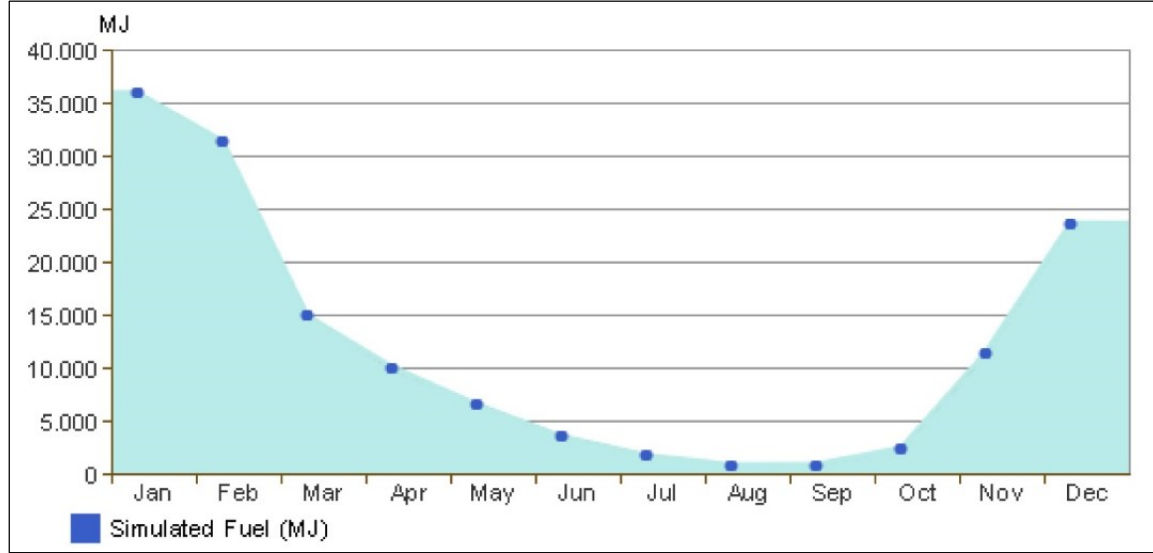


Çizelge 5.5. Yıllık elektrik harcaması

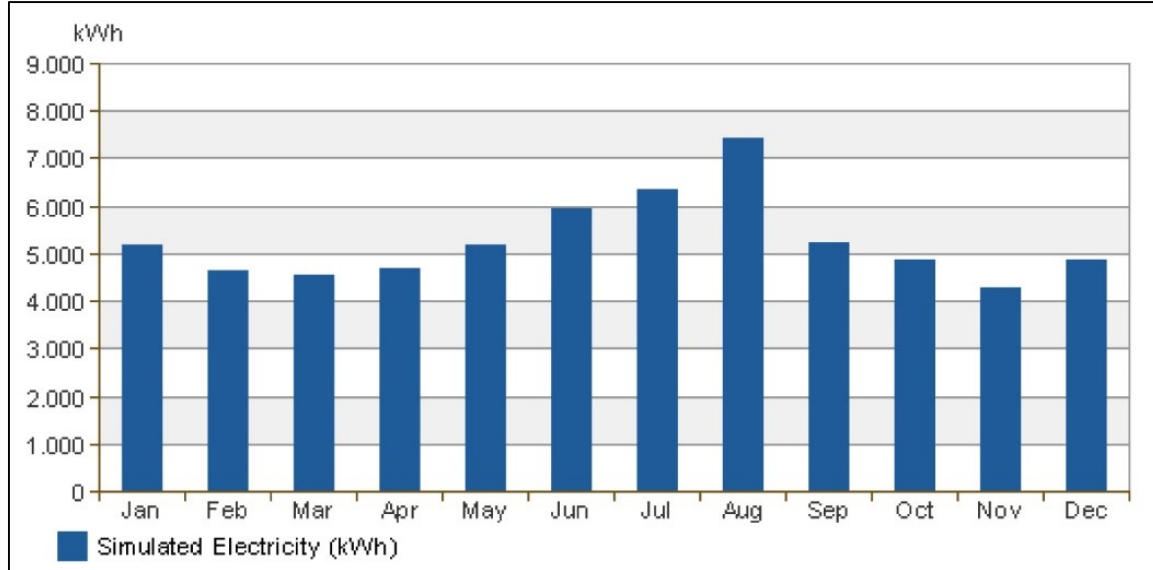


EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.8. Aylık doğalgaz harcaması

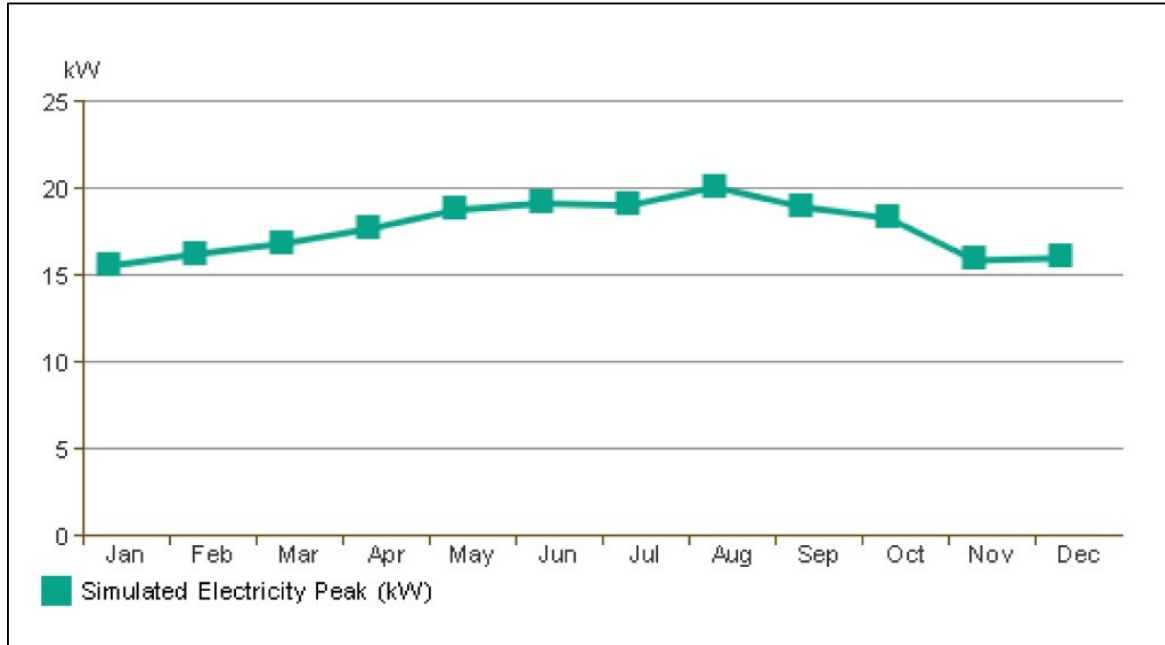


Çizelge 5.9. Aylık elektrik harcaması



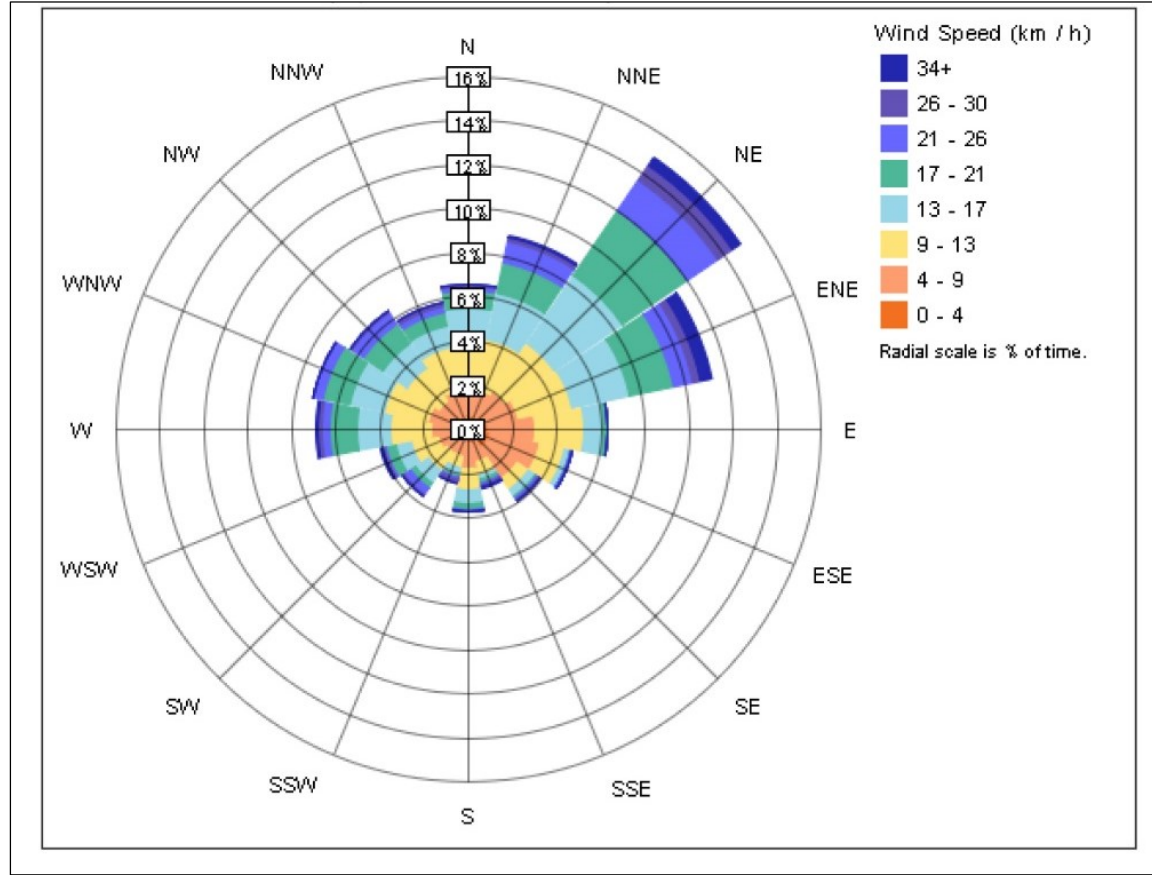
EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.10. Aylık elektrik kullanım çizelgesi



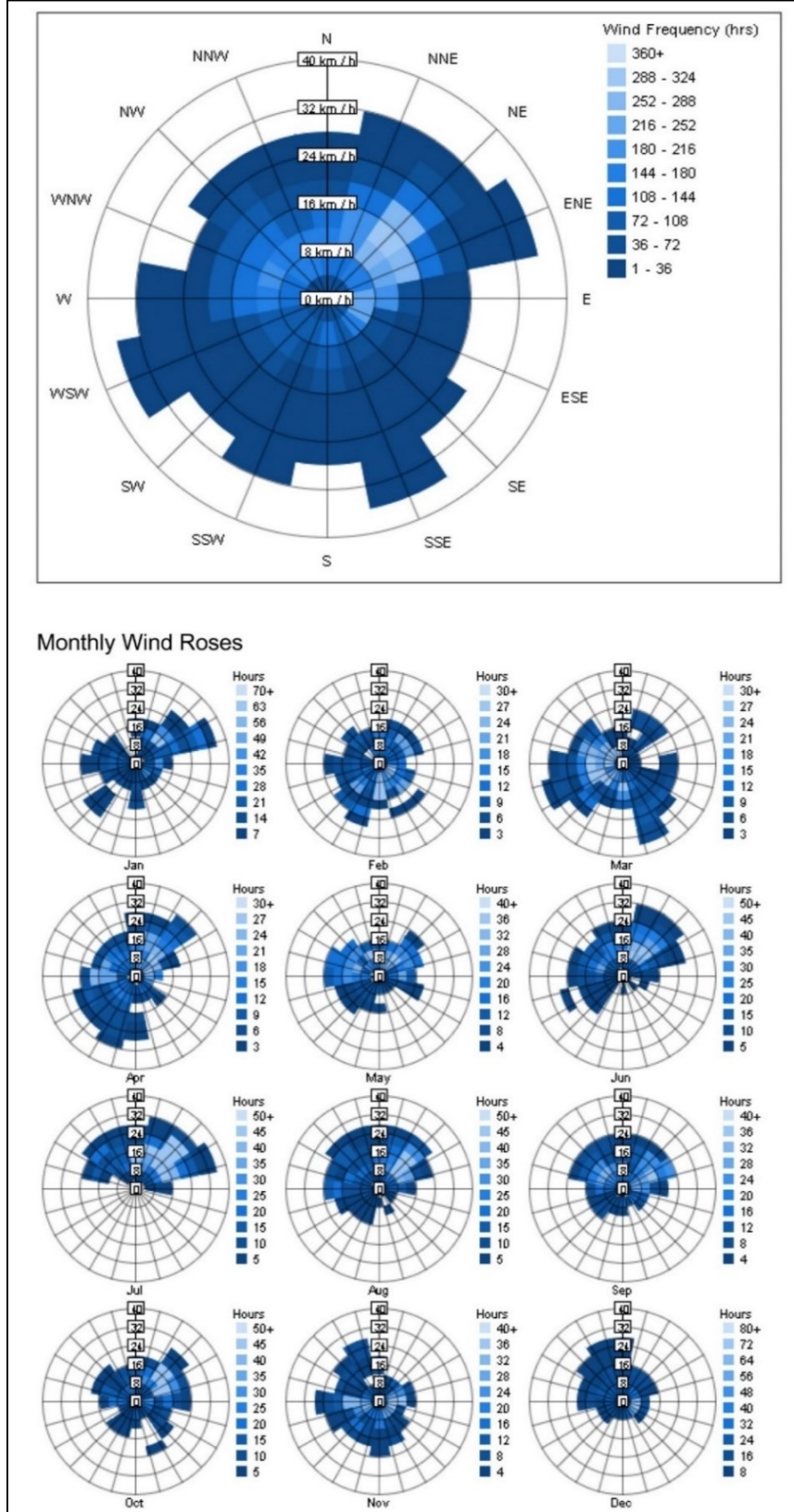
EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.11. Yıllık rüzgâr dağılımı



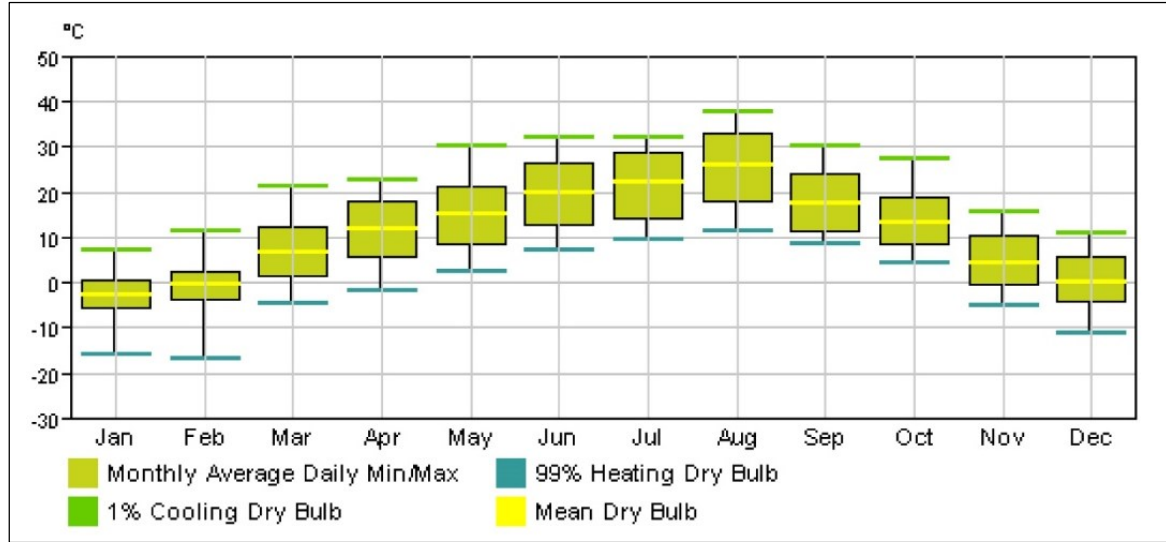
EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.12 Aylık rüzgâr yükü

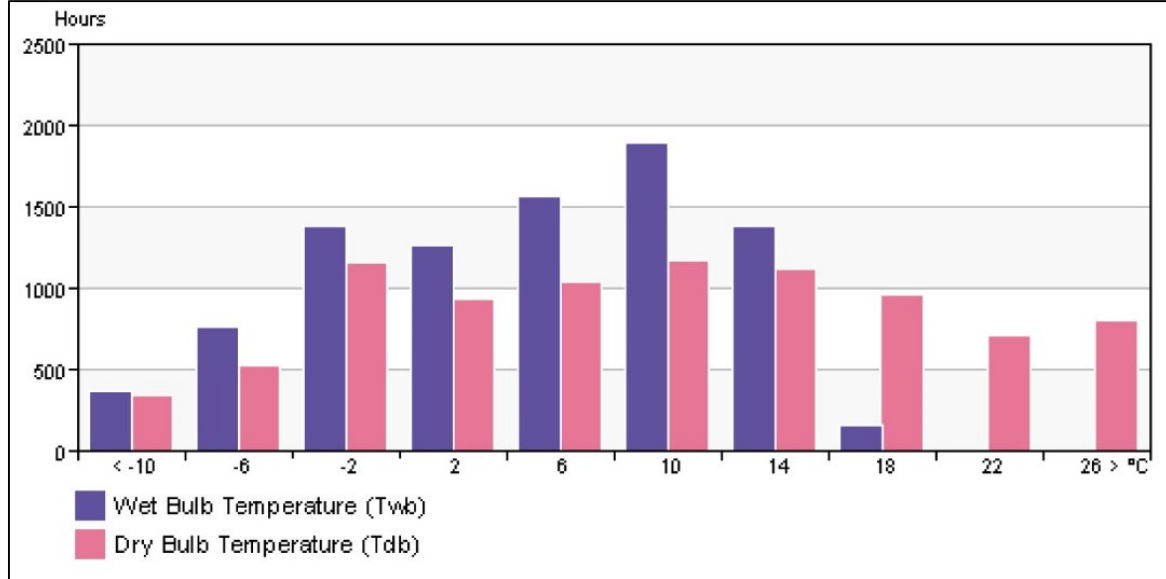


EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.13. Aylık sıcaklık/nem tasarım verisi

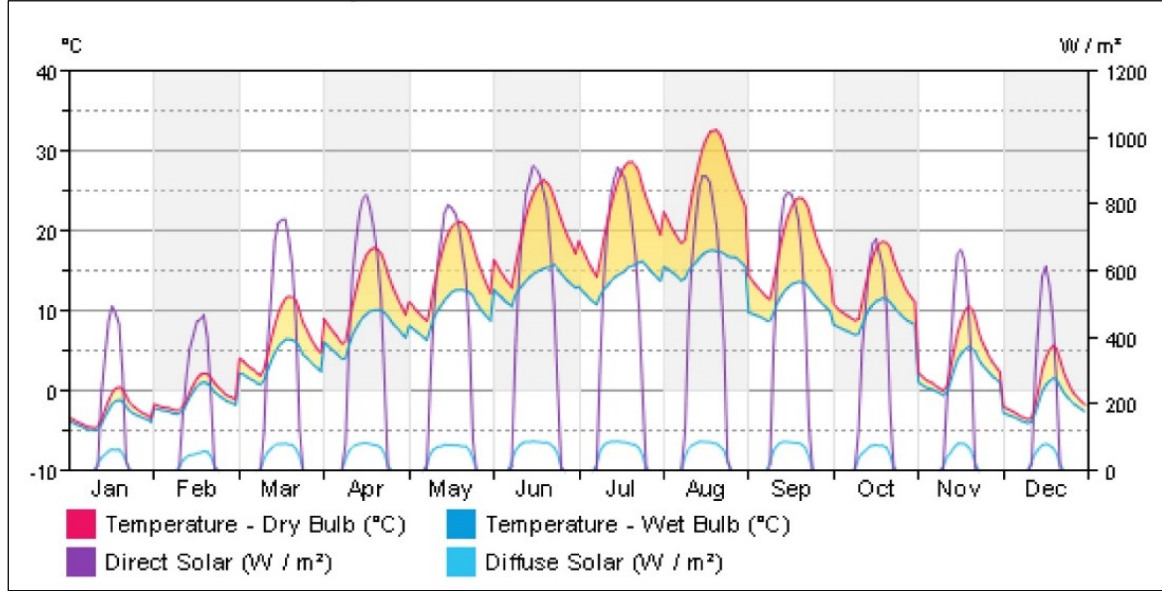


Çizelge 5.14. Yıllık sıcaklık verisi

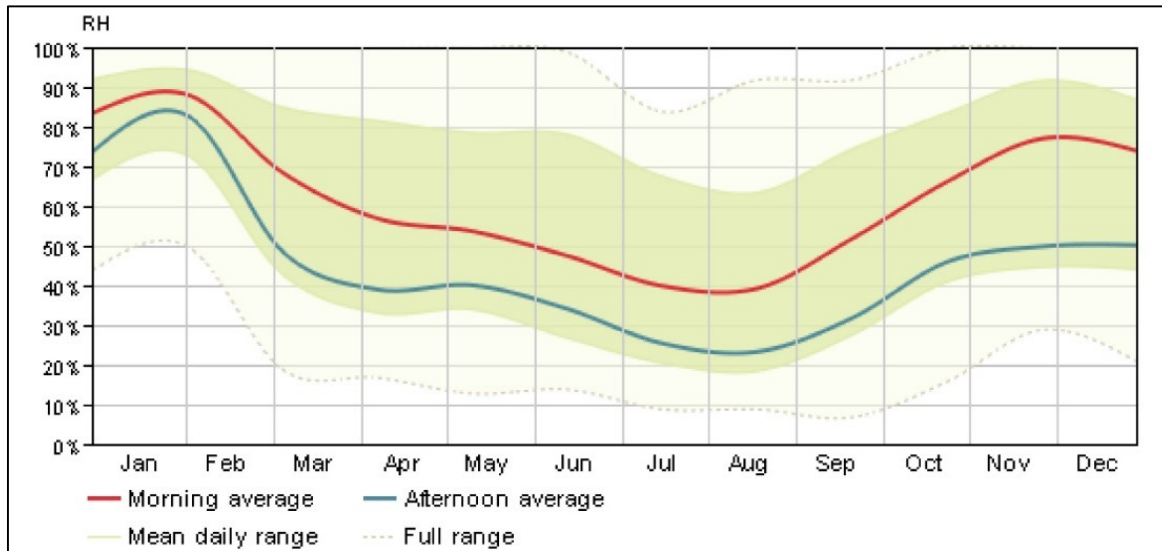


EK- 5. (devamı) Revit architecture analiz sonuçları

Çizelge 5.15. Havadaki nem oranı



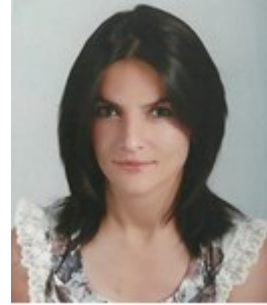
Çizelge 5.16. Binadaki kullanıcı sayısı



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERBAŞ, Rukiye
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 04.01.1988, Bolu
 Medeni hali : Bekâr
 e-mail : erbasrukiye@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi / Mimarlık	2012
Lise	Aydınlıkevler İnönü YDA Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2018	2K Grup Mimarlık	Mimar
2017-Halen	ARH Mimarlık	Kurucu-Ortak

Yabancı Dil

İngilizce (Orta)

Yayınlar

Ayçam, İ., ve Erbaş, R. (2017). *Yapı bilgi sistemlerinin (BIM) ofis binalarında kullanım alanları ve potansiyeli*. Teskon 2017 / Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu, İzmir.

Ayçam, İ., ve Erbaş, R. (2017). *Yapı Bilgi Sistemlerinin (BIM) Ofis Binalarında Kullanım Alanları ve Potansiyeli*. *Tesisat Mühendisliği*, 160, 22-32.

Hobiler

Seyahat etmek, trekking, şifalı bitki bilimi



GAZİ GELECEKTİR...