# BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMI

## Uygulama Kılavuzu

ÇEVRE DOSTU SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNALAR

**BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMI İLE PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ UYGULAMA KILAVUZU**
ISBN: 978-605-5310-87-5

(c) Her hakkı saklıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Mayıs 2016

Kaynak belirtilmesi kaydıyla alıntılara izin verilir.

Kaynakça Bilgisi: Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu, Mayıs 2016

Bu çalışma ulusal kanunları ve yönetmelikleri bağlayıcı bir niteliği olmayıp, başucu kitabı niteliğinde olup bilgi eksikliğinin giderilerek farkındalığın arttırılmasına yönelik olarak hazırlanmıştır. Ayrıca mevcut yönetmeliklerle ikileme düşülmesi halinde yürürlükteki kanunlar ve yönetmelikler geçerlidir.

PROJE OFİSİ

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
Eskişehir Yolu 7.km No:166 06520 Çankaya, Ankara
Tel: 0 312 295 5240 Faks: 0 312 219 7910
www.yegm.gov.tr / www.surdurulebilirbinalar.net

PROJE YÖNETİCİSİ Aslı Karabacak

EDİTÖRLER Prof.Dr. C. Abdi Güzer
Yrd.Doç.Dr.İlker Kahraman
Y.Mimar Nilay Özeler Kanan (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
Şube Müdürü V. Mimar Esra Tombak (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
Uzman Yardımcısı Oğuz Kürşat Kabakçı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)
Makine Mühendisi Korkmaz Gül (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

TASARIM Atay İlgün

DÜZENLEME B2B Medya

BASKI Uzerler Matbaası
Turan Güneş Bulv. 22/8 Çankaya, Ankara

*Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu, Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile birlikte, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığı işbirliğinde yürütülen "Binalarda Enerji Verimliğinin Artırılması Projesi" kapsamında hazırlanmıştır.*

# BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMI

Proje Geliştirme Süreci
Uygulama Kılavuzu

**MÜNİB KARAKILIÇ**

GENEL MÜDÜR

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

*"…doğru tasarım ve uygulama ilkeleri ile önemli derecede yaşam boyu maliyet artışına neden olmadan ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretebilen, sıfır emisyon salımına sahip, kaynak kullanımı ve atık üretimi asgari düzeyde olan doğa dostu sürdürülebilir yapılar inşa etmek mümkün…"*

Değerli Okuyucular,

Dünya genelinde, özellikle içinde bulunduğumuz asırda nüfus artışı, küreselleşme, teknolojideki hızlı gelişmeler, gelir ve refah seviyesinin yükselmesi doğal kaynakların kontrolsüz bir şekilde tüketilmesine ve çevresel olumsuzluklara yol açmıştır. Herhangi bir önlem alınmadığı taktirde, bu kalkınma mücadelesi ülkeleri gelecek nesillere daha sınırlı kaynakları olan kirli bir dünya bırakmanın eşiğine sürükleyecektir.

Bu sorun günümüzde en zengin kaynaklara sahip ülkeler için bile geçerli olup, dünya üzerinde bulunan bütün canlıların çevresel, ekonomik ve sosyal açılardan yaşam kalitelerini azaltmadan kalkınma arayışının önünü açmıştır. Bu sayede, hedeflere sürdürülebilir politika ve tedbirler ile ulaşmak ülkelerin ana gündem konusu haline gelmiştir.

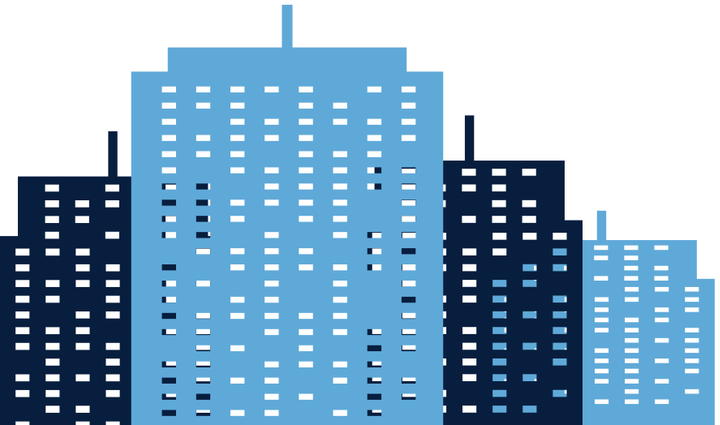
Bu bağlamda, binalar enerji kaynaklarının yaklaşık %40'ının, su kaynaklarının yaklaşık %25'inin tüketiminden ve dünya sera gazı emisyon salımının yaklaşık üçte birinden sorumlu olması hasebiyle öncelikli olarak ele alınması gereken alanların başında yer almaktadır.

Günümüzde doğru tasarım ve uygulama ilkeleri ile önemli derecede yaşam boyu maliyet artışına neden olmadan ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretebilen, sıfır emisyon salımına sahip, kaynak kullanımı ve atık üretimi asgari düzeyde olan doğa dostu sürdürülebilir yapılar inşa etmek mümkün olabilmektedir.

Söz konusu tasarruf potansiyelinin bilincinde olan ülkemiz, 2023 yılı hedeflerinde sürdürülebilir yapılaşmanın yaygınlaştırılmasına yönelik tedbirlere de yer vermiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan bir tanesi de Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile birlikte yürüttüğü, Küresel Çevre Fonu (GEF) destekli "Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi"dir.

Elinizdeki bu kitap serisi söz konusu projenin bir çıktısı olarak konusunda söz sahibi yerli ve yabancı uzman ekibi ile uzun soluklu bir çalışma neticesinde hazırlanmış olup, sürdürülebilir yapıların tasarımından yıkımına kadar yaşam döngüsü boyunca her aşamasında ortaya çıkan tasarruf potansiyelinin kazanılması için aktörlerin birlikte karar almasına yönelik bir metodoloji geştirme amacını gütmektedir.

Dünya çapında hızla yaygınlaşan ve geleneksel tasarım anlayışının yerini alan bu metodolojinin "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY)" adıyla ülkemize kazandırılması konusunda emeği geçen herkese teşekkür ederim.



**SELAMİ MERDİN**

GENEL MÜDÜR V.

ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

MESLEKİ HİZMETLER GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

*"…disiplinlerarası çalışmalara imkân veren Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı, çevreye daha duyarlı, sağlıklı, konforlu, depreme dayanıklı ve yangın güvenliği olan Yeşil Binalar inşa etme hedefimize ulaşmamızda öncü bir model olacaktır…"*

Bilindiği üzere; hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme sonucu doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep giderek artırmaktadır. Hem çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin oluşturduğu sorunları, hem de fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmak için, tüm ülkeler gibi ülkemizde de sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için sürdürülebilir binalara yönelmek zorundayız.

Bakanlığımızın hedefi olan "marka şehirlere" ulaşabilmek için binalarımızı; doğayla uyumlu, arazi ve malzeme seçiminden yıkımına kadar yaşam döngüsü dikkate alınarak, iklim verilerine ve yöreye uygun, enerji, su gibi doğal kaynaklarını asgari seviyede kullanan, enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan bütüncül yaklaşımla tasarlamak ve inşa etmek zorundayız.

Bakanlığımızın ana paydaş olduğu "Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi" kapsamında "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı" konusunda 1,5 seneyi aşkın bir süredir birçok uzman ile çalışılmış, elde edilen bilgiler "Türkiye için Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı Uyarlaması" adı altında üç adet kılavuz kitap haline getirilmiştir.

Kılavuz kitapların nihai hale getirildiğini söylemek oldukça iddialı olacaktır. Çünkü değişen teknoloji ve iklim koşulları, yasal-yönetimsel çerçeve ile mesleki yaklaşımlardaki farklılaşmalar gibi nedenlerden dolayı aslında, bu kılavuzlar güncellenmeye açık halde olmakla birlikte güncel ihtiyaçlara da cevap verebilecek şekilde hazırlanmıştır. Kılavuzlar zamanın ve günün gereklilikleri doğrultusunda güncellenecektir.

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı kılavuz kitapları hazırlanırken hedefimiz; gelişmiş ülkelerce kabul görmüş bu tasarım yaklaşımının, mimar ve mühendisler için birer başvuru kaynağı ve sıklıkla danışılan kitaplar dizisi olarak kullanılmasıdır. Kılavuzlar; Bakanlığımızda bina tasarımı, yapımı, denetim ve işletimi ile ilgilenen birimlerin yanı sıra il teşkilatlarımız ile yerel yönetimlerdeki tüm kuruluşlar için aydınlatıcı olacaktır.

Ayrıca bu kılavuz kitaplar; mesleki bilginin arttırılması hatta Türkiye'deki üniversitelerde mimarlık ve mühendislik eğitimi sırasında üniversite öğrencilerinin disiplinlerarası çalışmalara yatkınlık göstermelerini sağlayacak ve öğrencilerin enerji verimliliği konusundaki farkındalıklarını arttıracaktır.

Bu çalışmada emeği geçen Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı çalışanları ile Genel Müdürlüğümüzdeki çalışma arkadaşlarıma gösterdikleri emek ve disiplinli çalışmaları için teşekkür ederim.

**MATİLDA DİMOVSKA**

DAİMİ TEMSİLCİ YARDIMCISI

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER
KALKINMA PROGRAMI

Doğal kaynakların hızla tükenmesi ve ekosistemin giderek bozulması, gelecek kuşakların ihtiyaçlarına engel olmaksızın bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir kalkınma mücadelesini gündeme getirmiştir. Bu hassasiyetle, Birleşmiş Milletler 2030 Gündemi çerçevesinde 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi belirlemiş, bu hedeflere küresel ölçekte ulaşabilmek için devletler ile kurumlar arası işbirliğine ve bilgi paylaşımına önem vermiştir. Nitekim Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile işbirliği içerisinde yürütülen "Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi" binalarda tüketilen enerjinin ve buna bağlı sera gazı salımlarının azaltılması hedefleriyle bu amaca hizmet eden önemli girişimler arasında yer almaktadır.

Proje çıktılarından birisi olan "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY)" kitap serisi, dünyada giderek yaygınlaşan sürdürülebilir bina yapım tekniği için temel prensipleri içeren bir kılavuz niteliği taşımakla birlikte, süreçte rol alacak aktörlerin yaşam döngüsü boyunca sosyo-ekonomik etki, teknik performans ve çevresel duyarlılık ekseninde birbirleriyle uyum içerisinde çalışmalarına kolaylık sağlayacak bir rehber olma misyonunu da üstlenmektedir. Ancak, unutulmamalıdır ki içinde bulunulan konjonktürün zamanla değişmesi, teknolojik ilerlemelerin kaydedilmesi, edinilen bilgi ve tecrübelerin artması bu tasarım yaklaşımının geliştirilmeye açık, dinamik bir yapı kazanmasını kaçınılmaz kılmıştır. Bu sebeple serinin güncelliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi adına siz değerli okuyucularımızın geri bildirimleri, görüş ve katkıları büyük önem arz etmektedir.

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye yapı sektörü şartlarına kazandırılması, uygulanabilir hale getirilmesi ve performans önceliklerinin belirlenmesi serinin nihai hedefleri olarak öngörülmüştür. Bu çerçevede, konularına hakim ulusal ve uluslararası uzman ekibi ile yaklaşık 2 yıl süren titiz çalışmaların ardından kitaplar tamamlanmıştır. Ortaya konulan bu emeklerin ancak sektörde kullanılması ve yaygınlaşması ile faydaya dönüşeceğine inandığımızı vurgulayarak, kitapların hazırlanma ve yazım sürecinde görev alan 15 kişilik değerli uzman ekibini aşağıdaki şekilde sizlerle paylaşmak istiyoruz.

| | |
|---|---|
| Takım Lideri | Prof. Dr. C. Abdi GÜZER |
| Takım Yöneticisi | Yrd. Doç. Dr. İlker KAHRAMAN |
| Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Uzmanı | Nils LARSSON |
| Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Uzmanı | Prof. Dr. Birol KILKIŞ |
| Havalandırma Uzmanı | Dr. İbrahim ÇAKMANUS |
| Bina Akustik Uzmanı | Prof. Dr. Arzu Gönenç SORGUÇ |
| Bina Bilgi Modelleme Uzmanı | Hasan Burak CAVKA |
| Bina Malzemeleri ve Yaşam Döngüsü Uzmanı | Dr. Hüdai KARA |
| Aydınlatma Uzmanı | Araş. Gör. Dr. Feride Şener YILMAZ |
| Su Kullanımı ve Yönetim Uzmanı | Yrd. Doç. Dr. Gülten MANIOĞLU |
| Bina Yapısı Uzmanı | Dr. Özgür BOZDAĞ |
| Sürdürülebilir Bina Tasarımı Yazılım Programları Uzmanı | Michael Carter WAKEFIELD |
| Katı Atık Yönetimi Uzmanı | Mahmut Özgür ŞAKI |
| Geleneksel Binalar Uzmanı | Dr.And AKMAN |
| Mevzuat Uzmanı | Selin Zağpus YIĞITOĞLU |

Son olarak, bu kitap serisinin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen başta T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Genel Müdürü Sayın Münib KARAKILIÇ'a ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Genel Müdür Vekili Sayın Selami MERDİN'e olmak üzere, emeği geçen tüm Genel Müdürlük çalışanlarına ve uzman ekibine teşekkürlerimizi sunar, çalışmanın Türkiye'ye faydalı olmasını dileriz.

Saygılarımızla.

## İÇİNDEKİLER


**1. GİRİŞ VE KAPSAM** ..... 1

**2. TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜ İÇİN BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMINA (BBTY) GENEL BAKIŞ** ..... 3

2.1 Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ..... 3

2.2 Bina Bilgi Modellemesinin BBTY Sürecindeki Rolü ve Türkiye İnşaat Sektörü İçin Uygulama Öncelikleri ..... 5

**3. BBTY İçİn Projeye Özel Süreç Modelİ** ..... 11

3.1 Tasarım ve İnşaat Süreçlerinde Etkili olan Çevresel Girdilerin Tanımlanması ..... 12

3.2 Arazi Seçimi ve Alanın Özelliklerinin Değerlendirilmesi ..... 13

3.3 Arazide Varolan Yapıların Değerlendirilmesi ..... 15

3.4 İşlevsel Program ve İşletme Verilerinin Belirlenmesi ..... 15

3.5 Performansa Yönelik Öncelik ve Hedeflerin Geliştirilmesi ..... 16

3.6 Tasarım Ekibi Üyelerinin Seçilmesi ..... 19

3.7 İlk Proje Fikir Toplantılarının Kurgulanması ..... 20

3.8 Şematik Tasarımların Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi ..... 22

3.9 Yerleşim Planının Geliştirilmesi ..... 29

3.10 Detaylı Tasarımın Geliştirilmesi (Bu başlık ile ilgili kısım, 3.8'in altında detaylandırılmıştır) ..... 29

3.11 İnşaat ve Uygulamalar için Kalite Güvencesi Stratejileri Geliştirilmesi ..... 29

3.12 Yer Teslimi, Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi, Arazinin Hazırlanması ..... 31

3.13 Yeniden Kullanılabilir Yapı ve Malzemenin Yerinde Değerlendirilmesi ..... 32

3.14 Geri Dönüşümlü Malzemenin Kullanımının Değerlendirilmesi ..... 32

3.15 İnşaat Atık Yönetimi ..... 33

3.16 İnşaat Sürecinin Yönetimi ..... 33

3.17 Bina İnşaatının İzlenmesine Yönelik Enerji Simülasyonlarının Yapılması ..... 34

3.18 İşletmeye Alınma Süreci ..... 37

3.19 İşletme Personelinin Eğitimleri ..... 39

3.20 Etkin Bir İşletme İçin Kullanıcı Eğitimleri ..... 39

3.21 İskan Sonrası İşletme ve Değerlendirme ..... 40

3.22 Binaların Enerji Verimliliğinin İzlemesi ve Değerlendirilmesi ..... 40

**4. SONUÇ** ..... 48


## ŞEKİLLER


**Şekil 1:** Yeni bina projelerinde yüksek performans elde etmek için izlenebilecek adımlar ve bu adımlar arasındaki ilişkiler ..... 4

**Şekil 2:** Mevcut bina projelerinde yüksek performans elde etmek için izlenebilecek adımlar ve bu adımlar arasındaki ilişkiler. ..... 4

**Şekil 3:** BBM, bina yaşam döngüsü boyunca farklı kullanım alanlarını gösteren tablo. (Şekil orijinalinden Türkçe'ye çevrilmiştir. Kaynak: http://bim.psu.edu/Uses/, 2 Mayıs 2014 tarihinde erişilmiştir) ..... 5

**Şekil 4:** Enerji modellemesi kullanımı ile üç değişik kütle tasarım alternatifinin enerji etkinliğinin karşılaştırılması (Kaynak: www.sefaira.com) ..... 6

**Şekil 5:** Yapı modelinin performansı hakkında analiz bilgilerini gösteren uygulamalara ait görseller. (Kaynak: Eastman ve diğerleri, 2008. s 162) ..... 7

**Şekil 6:** Simülasyon motorlarının genel veri akışı şeması (Kaynak: GSA BIM Guide Series Version 1) ..... 7

**Şekil 7:** Enerji benzetimi iş akışına genel bakış. Şekil 7'de Autodesk Green Building Studio, Revit ve Vasari programlarının kullanım yöntemleri gösterilmiştir (Kaynak: Sustainabilityworkshop.autodesk.com/ buildings/revit-whole-building-energy-analysis. 9 Eylül 2014'te erişildi) ..... 9

**Şekil 8:** Autodesk Navisworks uygulaması mimari ve mühendislik tasarımları arasındaki koordinasyonun kontrol ve monitör edilmesinde kullanılan BBM uygulamalarından biridir. (Kaynak: http://www.autodesk.com/products/autodesk-navisworks-family/features/all/gallery-view, 4 Mart 2014'te erişilmiştir.) ..... 10

**Şekil 9:** Tasarım ekibinin şematik gösterimi ..... 19

**Şekil 10:** Şematik tasarımın yapılması için 1.aşamada yer alan unsurlar ..... 22

**Şekil 11:** Esas tasarımın parametreler değiştikçe izleyebileceği yol ..... 23

**Şekil 12:** Detaylı tasarım geliştirme sürecinin temal adımları ..... 30

**Şekil 13:** İnşaat ve uygulamalar sürecindeki temel adımlar..... 30

**Şekil 14:** Örnek bir modelin enerji maliyeti ve karbon emisyonu sonuçları ..... 35

**Şekil 15:** Yenilenebilir enerji alternatiflerinin örnek bir modele olan etkisine yönelik sonuçlar ..... 35

**Şekil 16:** Örnek modelin oluşturulduğu yerdeki elektrik santrali kaynaklarının tüm sonuçlara etkisi ..... 36

**Şekil 17:** Örnek model için güneş potansiyelinin tüm sonuçlara etkisi ..... 36

**Şekil 18:** Örnek model için rüzgar potansiyelinin tüm sonuçlara etkisi ..... 37

**Şekil 19:** Örnek model için doğal havalandırmanın tüm sonuçlara etkisi ..... 37

**Şekil 20:** Farklı tasarım parametrelerine göre senaryolar oluşturulması ..... 38

**Şekil 20a:** Örnek bir modelin enerji ve karbon sonuçlarını gösteren tablo ..... 38

**Şekil 20b:** Örnek modelin farklı açılarla yerleştirilmesine yönelik oluşturulan toplam yıllık enerji tüketimi, maliyeti, elektrik kullanımı gibi senaryoların yer aldığı tablo. ..... 39

**Şekil 21:** Bir binanın enerji yönetim sistemindeki bilgi döngüsü ..... 41

**Şekil 22:** Asıl tüketim değerlerinin ısıl enerji ihtiyacı ile zamana bağlı karşılaştırması. Karşılaştırılabilir ısı ihtiyacı için (1 ile 2 arası), optimizasyon amacı ile tüketim düşürülmüştür. ..... 43

**Şekil 23:** Isıl enerjisi ihtiyacına göre normalize edilmiş tüketim. (HGT, HDD anlamındadır) ..... 43

**Şekil 24:** Müşteri tiplerine göre günlük, aylık ve yıllık tüketimin bir pasta grafik yardımı ile görselleştirilmesi. ..... 45

**Şekil 25:** Eğilim eğrisi ve yığılmış çubuklar ile gösterilen günlük enerji tüketim karakteristiği. ..... 45

**Şekil. 26a:** Yıllık enerji tüketimi karşılaştırması ..... 46

**Şekil 26b:** Enerjinin, sistemlere göre yıl boyunca harcanma oranları. ..... 46

**Şekil 27:** Tarife analizi ..... 47

**Şekil 28:** Bir elektronik pano örneği ..... 47

## KISALTMALAR

**ASHRAE** : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
**BIPV** : Building Integrated Photovoltaic (Bina Bütünleşik Güneş Pili)
**BIPV/T** : Building Integrated Photovoltaic/Thermal (Bina Bütünleşik Güneş Pili/Kolektör Sistem)
**BIST** : Building Integrated Solar Thermal (Bina Bütünleşik Kolektör Sistem)
**BBM (BIM)** : Bina Bilgi Modellemesinin (Building Information Management)
**BBTY** : Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı
**BYS** : Bina Yönetim Sistemi
**CAD** : Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
**CFD** : Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği)
**GBS** : Green Building Studio
**HDD** : Heating Degrees Days
**HVAC** : Isıtma, Havalandırma ve Hava Şartlandırma Sistemleri
**IES** : Integrated Environmental Solutions
**IFC** : Industry Foundation Classes
**İÇK** : İç Çevre Kalitesi
**LCCA** : Life Cycle Cost Analysis (Yaşam Boyu Maliyet Analizi)
**LOD** : Level Of Development veya Level Of Detail
**SHGC** : Solar Heat Gain Coefficient (Güneşten Isı Kazancı Katsayısı)
**TS** : Türk Standartı
**TSE** : Türk Standartları Enstitüsü
**XML** : Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)
**VDI** : Verein Deutscher Ingenieure (Alman Mühendisleri Derneği)

# 1. GİRİŞ VE KAPSAM

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY), bina tasarımında farklı uzmanlık birikimlerinin çevreye müdahale ve bina yapma süreçlerinin en başından itibaren bir araya getirilmesini ve tasarım sürecinin tüm girdilerinin birbirleri ile etkileşim içinde ele alınmasını öngörmektedir. Bu karşılıklı etkileşim içinde tasarım bileşkeleri arasında oluşabilecek çatışmaların baştan öngörülmesi ve sonuç ürün verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Bu sürecin Türkiye ölçeğinde ve Türkiye öncelikleri içinde yaygın olarak benimsenmesine yönelik olarak çalışma modelini ve sürecin temel aşamalarını tanımlayan bir uygulama kılavuzu geliştirilmiştir. Bu uygulama kılavuzu bir yandan aynı aktivite kapsamında daha önceki aşamada geliştirilen ve enerji verimliliği konularında Türkiye'deki sorunsal öncelikleri saptamayı amaçlayan "Uyarlanma Raporu"na" dayanmakta ve öte yandan "Bina Performans Öncelik ve Hedefleri" kılavuzunun eki gibi görülebilecek bir çalışma ile detaylandırılmaktadır.

BBTY'nin Türkiye'ye uyarlanmasıyla, birden çok ulusal hedefin desteklenmesi amaçlamaktadır. Bunların en önemlilerinden biri, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve bu yolla iklim değişikliğinin yaratacağı sorun ve tehlikelerin azaltılmasını sağlamaktır. İkincisi Kent, Yerleşke (kent merkezi dışında oluşturulmuş bölge) ve Bina ölçeğinde yapılı çevre kalitesi ve enerji verimliliğinin arttırılmasına, ülke genelinde nitelikli çevre ve bina yapım standartlarının oluşturulmasına, varolan standartların güncellenmesine ve binaların tasarım, üretim ve kullanım aşamaları arasında geri beslemelere açık bir süreklilik oluşturulmasına katkıdır. Üçüncüsü sürecin uygulanma modelini tanımlayan uygulama kılavuzu bina tasarımına paralel olarak tasarımları uygulayan inşaat sektörüne destek sağlamayı, özellikle enerji verimliliği ve çevre duyarlılığı konularında üretim standartlarına çerçeve oluşturmayı hedeflemektedir.

Türkiye'de inşaat sektöründe öne çıkan sorunlardan birisi de projelerin uygulama aşamasında çok kez değişikliğe uğraması, proje öngörüleri ile tamamlanan bina ile yapı standartları arasında yapı niteliğini olumsuz yönde etkileyen farkların olmasıdır. Olumsuz yönde etkileyen farklar, ihale düzeninden, inşaat sektörünün uygulama kapasitesine, pazarda bulunan malzeme standartlarından, proje standartlarına pek çok alt bileşkeyi içeren sorunlardan oluşmaktadır. Sorunların temel kaynağı paydaşların çoğunun geri besleme yapacak ve uzmanlık birikimlerini aktaracak biçimde proje aşamasında eş zamanlı ya da eşgüdüm içinde yer alamamasındandır. Bir başka deyişle bütünleşik tasarım süreçlerinin işletilememesinden kaynaklanmaktadır. Bu kılavuz bir yandan bu sürecin işletilmesine yönelik modelleri tanımlarken, öte yandan sorunun diğer bileşkeleri olan malzeme seçimi, uygulama detayları ve süreç öncelikleri konusunda yol gösterici olmayı hedeflemektedir.

Benzer biçimde kılavuz, nitelikli bir yapım sürecinin yaşama geçirilmesi için arsa seçiminden sistem seçimine, malzeme niteliklerinden yapı kullanımına kadar bir yapının oluşmasında etkin olan tüm alt aşamalarda öncelik ve hedeflerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsam içinde kılavuzun hedefi Türkiye inşaat ve malzeme sektörünün uluslararası standartlarda üretim yapabilmesi, rekabet gücünün artırılması, oluşan yapı stoğunun enerji verimliliği ve çevre duyarlılığı konularındaki performans sorunlarının azaltılmasıdır.

Yapı stoğunun performans sorunlarından arındırılmasında en etkili yöntemlerden biri dünyada yaygın olarak uygulanmaya başlanan BBTY'nin benimsenmesi, yapı üretim süreçlerinde yaygın biçimde ve etkin olarak kullanılmasıdır.

# 2. TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜ İÇİN BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMINA (BBTY) GENEL BAKIŞ

## 2.1 Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY), binaların enerji ve çevre performansında iyileştirmeler yapmaya yönelik süreç odaklı bir yöntemdir. BBTY, bina geliştirme, tasarım, yapım ve yönetiminde temel aktörlerin etkin işbirliği için çerçeve sağlar. Bu yaklaşım, çalışmalarda ve sistem performansında sinerji yaratmakta ve performans düzeylerinin önemli ölçüde yükseltilmesine imkan sağlamaktadır. BBTY yatırımcı ve tasarım ekibinin birarada ve eşgüdüm içinde çalışmasına zemin oluşturarak sorunlara yönelik erken müdahale olanağı sağlamaktadır. Bu yöntem bütüncül bina yaklaşımını benimser ve bir yandan tekil performans konularını öne alırken öte yandan performans alanları arasındaki (örneğin enerji ile gün ışığından yararlanma ve iç ortam kalitesi gibi) etkileşimi de içermektedir.

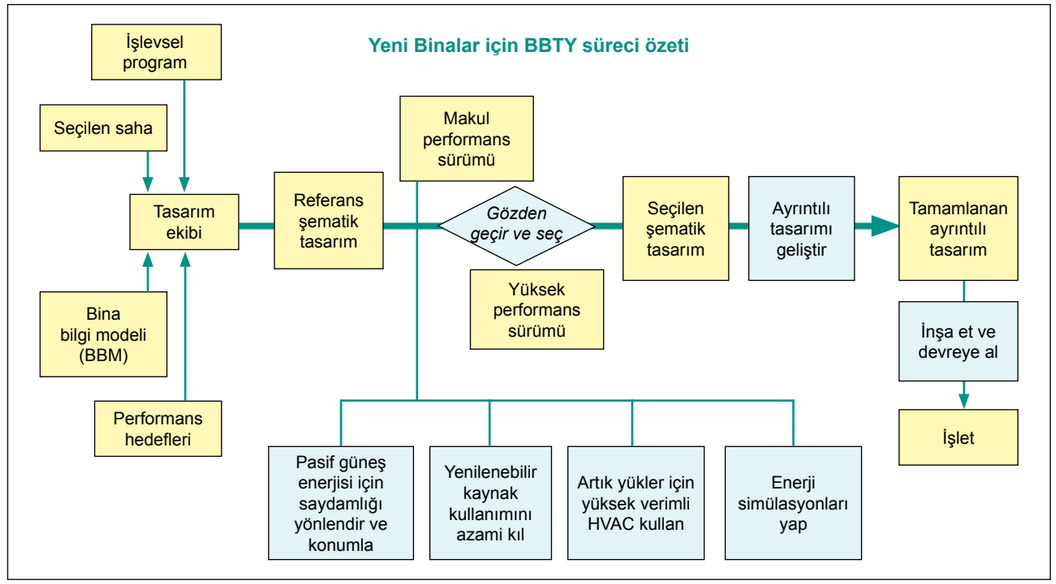
BBTY aynı zamanda, yer seçimi ve işlevsel programlamadan başlayarak, tasarım, yapım, işletim ve gelecekte söküm/yıkım da dahil olmak üzere bina yaşam döngüsünün tüm aşamalarını içeren bir süreç tanımlamaktadır. Bir aşamada alınan kararlar, sonraki aşamalarda alınacak kararları etkileyecektir; dolayısıyla karar vericiler, başarı şansını azami kılmak için, yaşam döngüsündeki olası adımları bilmeli ve bunların diğer aşamalar üzerindeki olası etkilerini öngörebilmelidir.

Öte yandan tek ve değişmez bir BBTY modeli yoktur. Yatırımcılar, mimarlar, mühendisler, her aşamadaki alt yükleniciler ve bina yöneticileri süreci farklı alt kültürler ve öncelikler içinde yönlendirmektedir; bu nedenle, başarılı bir BBTY süreci, bütün paydaşların kendi yöntem ve öncelikleri ile sürece katkı koyabilmesine olanak tanımalıdır. Ayrıca, sürecin büyük kentsel merkezler ile daha küçük ölçekli yerleşke ve kırsal alanlarda işletilmesi, kültürel ve içeriksel farklardan kaynaklanan çeşitlilik içerecektir. Örneğin okul, ofis, konut gibi farklı bina türleri, kendine özgü temel performans sorunlarını içermektedir ve ayrıca, birbirinden çok farklı olabilen tasarım sorunlarını çözümlemede artık yerleşmiş sağlam yöntemlere sahip olmaktadır. Bu bağlamda bina büyüklük ve özellikleri de süreci doğrudan etkileyen girdiler arasındadır.

Mevcut binalar, birçok ülkede toplam bina stokunun çok önemli bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle BBTY yaklaşımı, sadece yeni yapıların gerçekleştirilmesi sürecinde değil, tadilat projelerinde de uygulanabilir bir yöntem olarak da önerilmektedir. Ancak farklı dönemlerde kullanılan farklı tasarım ve yapım yöntemlerinin bilinmesine, bunun yanısıra her binanın yapılan önceki tadilatlarına ve değişikliklerine dikkat edilmelidir. Bu çalışmada BBTY süreci Türkiye öncelikleri içinde kullanılmaya açık bir model olarak tanımlanmakta, tasarım, üretim ve kullanım süreçlerinde yer alan alt başlıklar ve uygulamaların aşamaları, içerikleri ve hedefleri vurgulanmaktadır.

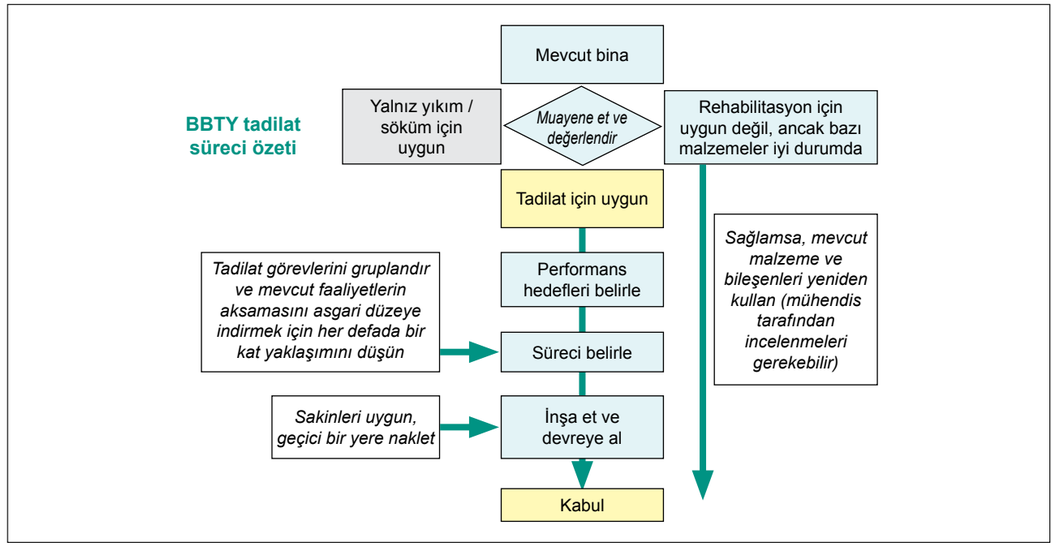
BBTY amacı, günümüzde yapılacak binaların proje aşamasında tüm sorunlarına çözümler bularak, istenilen performans hedeflerini yakalamaya yönelik olarak paydaşlar arasında ortak çalışma prensibinin oluşturulmasıdır. Bu kılavuz, binanın yer seçimi aşamasından tasarım aşamasına, işletime alınma aşamasından ömrünü doldurmuş binaların söküm/yıkım aşamasına varan süreçte neler yapılması gerektiğini ve öncelikleri adım adım açıklamaktadır.

Yeni bina projelerinde yüksek performans elde etmek için izlenebilecek adımlar ve bu adımlar arasındaki ilişkiler Şekil 1'de tanımlanmıştır.




*Şekil 1: Yeni bina projelerinde yüksek performans elde etmek için izlenebilecek adımlar ve bu adımlar arasındaki ilişkiler.*

Mevcut binaların tadilatına yönelik olarak uygulanacak temel adımlar ise, Şekil 2'de tanımlanmıştır.




*Şekil 2: Mevcut bina projelerinde yüksek performans elde etmek için izlenebilecek adımlar ve bu adımlar arasındaki ilişkiler.*

Gerek yeni yapılar gerekse tadilat aşamalarında BBTY'ye yönelik olarak öngörülen süreç adımları, adımlar arası ilişkiler ve ilgili aşamada göz önüne alınması gereken öncelikler uygulama kılavuzunun 3. bölümünde detaylı olarak anlatılmaktadır.

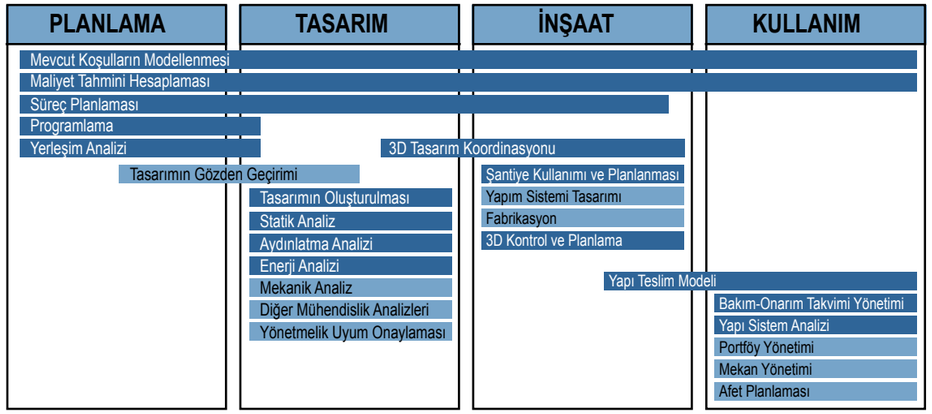




## 2.2 Bina Bilgi Modellemesinin BBTY Sürecindeki Rolü ve Türkiye İnşaat Sektörü İçin Uygulama Öncelikleri

İnşaat sektöründe süregelen uygulamalar tasarım takımının işbirliği içinde çalışmasına engel olmakta, bunun sonuncunda sıkça yanlış anlaşılmalar, inşaat sırasında pahalıya mal olan değişiklikler ya da etkin şekilde işlemeyen, fazla enerji tüketen, sürdürülebilir olmayan yapılar oluşmaktadır. BBTY uygulamalarında bina bilgi modellemesi (BBM) kullanımı, daha etkin proje geliştirme ve uygulama yönünde sürece birçok açıdan destek sağlama potansiyeline sahiptir. Her ne kadar BBTY, BBM olmaksızın uygulanabilse de, BBM, BBTY sürecinin daha verimli ve etkin işlemesine olanak tanıyacaktır. Bu nedenle BBM uygulamalarının BBTY ile bütünleşik olarak ele alınması önerilmektedir.

Şekil 3'te BBM'nin bina yaşam döngüsü sürecindeki kullanım alanlarını özetlemektedir.



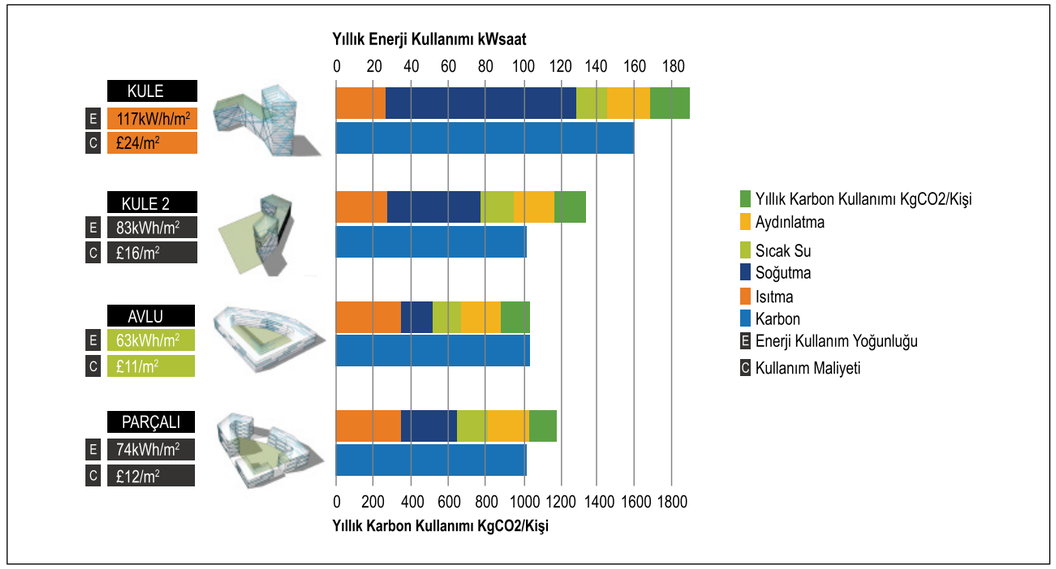

*Şekil 3: BBM, bina yaşam döngüsü boyunca farklı kullanım alanlarını gösteren tablo.*
*(Şekil orijinalinden Türkçe'ye çevrilmiştir. Kaynak: http://bim.psu.edu/Uses/, 2 Mayıs 2014 tarihinde erişilmiştir)*

BBM'nin kullandığı parametrik modelleme sayesinde mimari, mühendislik ve diğer tasarımların koordinasyonuna, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik çalışmaları gibi birçok analizin projenin erken safhalarında yapılması, diğer safhalara oranla daha etkin şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Fakat bu kullanımların hayata geçirilmesi için sektörde alışılagelen süreçlerde köklü değişiklikler gerekecektir.

BBM uygulamaları birbirinden ayrı çalışan ve çeşitli aşamalarda birbirine tasarım kararlarının sonuçlarını aktarmaya alışmış proje grubunu bir araya getirip, bu birimlerin projenin erken safhalarında kendi tasarımlarında daha etkin ve doğru kararlar almalarına, takımdakilerin birbirini daha iyi anlamalarına ve projeyi ortak hedefler doğrultusunda daha etkin biçimde şekillendirmelerine olanak vermektedir. BBM uygulaması ile projedeki birimler arası iletişim artarken, oluşturulan modeller bu iletişimin etkin şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktadır. BBM uygulamalarında geliştirilen modeller ve bu modellerin imkân sağladığı analiz kabiliyeti projede yer alan grupların kendi tasarım yaklaşımlarını, kısıtlamalarını ve potansiyel kazanımlar içeren çözümlerini diğerlerine ifade etmekte, tasarımın işveren ve kullanıcılar dâhil tüm grup tarafından daha rahat anlaşılmasında kullanılmaktadır. İmkân tanıdığı bu olanaklarla BBM, sağladığı analiz kabiliyeti ile, enerji etkin tasarımların geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Bu şekilde iş sahibi, tasarımcılar grubu ve yüklenici inşaat firması arasında koordinasyonun ve bilgi akışının geliştirilmesi de sağlanacaktır.

BBM tasarım aşamasındaki kullanım alanlarından bazıları proje çizimlerinin oluşturulması, bina performans analizleri, binanın arazide konumlandırılması, gün ışığı, aydınlatma ve enerji analizleri, tasarımların

koordinasyonu ve fiyatlandırma çalışmalarında kullanılacak iş kalemlerinin modelden belirlenmesi olarak sıralanabilmektedir. Böylece daha kısa sürede daha iyi tasarım seçenekleri geliştirmek, bu tasarım seçeneklerini enerji etkinlik gibi ölçeklerle değerlendirmek ve belirlenen hedeflere yanıt veren en uygun tasarıma karar vermek mümkün olmaktadır. (Bkz. Şekil 4.)




***Şekil 4:*** *Enerji modellemesi kullanımı ile üç değişik kütle tasarım alternatifinin enerji etkinliğinin karşılaştırılması (Kaynak: www.sefaira.com).*

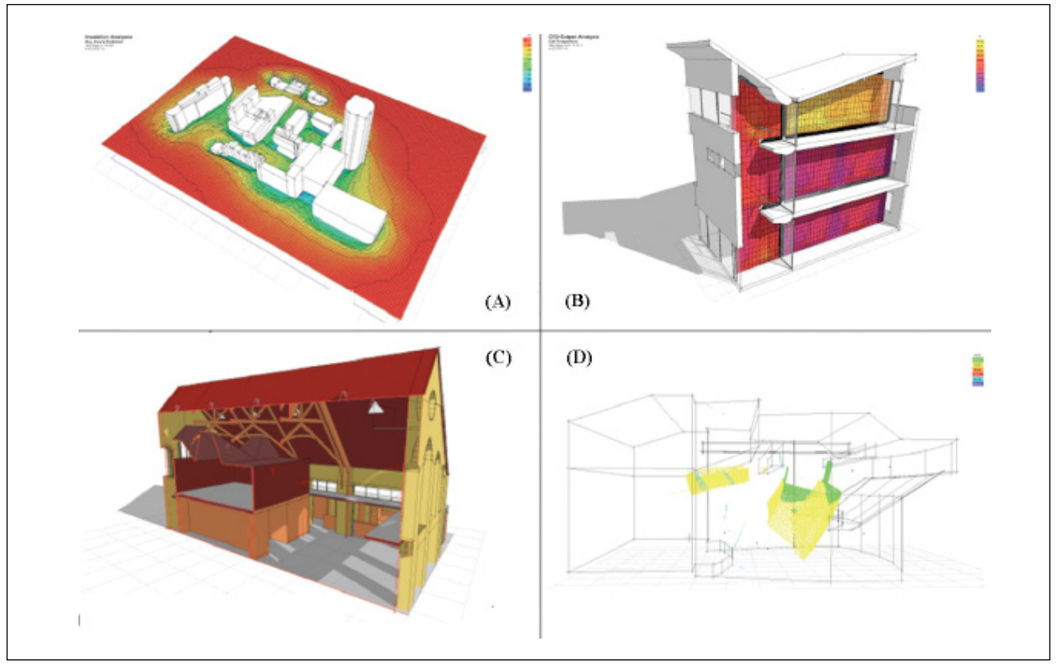
BBM uygulamaları ile oluşturulan tasarım seçenekleri hakkında eşzamanlı performans analizleri yapılabilmektedir. Geleneksel yaklaşımda ise bu tür analizler projenin daha sonraki aşamalarında mümkün olabilmektedir. Tasarım aşamasının ilk evrelerinde tasarım seçeneklerinin enerji kullanımı ve çevresel faktörlere göre değerlendirilmesi ve kıyaslanmasında BBM etkin şekilde kullanılmaktadır. IES Virtual Building, Ecotect ve Green Building Studio bu alanda kullanılan yazılımlardandır. Şekil 5'de Ecotect uygulamasından elde edilen bina modeli performans verileri gösterilmiştir. Şekilde (A) Isı dağılımı/Yalıtım analizi, zeminin yıl boyunca güneş ışığı kaynaklı ısı kazanımı, (B) CFD (Computational Fluid Dynamics) (Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği) Isı analizi, (C) Bina gölgeleme analizi, (D) Akustik analiz (farklı yankılanma periyodlu 3D hücreler) kullanımı örneklendirilmiştir.

Modellerden oluşturulan gbXML türü bilgi dosyaları BBM 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. Ecotect uygulaması, ArchiCAD ve Digital Project uygulamaları ile IFC bilgi alışverişi kabiliyetine sahiptir. IES uygulaması, Revit uygulaması ile doğrudan etkileşim kabiliyetine sahiptir.

Çevresel analizlerin yapıldığı uygulamalar; malzeme bilgisi, çevredeki mevcut yapıların katkısı, yapının bulunduğu bölgesel özellikler, iklim özellikleri, yeryüzü şekilleri gibi bilgilere ihtiyaç duymaktadır. Bu tür bilgiler BBM tasarım uygulamaları yerine ikincil analiz uygulamalarında bulunabilir. Bu ise tasarımın geliştirildiği uygulamalar ve analizin gerçekleştirildiği uygulamalar ile birlikte çalışabilirliği gerekli kılmaktadır.

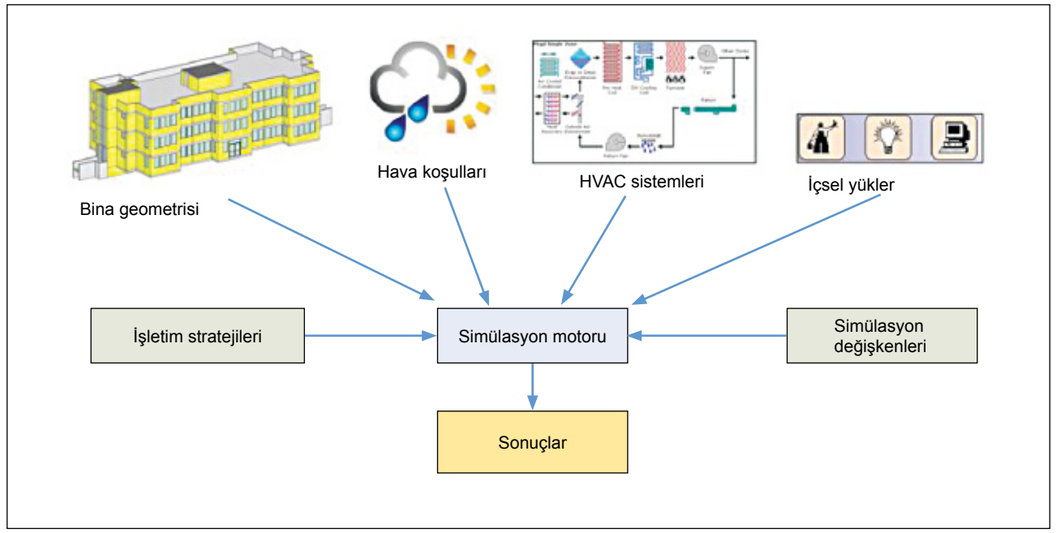







***Şekil 5:*** *Yapı modelinin performansı hakkında analiz bilgilerini gösteren uygulamalara ait görseller. (Kaynak: Eastman ve diğerleri, 2008. s 162).*

BBM ön tasarım aşamasında yapının arazi üzerinde doğru konumlandırılması, cephe karakter ve ögelerinin belirlenmesi, arazide yapılacak değişimler gibi arazi ile ilgili analizlerin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Simülasyon motorlarının genel veri akışı Şekil 6'da gösterilmiştir. Bina geometrisi, hava durumu, bina makina sistemleri, bina yükleri, bina işletim stratejileri ve diğer birtakım simülasyon parametrelerinin simülasyon motorunda işlemden geçirilmesi sonucunda istenilen sonuçlar elde edilmektedir.



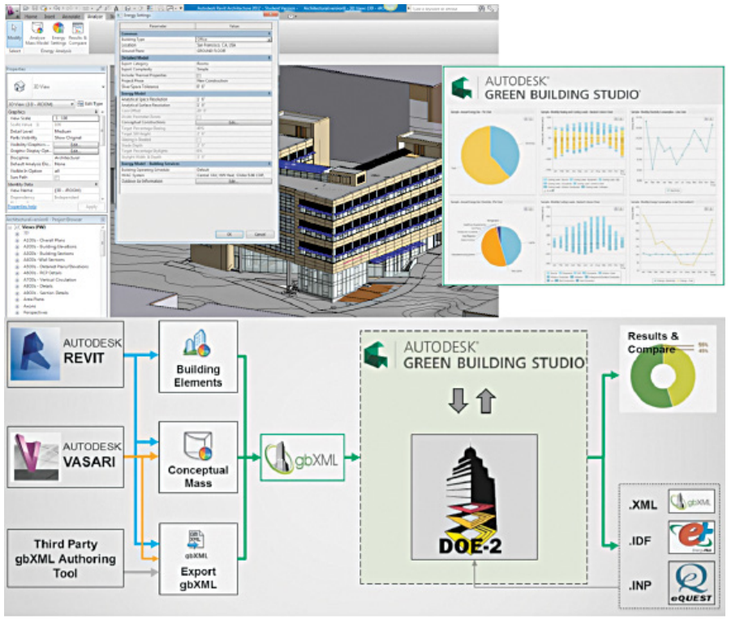

***Şekil 6:*** *Simülasyon motorlarının genel veri akışı şeması (Kaynak: GSA BIM Guide Series Version 1).*

Yukarıda klasik enerji analizine kıyasla BBM destekli enerji analizi birtakım kolaylıklar vadetmektedir. BBM kullanımı, enerji modellemesinde kullanılmak üzere bir takım verinin alışverişine olanak sağlamaktadır. BBM uygulamaları, klasik analiz metotlarına oranla bilgi girişini kolaylaştırmakta ve daha kısa süre içinde analiz sonuçlarını oluşturabilmektedir. Bina analiz programları bina geometrisi, kullanılan malzeme özellikleri ve yükler hakkındaki bilginin yoğun bir şekilde ön işlemlerden geçirilmesini gerektirmektedir. BBM uygulamaları ise bina geometrisinin, mekân verilerinin direkt modelden elde edilmesi, malzeme özelliklerinin otomatik olarak atanması, HVAC donanım özellikleri, analiz için gerekli aydınlatma, kullanıcı ve ekipman yükleri ve yükleme şartları gibi verilerin saklanmasına, değiştirilebilmesine ve uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Enerji analizi için başka bilgilerin de mevcut olması gereklidir. Bu işlem için gerekli en önemli üç bilgi seti şöyle sıralanabilir; güneş ışınımı için bina dış kabuğunun bilgisini içeren bilgi seti, bina içindeki zonlama ve ısı üretimini içeren bilgi seti ve binanın mekanik tesisat sistemi hakkındaki bilgi seti. Bunun yanında, bir enerji uzmanı tarafından gereken birtakım ek bilgilerin de hazırlanması gerekebilir. Genel olarak bu bilgi setlerinden sadece ilki BBM tasarım uygulamalarında oluşturulmaktadır. Aydınlatma simülasyonu, akustik analizi ve CFD bazlı hava akımı simülasyonlarının her biri kendine has birtakım veriye ihtiyaç duymaktadır. Klasik yaklaşımların uygulamasında bazı analizlerin veri girdisi gereksinimleri uygulayıcılar tarafından daha az anlaşılmakta olup, önemli oranda ön hazırlık ve deneyim gerektirebilmektedir. BBM uygulamaları kullanılarak yapılacak analizlere kesin doğru şeklinde yaklaşmak yerine, değiştirilen parametrelerin, proje üzerindeki etkisinin irdelenmesi analiz sonuçlarının daha iyi değerlendirilmesine yardımcı olacağı şeklinde değerlendirmek daha doğru olur. Tasarım geliştikçe bina sistemleri daha detaylı şekilde tanımlanmaktadır. Bu aşamada mekanik tesisat sistemlerinin boyutlandırılması, taşıyıcı sistemin hesaplanması yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan detaylandırma için geniş teknik bilgiye ihtiyaç vardır.

BBM tabanlı enerji modellemesinin geleneksel yöntemlere göre avantajı, modelin her zaman manuel olarak yeniden yaratılmasına ya da modifiye edilmesine gerek olmamasıdır. Normalde bu işlemler zaman alıcı ve zahmetlidir. BBM tabanlı enerji modelinde geometri hâlihazırda tasarım için geliştirilmiş model dosyalarından oluşturulabilmekte ve mevcut veri tabanlarının kullanımı sayesinde girdi varsayımları tasarımdaki alanlara ilintilenebilmektedir. Termal bölge ilintileri BBM tabanlı enerji modelinde otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Böylece kullanıcının, enerji modellemesi için termal bölgelemenin mekanik tesisat sistemleri için tasarlanan HVAC bölgeleri ile eşlemesi kolaylaşmaktadır. Bu tür kolaylıkların yanında BBM'den enerji simülasyon programlarına bilgi transferinde bir takım sınırlamaların da bulunduğu gözardı edilemez. BBM oluşturulmasında kullanılan birçok uygulama enerji modeli için gerekli bir takım bilgileri henüz barındıramamaktadır.

BBM sürecinin verimli çalışmasındaki en önemli faktörlerden biri bilgi alışverişinde bulunan uygulamalar arasında birlikte çalışabilirliğin sağlanabilmesidir. Bina bilgisi alışverişinde kullanılan ve birlikte çalışabilirliği desteklemek amaçlı oluşturulmuş değişik veri şemaları bulunmaktadır. Model ve enerji analizi ölçeğinde bunlar kısaca IFC, XML, gbXML ve ifcXML olarak sıralanabilir. IFC, uygulamalar arasında bilginin paylaşımını standart hale getirmeyi amaçlamakla birlikte, telif ile korunmayan ve her kullanıcıya açık bir formattır. IFC formatı model içindeki elemanların davranışlarını, birbiri ile olan ilintisini ve bileşenin model içindeki kimliğini belirlemektedir. XML, BBM'nin içerdiği bilgiyi standart bir şekilde tanımlamaya yaramakla birlikte, bilgiyi yapılandırmak için kullanılan metin biçimi tasarımında kullanılan birtakım kurallardan da oluşmaktadır. Yüksek performanslı binalar için XML dosyaları aecXML. gbXML ve ifcXML bina enerji performans analizi ile en ilintili olan türleridir. Bunların içinde ise en çok kullanılan gbXML dir. gbXML bina ya da binalar gurubunun enerji ve kaynak analizi için kullanılmak üzere detaylı bir şekilde tanımlanabilmesini sağlamaktadır. Gelişmiş BBM uygulamaları ve bina analiz programları (DOE-2.2, EnergyPlus, EDSL TAS gibi) arasında birlikte çalışabilirliğe ve veri alışverişine imkan sağlamaktadır. ifcXML ise IFC formatından çevrilmiş bir XML tanımlamaktadır.

Modele girilen bir takım genel bilgiler ışığında tasarım halindeki yapının iklim ve bina türü, cephe özellikleri ve HVAC sistemler gibi özellikleri dikkate alan benzetim sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Yukarıda değinilen BBM süreci kullanılarak yapılan enerji analizine Autodesk uygulamaları kullanılarak yapılan bir örnek Şekil 7'de verilmiştir. Autodesk Green Building Studio (GBS) bulut bilişim tabanlı[1] bir platform olup Autodesk Revit ve Autodesk Vasari'deki bütün enerji analizini yönlendirmektedir. Autodesk GBS aynı zamanda üçüncü parti uygulamalarından gelen gbXML dokümanlarını da kullanabilmektedir. Autodesk GBS saatlik bina enerji kullanımının hesabında DOE-2 benzetim motorunu kullanmaktadır. Autodesk GBS aynı zamanda karbon verileri, günışığı kullanımı, su kullanımı, yenilenebilir enerji ve doğal havalandırma potansiyeli gibi birtakım ek analiz kapasitesine de sahiptir. Aşağıda belirtilen uygulamalar ile kütlesel kavram modelleri ya da detaylı bina modelleri kullanılarak enerji benzetimleri elde edilebilmektedir. Revit ve Vasari kütlesel kavram modellerini analiz edebilmektedir. Bunun için projenin bulunduğu yer, bina türü, kullanılan malzeme ve sistemler gibi bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Revit detaylı bina modellerinin analizi için kullanılmaktadır. Yapı elemanları modunu kullanarak otomatik olarak enerji analitik modeli mimari proje modelinden oluşturulabilmektedir. Oluşturulan gbXML dosyaları internet ortamında Autodesk GBS uygulamasına aktarılarak enerji benzetimi gerçekleştirilmektedir.

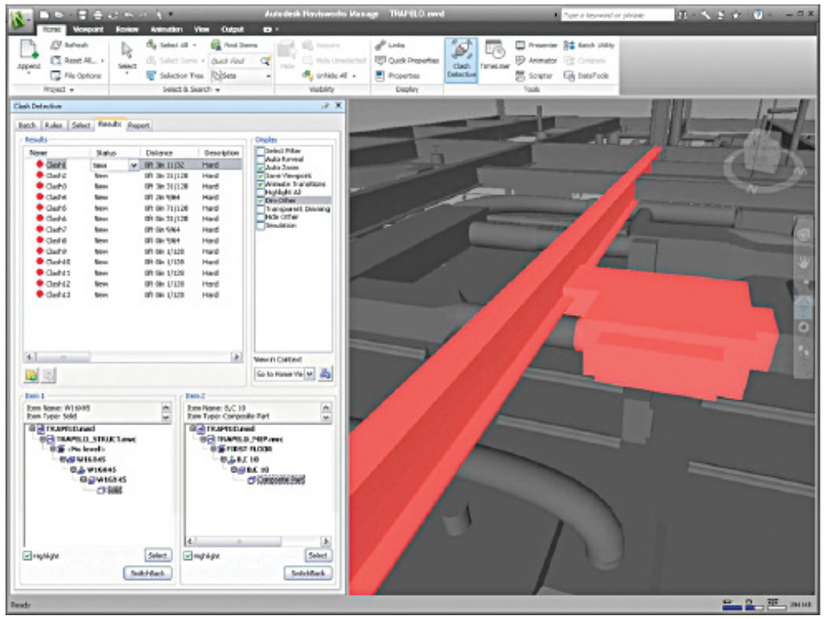



*Şekil 7: Autodesk Green Building Studio, Revit ve Vasari programlarının enerji benzetimine yönelik kullanım yöntemleri. (Kaynak: Sustainabilityworkshop.autodesk.com/ buildings/revit-whole-building-energy-analysis. 9 Eylül 2014'te erişildi)*

BBM tasarım süreci yanında projenin yaşam döngüsü içinde daha birçok farklı kullanımları olabilir. İnşaat sürecindeki birtakım BBM kullanımları şöyle özetlenebilir; proje dokümantasyonu, mimari-mekanik tesisat-elektrik tesisatı tasarımları arasındaki koordinasyon hatalarının inşaat başlamadan önce fark edilip çözüm-

[1] İnternet üzerinden erişimde bulunulan, kendi veri tabanı işlem kapasitesi olan yazılım uygulaması

lenmesi yapının uygun görünen kısımlarının ya da parçalarının şantiye dışında prefabrike olarak üretilmesi sürecinde, kullanılacak malzemelerin optimizasyonunda (böylece malzeme israfının kontrol edilebilmesine), sorunlu görülen detayların modelleme yardımı ile incelenip çözümlenmesine olanak sağlamaktadır. Yapının değişik bölümler halinde inşaatının analizi, inşaat sahası kullanımı, doğru sayıda ve nitelikte ekipman seçimi, örneğin kaç adet ve ne boyutta vinç gerekeceği gibi durumlarda üç boyutlu modelin inşaat planına göre simülasyonu değişik inşaat yaklaşımlarının analizinde fayda sağlamaktadır. Oluşturulan modeller fiyat kontrolü ve maliyet yönetimi için de kullanılabilmektedir. Değişik BBM uygulamaları proje evreleri boyunca tasarımlar arası koordinasyonun sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bu yolla farklı birimlerin tasarımlar arasındaki sorun yaratacak yaklaşımları tasarım aşamasında inşaat aşamasına oranla daha az maliyet ve zaman harcanarak çözümlenebilmektedir. Örneğin Şekil 8'deki gibi taşıyıcı ögeler ve mekanik tesisat sistemi arasındaki mekânsal kesişim sorunları inşaat başlamadan fark edilip giderilebilmektedir.



*Şekil 8: Autodesk Navisworks uygulaması mimari ve mühendislik tasarımları arasındaki koordinasyonun kontrol ve monitör edilmesinde kullanılan BBM uygulamalarından biridir. (Kaynak: http://www.autodesk.com/products/autodesk-navisworks-family/features/all/gallery-view, 4 Mart 2014'te erişilmiştir.)*

Unutulmaması gereken faktör, geliştirilen modelin hangi amaçla kullanılacağıdır. Yani gidilecek nokta hedeflenerek uygulamaya başlanması, süreçte kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktır. Geliştirilecek tek bir modeli BBM'in imkân verdiği her alanda kullanmak her zaman uygun sonuç vermeyebilir. Bunun yerine proje başında modellerin hangi amaçlarla geliştirileceğine karar verip, model içeriğinin belirlenmesi, sorumlulukların dağıtılması, sürecin işlemesini sağlayacak gerekli altyapının oluşturulması önemlidir. Literatürde BBM uygulamaları tasarım takımı tarafından hayata geçirilebildiği gibi, bazı örneklerde projedeki bir firma hedeflediği kazanç doğrultusunda kendi modelini bağımsız olarak üretip bu modeli firma hedeflerini gerçekleştirmede kullanabilmektedir. Örneğin mimari modellerinin ihtiyaç duyulan detayda olmadığını düşünen bir inşaat firması, montaj detaylarını ve uygulayacağı inşaat stratejisini kontrol edebileceği daha detaylı bir modeli kendisi oluşturmayı, geri dönüşümün harcanan kaynaklardan daha fazla olacağını hesaplayarak tercih edebilir.





## 3. BBTY İÇİN PROJEYE ÖZEL SÜREÇ MODELİ

BBTY, bir binaya gereksinim duyulmasından başlanarak, programın ve hedeflerin oluşturulmasını, yer seçimini, tasarım ve inşaat aşamalarını, yapının işletilmesini ve gerekirse sökümünü/yıkımını içerecek biçimde tüm süreç ve aşamaları bütüncül ve birbirlerini geri beslemeye açık alt aşamalar olarak tanımlanabilmektedir. Bir binanın oluşmasındaki temel aşamalar şunlardır.

***Ön Proje (Avan Proje) Geliştirme Aşaması***

1. Tasarım ve inşaat süreçlerini etkileyen ortam faktörlerinin tanımlanması
2. Saha seçimi ve saha özelliklerinin değerlendirilmesi
3. Sahadaki mevcut yapıların değerlendirilmesi
4. İşlevsel program ve yönetim sürecinin geliştirilmesi
5. Performansa yönelik öncelik ve hedeflerin geliştirilmesi
6. Tasarım ve tasarımı geliştirme ekibi üyelerinin seçilmesi
7. Ön proje (avan proje) fikir toplantılarının düzenlenmesi
8. Şematik tasarım(lar)ın geliştirilmesi
9. İleri düzeyde geliştirmek üzere şematik tasarımlardan birinin seçilmesi
10. Yerleşim planının geliştirilmesi

***Ayrıntılı Tasarım Geliştirme Aşaması***

11. Bina Bilgi Modelinin (BBM) geliştirilmesi
12. Şematik iç mekan tasarım gereklerinin geliştirilmesi
13. Bina statik yapı tasarımının geliştirilmesi
14. Bina kabuğu tasarımının geliştirilmesi
15. Gün ışığından yararlanma ve aydınlatma sistemi için ön stratejilerin geliştirilmesi
16. Güç sistemi ön tasarımlarının geliştirilmesi
17. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistem tasarımlarının geliştirilmesi
18. Toprak veya su kaynaklı ısıl depolama seçeneklerinin değerlendirilmesi
19. Bina yönetim kontrol sistemi için spesifikasyonların geliştirilmesi
20. Ayrıntılı enerji simülasyonlarının yapılması
21. Tasarım seçeneklerine karar verilmesi
22. Yapısal olmayan malzemelerin seçilmesi
23. İnşaat yapım süreci öncesi proje dokümantasyonunun tamamlanması
24. İnşaat ve faaliyetler için kalite güvence stratejilerinin geliştirilmesi.

***İnşaat Aşaması, Etkinlikler ve İzleme***

25. İnşaatın yapılması, faaliyetler için hazırlık ve işletme
26. Sahanın teslim alınması ve hazırlanması, temel işlerinin yapılması
27. Sahadaki uyumsuz yapıların yıkılması
28. Sökülmüş malzemelerin kullanılması olanaklarının değerlendirilmesi
29. Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması
30. İnşaat atıkları bertarafının yönetilmesi

31. Binanın inşaatının yapılması
32. Binanın inşa edildiği hali ile enerji simülasyonlarının yapılması
33. Devreye alma sürecinin uygulanması
34. İşletim personelinin eğitilmesi
35. Ticari amaçlı binayı kullanan kiracıların verimli işletim süreci için eğitilmesi
36. Bina sakinlerinin verimli işletim süreci için eğitilmesi
37. Binanın işletilmesi
38. Performansın izlenmesi ve işletmede performansın geliştirilmesi
39. İskan sonrası değerlendirmenin yapılması

Bu aşamalara gerekli görülmesi durumunda yapının söküm/yıkım aşamasındaki adımlar da eklenebilir.

### 3.1 Tasarım ve İnşaat Süreçlerinde Etkili olan Çevresel Girdilerin Tanımlanması

Yapı tasarımını diğer tasarım alanlarından ayırt eden en önemli özelliklerden birisi, yapının belirli bir yer ile aidiyet ilişkisi kurmasıdır. Bir başka ifade ile  her yapı bir yere aittir, bir fiziksel ortamın içinde yer almaktadır, o ortamdan etkilenmektedir, tersten gidildiğinde de o ortamı etkilemektedir. Yapı bir yere bağlı olarak yönlendirilmekte, ışık ve ısıdan etkilenme biçimleri tanımlanmakta, ulaşım ve altyapı ile kurduğu ilişki, diğer yapılar ve kentsel çevre ile kurduğu ilişki belirlenmekte, yapının zeminle kurduğu ilişki tanımlanmaktadır. Bu nedenle fiziksel çevre girdilerinin tasarım sürecinde belirleyici olarak tanımlanması, öncelikli bir girdi olarak kullanılması yaşamsal bir önem taşımaktadır. Bu girdilerin başlıcaları aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Bölgesel veriler
- İklimsel veriler
- Çevresel veriler
- Kentsel/Kırsal veriler
- Plan Hedef verileri
- Sosyal ve Kültürel veriler
- Ekonomik veriler
- Altyapı verileri
- Topoğrafik veriler
- Ulaşım verileri
- Zemin verileri
- İşlevsel veriler
- Yönlenme verileri
- Işık verileri
- Ses verileri
- Görsel Etki verileri
- Özel veriler (tarihi doku vs)

Bu veriler yerin özelliklerine bağlı olarak aşağıda yer alan bazı konular özel önem taşıyabilmektedir. Topoğrafik ve zemin ile ilgili veriler, örneğin deprem konusu  bina yapım süreçlerinde öncelikli konulardan biridir. Deprem riski yüksek olan bölgelerde, yapı tipleri, taşıyıcı sistem seçimi, giydirme cephe malzemesi ve yapı yüksekliklerine sınırlama getirebilmektedir. Benzer biçimde yine Türkiye, değişken topoğrafya verisi ile üç yanını saran denizlere olan mesafeleri nedeniyle oldukça değişken iklim verilerine ve bölgelerine sahiptir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye üç iklim bölgesine ayrılır:





(i) Akdeniz ve Karadeniz'in kıyı bölgeleri **Csa** iklim tipindedir; yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı, ortalama sıcaklığın en sıcak ayda 22°C'nin üzerinde olduğu ılıman Akdeniz iklimi;

(ii) Anadolu'nun dağlık bölgeleri **Dsa** iklim tipindedir; yazları kurak, ortalama sıcaklığın en sıcak ayda 22°C'nin üzerinde en soğuk ayda -3°C'nin altında olduğu soğuk iklim;

(iii) Orta Anadolu yaylası BSk iklim tipindedir; yazları kurak ve yıllık ortalama sıcaklığın 18°C'nin altında olduğu soğuk, kurak iklim.

Bunun yanında 2013 yılı Aralık ayında TSE tarafından revize edilen TS 825, ülkeyi beş iklim bölgesine ayırmaktadır. (Ancak mecburi standart olarak Binalarda Enerji Performası Yönetmeliği'nde yer alan ve 2008 yılı Mayıs ayından beri hesaplamalarda kulanılan TS 825 kullanılmakta ve ülkeyi dört iklim bölgesine ayırmaktadır). Bu değişken iklim bölgeleri (her birinin farklı yağış koşulları vardır), iç mekanların dışarıya açıklığı, güneş kazancının maksimize veya minimize edilmesi için pencerelerin yönelimi ve yüzdesi, yağmur ve kar yükleriyle baş etmek için çatı tipleri ve eğimleri bakımından farklı ihtiyaçlar ve uygulamalar yapılmasına neden olmaktadır.

Bölgesel özellikler de süreç üzerinde doğrudan belirleyicidir. Gelişmiş metropollere uzak bölgelerdeki düşük nüfuslu bölgeler vasıflı tasarımcı, inşaat çalışanları veya işletim personeli bulmakta zorluk çekebilmektedir. Böyle yerlerde gelişmiş inşaat ekipmanı temin güçlükleri olabilmektedir. Tüm bu faktörler tasarım veya inşaat sürecinin gelişmişlik ve teknoloji düzeyine sınırlamalar getirebilmekte ve aynı zamanda, işletim sorunlarını minimize etmek için büyük ölçüde basitleştirilmiş teknik sistemlere ihtiyaç duyulmasına yol açabilmektedir. Bölgesel ölçekte sosyal, kültürel ve geleneksel farklar da bina yapım ve kullanım süreçlerinde doğrudan etkilidir. Bu özgül farklılıklar tasarım ve uygulama süreçlerinde göz önüne alınmalıdır.

### 3.2 Arazi Seçimi ve Alanın Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Arazi seçiminde amaçlardan en önemlisi yapının çevresi ile olan etkileşimi olmalıdır. Her ne kadar tanımlanmış imar parseli üzerinde çalışma yürütülecek olsa da yapılacak yapının tipolojisine göre farklı kriterleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Seçilen alanda yapılacak bina uzun yıllar boyunca kalmakta ve bu süreçte çeşitli yenilemelerle varlığını devam ettirmektedir. Yapım aşamasında toprağın kazılmasından itibaren çevre ile etkileşim başlamakta ve bu etkileşim ekonomik ömür sonunda yapının yıkılması ve bertaraf edilmesine kadar sürmektedir. Proje ekibi tüm bu süreçten sorumludur.

Arazi seçimi, yeni projenin geliştirilmesinde tasarım süreci için fırsatlar ve sınırlamaları büyük ölçüde belirleyecek olan temel adımdır ve seçim öncelikleri aşağıdaki başlıkları içermelidir:

1. Sahanın, tamamlayıcı kullanımlara, temel hizmet birimlerine yakınlık bakımından uygunluğunun değerlendirilmesi:

   Planlanan proje konut projesi ise, ticari alışveriş, okullar, kamu hizmetleri, eğlence ve kamusal yeşil alanlara erişimi sağlamalı, yürümeyi veya araba yerine bisiklet kullanımını kolaylaştırmalıdır. Ticari ofis projeleri için, ticari alışveriş tesislerine kolay erişim aynı derecede önemlidir. Karma kullanımlı projeler örneğin park yeri ve HVAC sistemleri gibi bazı hizmetler için ortak çözüm oluşturmada kolaylık sağlasa da, insanların çalıştıkları yerde yaşamayı tercih ettiklerine dair pek az kanıt bulunmaktadır. Dolayısıyla karma kullanımlı bir stratejiden elde edilecek ulaşım enerjisi ve emisyon tasarruflarının büyük olması ihtimali pek yoktur.

2. Sahanın toplu taşıma hizmetlerine kolay erişim bakımından uygunluğunun değerlendirilmesi:

Sürdürülebilirlik hedefleri olan bir proje için bu husus kritik önem taşımaktadır. Çünkü, bina kullanıcılarının çoğunluğu binaya özel arabaları ile erişmek zorunda kalırsa projenin toplam enerji ve çevre performansı düşebilmektedir. Ayrıca, araç park alanı ihtiyacı, doğal bitki örtüsü için ayrılabilecek alanları azaltılmakta veya sırf araç parkı için ilave alan gerektirebilmektedir.

3. Sahanın daha önce inşa edilmiş, eskiden park alanı veya tarım alanı gibi bir kullanımının olup olmadığının belirlenmesi:

   Daha önce endüstriyel amaçlı kullanılmışsa, sahada toprak kirlenmesi oluşmuş olabilir. Bu koşulların düzeltilmesi ilave çalışma gerektirmektedir. Bunun yanında, kirlenmiş arazi kullanımı kirlenmemiş arazi kullanımı üzerindeki isteği de azaltacağı için de önemlidir.

4. Jeolojik ve toprak özelliklerinin belirlenmesi:

   Ağır yağışlı koşullarda zemin toprağı istikrarsızlığı veya bazı topraklar için kuraklık durumunda taşıma gücünün azalması gibi durumlarda toprakların fiziksel, kimyasal ve morfolojik özelliklerinin inşaatın ve ekosistemin uygunluğuna göre olup olmadığının tespiti yapılmaktadır.

5. Sahanın ekolojik kalitesi ve biyoçeşitliliğinin değerlendirilmesi:

   Bir sahanın ekolojik özelliklerinin korunması ve sorunlarının giderilmesi için yapılacak öneriler, planlamalar gibi çalışmalarda her şeyden önce o sahanın tüm karakteristik özelliklerinin tanınması, biyoçeşitliliğin tespitinin yapılması ve sorunların tüm tespitlere göre önlemler alınarak giderilmesi gerekmektedir.

6. Çevre hava kalitesinin değerlendirilmesi.
7. Arazide kritik noktalarda tipik Ses Düzeyi'nin (Leq) ölçülmesi.
8. İnşaat kolaylığı, yeraltı suyu akışı veya toprak istikrarını etkileyen topoğrafya ve eğimlerin değerlendirilmesi.
9. Konum, yön ve bitişik yapıların veya arazi biçimlerinin yarattığı gölge bakımından, sahada yenilenebilir enerji sistemlerin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi:

   Saha boyutları, topoğrafyası, bitki örtüsü, gerekli çekme mesafeleri ve bitişik mülklerin yeni yapının yerleştirilmesi ve yönü ile pasif güneş ve rüzgar potansiyeli üzerine getirdiği sınırlamaların değerlendirilmesi önemlidir.

10. Bina temelinin tasarımı için veri elde etmek amacıyla zemin sondajının yapılması. Sondaja dayalı zemin etüdü raporu aşağıdaki bilgileri içermelidir:
    - Jeolojik yapı ve zemin profili
    - Sınıflandırma için zemin verileri
    - Temel tipi seçimi için gerekli veriler
    - Zemin taşıma gücünün hesaplanması için gerekli veriler
    - Zemin yatak katsayısının hesaplanması için gerekli veriler
    - Yeraltı suyu ve mevsimsel değişim hakkında bilgiler
    - Zemin sıvılaşması veya yumuşaması hakkında bilgiler
    - Temel kazısı esnasında olabilecek sorunlar hakkında bilgiler
    - Saha yakınında olan binaların güvenliğinin değerlendirilmesi için gerekli çevresel veriler.
11. Yüzey toprağının erozyon potansiyeli, zemin istikrarı ve yüzey altı katmanların taşıma gücünün değerlendirilmesi
12. Toprak kaynaklı ısı pompaları, sulama veya diğer amaçlarla kullanımı bakımından, yüzey ve yüzey altı su miktarları ve kalitesinin değerlendirilmesi.
13. Terk edilmiş ve kirletilmiş endüstriyel saha ise, koşulları düzeltmek için önlemlerin alınması.
14. Toprakta radon varlığının kontrol edilmesi.
15. Bitişik mülklerde, binanın tasarımına sınırlama getirebilecek özelliklerin tespit edilmesi:

    En iyi pasif güneş yönelimi için en uygun bina konumunun tespit edilmesi.

16. Yeni binanın güney ve batı açıklıklarında güneş kazancını azaltacak gölgeli ağaçların varlığının tespit edilmesi.
17. Saha Özellikleri Raporu'nun hazırlanması.

### 3.3 Arazide Varolan Yapıların Değerlendirilmesi

Sahada mevcut yapı(lar) ve bunların fiziksel ve işlevsel durumu, arazinin gelecekteki kullanımı üzerinde etkiye sahip olabilmektedir. Çok kötü durumda yapılar mevcut ise malzemelerin bazıları, eğer yeni amaçlar için yeniden kullanılabiliyor veya geri dönüştürülebiliyorsa tekrar kullanım açısından fayda sağlayabilmektedir. Strüktürel olarak iyi durumda mevcut yapı varsa, işlevsel programın ihtiyaçlarına hizmet edebilmektedir ve yeni yapı inşaatı gerekliliğini azaltabilmektedir. Arazide var olan yapıların değerlendirilmesi için dikkat edilmesi gerekenler şunlardır;

- Mevcut bina(lar)ın yeni kullanımlar için işlevsel uygunluğunun değerlendirilmesi ve ihtiyaç duyulabilecek tadilatların tür ve boyutunun değerlendirilmesi;
- Mevcut bina uygun değilse, yeni işlevlere uyarlamak için mevcut yapı(lar)ın konumu, yapısal tipi, yüksekliği ve diğer temel özelliklerinin uygunluğunun değerlendirilmesi.
- Mevcut yapı(lar) uyarlama için uygun değilse, muhtemel yeniden kullanım veya geri dönüştürme için bileşenlerin ve malzemelerin değerlendirilmesi.

### 3.4 İşlevsel Program ve İşletme Verilerinin Belirlenmesi

Bir yapının elde edilmesindeki başlangıç noktası talep oluşmasıdır. Yapılan her yapı dünya üzerinde bırakılan ayak izi, yatırım ve inşaat maliyeti, enerji tüketimi demektir. Bu nedenle bir yapının yapılabilmesi için gerçekten bir gereksinim olmalı, bu gereksinimin büyüklüğü doğru olarak belirlenmelidir. Unutulmamalıdır ki belli bir yüzde oranında gereksinimden fazla talep edilen bir yapı daha baştan aynı oranda bir inşaat maliyeti ve enerji verimliliği sorununu getirmektedir. Benzer bir verimlilik sorunu yapıların işletilmesine yönelik olarak da geçerlidir. Tasarım veri ve beklentilerine uygun olarak işletilmeyen yapılar ek enerji verimliliği ve maliyet sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bina ihtiyaç programının tanımlanmasında öncelik ve aşamalar:

- İhtiyacın tanımlanması
- İhtiyaca yönelik mekan büyüklüklerinin saptanması
- Kullanıcı sayısının saptanması
- İhtiyacın giderilmesine yönelik alternatiflerin araştırılması

- Ortak kullanım ve çok amaçlı kullanım alternatiflerinin araştırılması
- Servis mekanlarının ve büyüklüklerinin saptanması
- Otopark ihtiyacının saptanması
- Servis alanı ve kullanım alanı oranının denetlenmesi
- Mahal listesinin / mekan büyüklüklerinin uzmanlar tarafından belirlenmesi
- Açık alan ihtiyacının ve büyüklüğünün saptanması
- Yapının esnek kullanım olanaklarının araştırılması
- Yapı büyüklüğünün enerji kaynaklarına uygunluğu açısından araştırılması
- Yapı büyüklüğünün bütçe kaynaklarına uygunluk açısından araştırılması
- Sorunların giderilmesi ve nihai yapı program ve büyüklüğüne ulaşılması

Verimli bina işletmesinin tanımlanmasında öncelikler:

- Enerji verimliliği ile ilgili konular
- Güvenlikle ilgili konular
- İşletme personeli ile ilgili konular
- Kullanım saatleri ile ilgili konular
- İşletme sorumluluklarının paylaşımı ile ilgili konular
- Kullanıcılara yönelik işletme eğitimi ile ilgili konular

İşlevsel programlama, girdileri, sorun ve öncelikleri tanımlama, buna bağlı olarak da tasarım çalışmasının kapsamını belirlemeye yönelik karar verme süreci olarak tanımlanabilmektedir. Bir işlevsel program, planlanan faaliyetleri desteklemek için bir binanın karşılaması zorunlu olan süreç ve alternatif işletme senaryolarını tanımlamaktadır. Yukarıda tanımlanan program ve işletme verilerinin bir bölümü birbirleri ile çelişebilmektedir. Örneğin yapı büyüklüğü ile arazi olanakları ya da bütçe kısıtlılıkları gibi. Bu nedenle işlevsel program oluşturulması aşamasında hedefler, olanaklar ve kısıtlar arasında bir denge olmalı ve yukarıda sıralanan alt başlıklar içindeki önem kademelenmesini tanımlamalıdır.

### 3.5 Performansa Yönelik Öncelik ve Hedeflerin Geliştirilmesi

Performans kıyaslama ölçütleri ve hedeflerinin geliştirilmesi, BBTY sürecinin en kritik aşamalarından biridir. Bu ölçüt ve hedefler olmaksızın, performansı artırmak için yapılan çalışmaların mükemmel, kabul edilebilir veya yeterli olup olmadığının değerlendirilmesi imkansızdır. Performansın önemli alanları aşağıdakileri içermektedir:

1. Sahanın fiziksel ve kültürel ortam ile uyumu/uygunluğu, konumu ve özellikleri
2. İhtiyaç programı işlevselliği
3. Malzemeler ve malzemeleri kullanma verimliliği
4. İnşaatta bina malzemeleri, bileşenleri ve sistemlerinin kullanımından kaynaklanan gömülü enerji
5. İnşaat kalitesi (Kalite kontrol ve devreye alma)
6. Katı atık yönetimi (inşaat)
7. İnşaatın sahaya ve saha ekolojisine etkileri
8. Düşük karbonlu veya sıfır karbonlu enerji kaynaklarının kullanılabilirliği
9. İşletim esnasında enerji tüketimi





10. İşletim esnasında sera gazı emisyonunun etkileri
11. İşletim esnasında atmosfere diğer emisyonların etkileri
12. Isı adası etkisi
13. Bina ısıl enerji depolaması
14. Bina elektrik enerjisi depolaması
15. Su tüketimi ve yönetimi
16. İşletimin sahaya ve saha ekolojisine etkileri
17. Katı atık yönetimi
18. İç Çevre Kalitesi koşullarının yönetimi (İÇK)
    - 18.1. İç hava kalitesi
    - 18.2. Isıl konfor
    - 18.3. Akustik konfor
    - 18.4. Aydınlatma ve görsel konfor
    - 18.5. İç çevre kalitesi bileşeni (koku)
19. Bina sistemleri ve iç çevre kalitesinin denetimi
20. Performansa dayalı tesis yönetiminin sürdürülebilirliği
21. Uzun ömürlülük, uyarlanabilirlik ve esneklik özellikleri
22. Mal ve can güvenliği ve bina bütünlüğü
23. Normal işletim faaliyetleri esnasında ikamet edenlerin can güvenliği ve emniyeti
24. Tüm kullanıcılar için erişilebilirlik
25. Binaya ilişkin sosyal ve algısal konular
26. Binanın maliyeti ve ekonomik performansı

Önemli sorunlardan biri de, bu performans göstergelerinin göreceli[2] önemi yani öncelikler ve kademelenmeleridir. Burada geçerli bir yaklaşım aşağıdaki değerleri içeren bir algoritmaya göre her göstergenin olası etkisi için puan veren bir matris oluşturmaktır:

- Etkilenen sistem (örneğin iklim değişikliği, güvenlik, konfor, işlevsellik vs.)
- Etkinin şiddeti (büyükten küçüğe)
- Etkinin kapsamı (bina içinde genelden yerele)
- Etkinin süresi (yüzyıllar, on yıllar, yıllar, aylar, günler)

Ağırlıklandırılmış olsun veya olmasın bu performans göstergelerinin değerlendirilmesi, söz konusu binanın görece[3] performansının değerlendirilebilmesini sağlayacak biçimde kıyaslama ölçütleri ve/veya hedeflerinin oluşturulmasını gerektirir. Kıyaslama ölçütlerini belirlemek üzere genellikle seçilen performans düzeyleri aşağıdakileri içerir:

A. Yönetmeliklere veya sektör normlarına göre, asgari kabul edilebilir performans düzeyi.

B. Sektör normlarına göre, iyi sayılan performans düzeyi.

C. Sektör normlarına göre, en iyi uygulama sayılan performans düzeyi.

---

2 Göreceli; sıfat; varlığı başka bir şeyin varlığına bağlı bulunan, mutlak olmayan, izafi, bağıntılı, nispi.
3 Görece; sıfat; bir şeye göre olan, varlığı başka bir şeyin varlığına bağlı olan, kesin olmayıp kişiden kişiye, zamandan zamana, yerden yere değişebilen, bağıl.

Tasarım aşamasında tahmin edilen veya işletim aşamasında gözlenen performans düzeyleri bu ölçeğe göre belirlenebilmektedir. Uygulamada bazı performans göstergeleri rakam cinsinden ifade edilirken, diğer bazı göstergeler ise sözel ifadeleri gerektirmektedir.

Bina performans hedeflerinin bir *"Devreye Alma Danışmanı"* ile birlikte geliştirilmesinin uygun olacağı önerilmektedir. Çünkü proje ekibinin seçilmesinden önce mal sahibinin ya da yatırımcının isteklerinin ve performans hedeflerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra tasarım, inşaat, devreye alma ve işletme süreçlerinde bu hedeflerin tutturulup tutturulamadığı, binanın kalitesinin hedeflendiği gibi olup olmadığı hedeflenen performansa göre devreye alma süreci ile mümkündür.

Bu çerçevede binanın performansa dayalı hedefleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Bina, "yeşil bina" özelliklerine sahip enerji verimli, suyu az tüketen, enerjisinin bir bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan bir yapıda olacaktır.
2. İnşaat ve işletme süreçlerinde atıkların azaltılması ve atık yönetimi yapılacaktır.
3. Bina yüksek enerji performanslı yapılırken binanın fonksiyon hedeflerinde zayıflama olmamalıdır.
4. Tüm aşamalarda aşağıdaki gibi hususlar dikkate alınmalıdır.
   - Tasarım, imalat ve işletme süreçleri Türkiye standartları, kodları ve kanunlarına uygun olmalıdır.
   - Bölgesel şartlara uygun bir yapı hedeflenmelidir.
   - Maksimum deprem ve rüzgar yüklerine dayanıklılık sağlanmalıdır.
5. Çevre ve sürdürülebilirlik hedefleri aşağıdaki hususları içermelidir.
   - Bina kabuk, HVAC sistemleri, aydınlatma gibi konularda enerji verimli olmalıdır. Örneğin proje hesaplamaları, ASHRAE 90.1-2007 Enerji Standardındaki temel değerlerinden en az %35 daha yüksek performansa sahip olması gerekmektedir.
   - Yüksek performanslı HVAC sistemleri seçilmelidir.
   - Aydınlatmada otomasyon, düşük enerji tüketen sistemler gibi teknolojiler kullanılmalıdır.
   - Pasif sistemler, yönlendirme, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, ısıl depolama, pasif soğutma, yenilenebilir enerji teknolojileri olabildiğince kullanılmalıdır.
   - Bina otomasyon sistemleri kullanılmalıdır.
   - Bina dış zonunda gün ışığından yararlanma yolları iyileştirilmelidir.
   - Termal konfor ASHRAE 55-2004 standardı ve AB'deki muadili olan standartlara uygun olmalıdır. Mahallerde insanların kontrolünde sıcaklık kontrolu olmalıdır.
   - Taze hava imkanları standartlara uygun olmalıdır. ASHRAE 62.1-2007 standardı ve AB'deki muadili olan standart değerlerden en az %30 daha fazla olmalıdır.
   - Mekanik havalandırmada örneğin ofisler için MERV 13 (F7) veya daha yüksek filtreleme yapılmalıdır.
     Diğer bina tipleri için de ilgili standartlara uygun tasarım ve imalat yapılmalıdır.
   - Klima santrallarına dış havanın miktar ve kalitesini sürekli ölçüp otomasyona aktaracak pitot tüpleri[4] ve $CO_2$ sensörleri konulmalıdır. Ayrıca havalandırmada konfor ve enerji verimliliğinin bir arada sağlanabilmesi için "*talep kontrollü havalandırma*" sistemi tesis edilmelidir.
6. Diğer bazı hususlar aşağıdaki gibi olabilir.
   - Akustik ve estetik yönlerden standartlardaki şartlara uyulmalıdır.

[4] Pitot tüpü; bir akışkanın yarattığı toplam basıncı ve buna bağlı olarak akışkanın hızını ölçen cihazdır.





   - Tasarımda yaşam boyu maliyet analizleri (LCCA) yapılmaya çalışılmalıdır.
   - İşletmede devreye almada Test Ayar ve Balans (TAB) prosedürleri uygulanmalı, personel eğitimi verilmelidir.

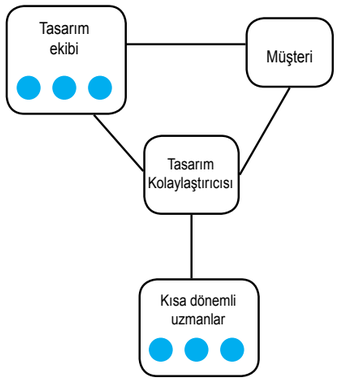
### 3.6 Tasarım Ekibi Üyelerinin Seçilmesi

Gerçekleştirilecek binanın barındıracağı işlev, içinde yer aldığı ortam, büyüklük ve teknoloji gereksinimine bağlı olarak tasarım ekibinin oluşturulması, sürece dahil olacak uzmanların ve niteliklerinin belirlenmesi önem kazanacaktır. Özellikle büyük ve karmaşık programlı ya da özel bilgi birikimi gerektiren yapılarda deneyim ve daha önce gerçekleştirilmiş benzer projeler ekip seçiminde belirleyici olmalıdır. Proje ölçeği de ekip oluşumunda önemli bir girdidir. Kentsel ölçekteki uygulamalarda ya da birden fazla yapı içeren yerleşke ölçeklerinde mimarların yanısıra kentsel tasarım, planlama ve peyzaj uzmanları proje aşamasının başından itibaren ekip içinde yer almalıdır. Bunu takip eden aşamada altyapı, taşıyıcı sistemle ve şantiye alanının çevre faktörlerini dikkate alacak düzeni ile ilgili olarak inşaat mühendisi, havalandırma, ısıtma, soğutma, iklimlendirme ile ilgili olarak makina mühendisi, aydınlatma ve diğer elektrik işleri için elektrik, elektrik-elektronik mühendisi gibi mühendisler süreç içinde yer alacaktır. Ancak günümüzde bahsi geçen mühendislik dallarında da çeşitli uzmanlıklar oluşmuştur. Yapı büyüklük ve karmaşıklık düzeyine bağlı olarak bu uzmanlıklara göre de proje ekibinin genişletilmesi düşünülmelidir. Uygulanacak projenin gerekliliklerine göre ekip üyeleri ve onlarda bulunması gereken nitelikler netleşecektir. Örneğin bir konser salonu tasarımında akustik uzmanının ekipte bulunmaması düşünülemez.

Ekipte bulunacak üyelerin CAD araçlarına, BBM kullanım sürecine hakim olmaları ortak bir dil ve terminoloji kullanmaları bina performansı için önemlidir.

Taşıyıcı sistem boyutlandırmasında bilgisayar yazılımları inşaat mühendisleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılımlar genel olarak statik hesaplar ile yapı türüne göre betonarme, çelik gibi taşıyıcı sistem elemanlarının detay projelerinin hazırlanmasına yöneliktir. Tasarım ekibinde yer alacak inşaat mühendisinin yeterli tecrübede olması ve en az bir statik bilgisayar yazılımını kullanması veya kullanabilen personele sahip olması gerekmektedir. Bunun yanında, bütünleşik bina tasarımı yaklaşımı çerçevesinde mimar ve diğer uzmanlar ile ortak çalışmayı sağlayacak yazılımların kullanılması da tasarım ekibi seçiminde önem taşımaktadır (Bkz. Şekil 9).

Yüksek performans, binanın performans hedefleri ve karmaşıklığına uygun nitelik ve bilgilere sahip olan tasarım veya yönetim ekibi üyeleri tarafından sağlanır. Günümüzde gerekli beceriler arasında Bilgisayar




***Şekil 9:*** *Tasarım ekibinin şematik gösterimi*

Destekli Tasarım (CAD) programları, Bina Bilgi Modelleri (BBM), Bilgisayar Destekli Akışkanlar Dinamiği (CFD) modellemesi vardır. Bilgi, yenilenebilir enerji üretim sistemleri, enerji depolama sistemleri, gün ışığından yararlanma sistemleri gibi yeni teknolojileri de kapsamalıdır.

BBTY açısından diğer etkin bir yöntem de ekiple birlikte çalışmak üzere bir "Tasarım Kolaylaştırıcısı"nın ekibe dahil edilmesidir. Bu kişi performans konularını çok iyi anlamalı ve aynı zamanda, eksik bilgi veya becerileri tamamlamak üzere ekibe katılabilecek kısa dönemli danışmanları bulabilmelidir. Örneğin bu yaklaşım Kanada'da C-2000 yüksek performanslı binalar için gösterim programında (1994-2001) başarıyla kullanılmıştır. Uzmanlar, bir sunum yapmak veya tartışmaları yönetmek üzere yarım veya tam gün süreyle katılmışlar, getirdikleri bilgi içeren malzemeleri de, oturumdan sonra ekibin kullanması için bırakmışlardır. Bu yaklaşımın kullanıldığı diğer örneklere ise Avrupa Komisyonu tarafından akıllı enerji programı çevrçevesinde desteklenen 'Market Transformation Towards Nearly Zero Energy Buildings Through Widespread Use of Integrated Energy Design Project' (MaTrIDR) Projesi ve TASK 23 çalışma grubunun yaptıkları verilebilir. Tasarım Kolaylaştırıcısı'nın müşteri, tasarım ekibi ve dışarıdan uzmanlar arasındaki ilişkide eşgüdümü sağlayan bir rolü olmalıdır.

Özellikle yapı performansının öne alındığı büyük ölçekli projelerde binanın enerji performansının belirli bir performans eşiğini aşması halinde, proje ekibine performans primi de verilmesi giderek yaygınlaşan bir uygulama haline gelmektedir. Ekip oluşturulması sürecinde de daha önce gerçekleşmiş yapıların performaslarına bakılarak ekip üyelerinin iş tecrübeleri belirleyici bir seçim kriteri olabilir.

### 3.7 İlk Proje Fikir Toplantılarının Kurgulanması

BBTY sürecinde temel unsurlardan birisi, süreç boyunca tüm temel karar noktalarında, farklı disiplinleri temsil eden kilit aktörlerin katılacağı tasarım toplantıları düzenlemektir. Bu toplantıların amacı, temel katılımcıların fikirlerini masaya getirmelerini ve tartışmalarını sağlamak ve mutabakat halinde kararlar vermektir. Sürecin bu aşamasında ilk toplantı, şematik tasarımları ve altında yatan varsayımları tartışmak üzere yapılmalıdır. Bu ilk toplantı için, süreçteki tüm kilit aktörlerin hazır bulunması önemlidir. Ancak, sonraki toplantılarda ilgili katılımcılardan oluşan daha küçük bir grup davet edilebilir. Toplantıya davet edilen kilit kişiler, kısmen projenin tipi ve karmaşıklığına bağlı olacaktır.

Bu toplantıların ilk aşama raporlarına kadar tüm dokümanları (tutanaklar, eskizler, imza föyleri, fikir notları, ses kayıtları gibi) arşivlenmeli ve tasarım çekirdek ekibi tarafından muhafaza edilmelidir.

Az metrekareye sahip ve nispeten basit bir projenin ilk toplantısı için (örneğin alçak katlı bir ticari veya konut projesi) davet edilenler en azından aşağıdaki kilit kişileri içermelidir.

- Tasarım Kolaylaştırıcısı (toplantıya başkanlık eder)
- Malik ve/veya yatırımcı
- Mimar
- Jeofizik veya sismik mühendisi
- Statik hizmetler  için inşaat mühendisi
- Makina mühendisi
- Elektrik mühendisi
- Yenilenebilir enerji uzmanı (Enerji mühendisi)
- Enerji simülasyonu uzmanı
- İnşaat yöneticisi ve/veya yapı müteahhidi





Çok metrekareye sahip bir proje işi için (örneğin yüksek bina sınıfına giren ofis-konut projeleri) ilk toplantısına davet edilenler en azından aşağıdaki 16-20 kişiyi ve bir de sekreterya hizmetlerini gerçekleştirecek kişileri içermelidir:

- Tasarım Kolaylaştırıcısı (toplantıya başkanlık eder)
- Malik ve/veya yatırımcı
- Mimar
- Jeofizik veya sismik mühendisi
- Peyzaj mimarı
- Jeoloji mühendisi (Jeofizik mühendisi ve peyzaj mimarına bilgi desteği sağlayan mühendis)
- Statik hizmetler için inşaat mühendisi
- Makina mühendisi
- Elektrik mühendisi
- Malzeme uzmanı (binanın konumu ve tipine bağlı olarak),
- Yenilenebilir enerji uzmanı (Enerji mühendisi)
- Enerji simülasyonu uzmanı veya bina yönetim sistemi uzmanı
- Aydınlatma uzmanı
- Bina kabuğu uzmanı (binanın konumu ve tipine bağlı olarak),
- Rüzgar/kar uzmanı (binanın konumu ve tipine bağlı olarak), Yangın/akustik uzmanı (binanın tipine bağlı olarak)
- Trafik uzmanı (binanın konumu ve tipine bağlı olarak),
- Maliyetlendirme uzmanı / keşif görevlisi
- İnşaat yöneticisi ve/veya yapı müteahhidi
- Bina işletmecisi (bina tipine bağlı olarak, örneğin hastane işletmecisi ile ofis işletmecisinin uzmanlıklarındaki farklılıklar gibi-henüz seçilmemişse, benzer bir binayı işletme deneyimi olan bir işletmeciyi tecrübelerini ekibinizle paylaşması için davet edin).
- Saha alanında iş ve işçi güvenliğinden sorumlu uzman

İlk toplantının en önemli sonucu, üzerinde daha ayrıntılı çalışma yapılmak üzere hangi şematik tasarım alternatiflerinin seçileceğine karar vermektir. Bu toplantının hiçbir şekilde geleneksel tasarım çözümleri ile sınırlandırılmaması gerektiğini bilmek önemlidir; ancak bu daha sonra referans kıyas ölçütü olarak faydalı olacaktır.

Birçok farklı meslek mensubunun toplantılara çağrılması pahalıdır ve müşteri bunun maliyetlerini üstlenmeye istekli olmayabilir; ancak, örneğin inşaat mühendisi ve makina mühendisi gibi kilit profesyonellerin erken aşamada dahil edilmesinin, proje ilerledikçe çok büyük faydalar getirmesi muhtemeldir. Son adım olarak, toplantının sonuçlarına ilişkin bir rapor hazırlanmalı; bu rapor tüm başlıca tartışmaları ve kararları içermelidir. Müşteri ve tasarımcılar açısından amaç, uygun bir referans dokümanına sahip olmaktır. Toplantı tamamlandıktan sonra, fikirleri benimseme sorumluluğu müşteriye aittir.

Müteakip ekip toplantıları daha küçük olacaktır ve katılımcılar, işin o andaki aşamasıyla ilgilerine göre seçilecektir; yine de tüm ana karar noktalarında kilit üyelerin katıldığı toplantılar düzenlemek önemlidir. Yapılacak toplantılar sürecin hangi yaklaşım üzerinden devam edeceği üzerine olacaktır. Toplantılara katılan ekibin desteği ile şematik tasarımlar enerji performanslarına, yatırım ve işletim maliyetlerine ve işlevsel tasarımlarına göre seçilmelidir.  İlk masabaşı toplantıda, proje ile ilgili uzmanların kendi alanlarına yönelik yaptıkları çalışmalardan elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde sunulmalıdır. Genel olarak bütünleşik bina tasarımına yönelik kontrol ve veri formları oluşturulmaya çalışılmalıdır.

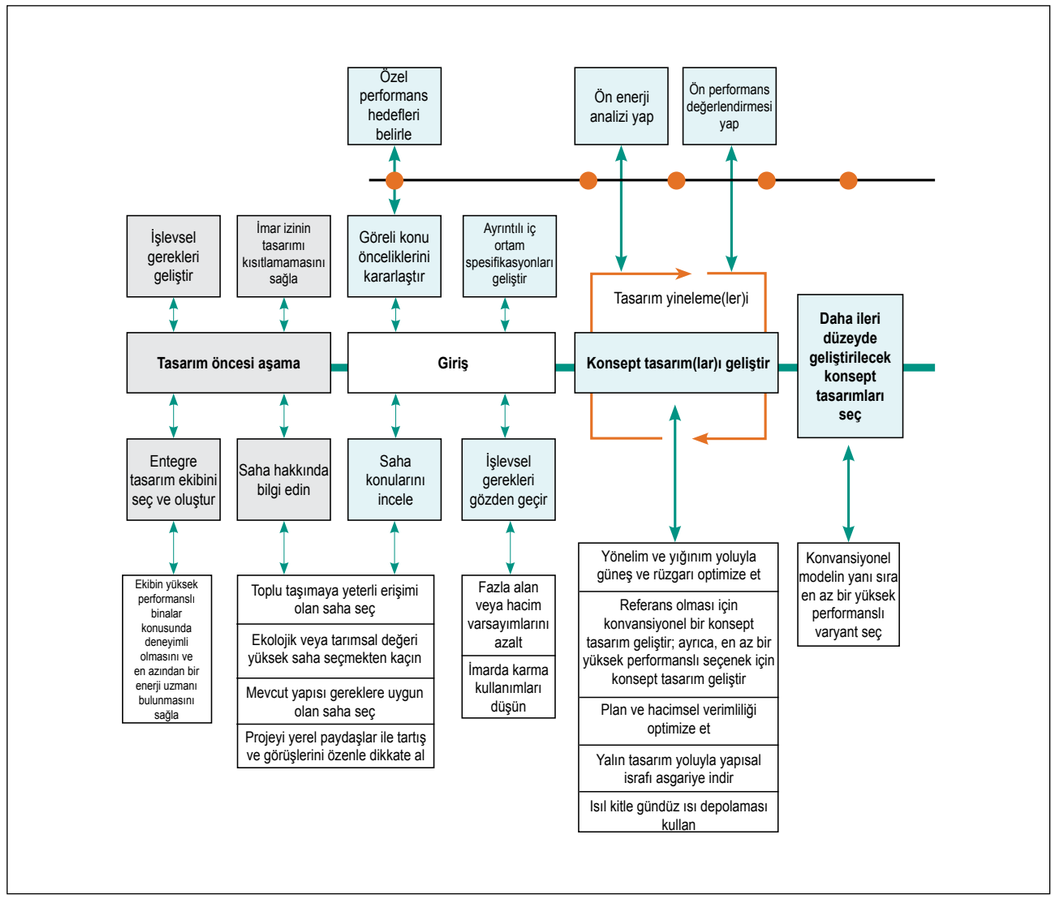
## 3.8 Şematik Tasarımların Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi

Saha seçilmiş, işlevsel program geliştirilmiş, performans hedefleri de seçilmişse, şematik veya konsept tasarım geliştirilebilmektedir. Bu aşamada kararlar kesin olmamalı; ancak eskizler ve ön simülasyonların incelenmesi ile performansa dayalı hedeflenen tasarımın doğru yolda olup olmadığı anlaşılabilecek derecede ileriye götürülmelidir.

İlk aşamada özellikle bina performansı açısından birden fazla alternatifin, tercihen üç ayrı önerinin, hazırlanması yararlı olacaktır: Birincisi minimum kabul edilebilir performans standartları kullanan geleneksel çözüm; ikincisi, orta derecede performans yükseltim varsayımlarına sahip tasarım; ve üçüncüsü de maksimum performans hedefine sahip bir tasarım sürecinin izlenmesidir.

Her şematik tasarım için bir ön enerji simülasyonu ve yaklaşık maliyet tahmini yapılmalıdır, böylece üç şematik tasarımın karşılaştırması yapılarak, tercihler netleştirilmelidir. Şekil 10'da şematik tasarımın birinci aşamasında yer alan adımların ana unsurları belirtilmektedir.

Parametrelerin değişmesine bağlı olarak, daha sonraki aşamalarda daha fazla sayıda simülasyon ve maliyet tahminleri yapılabilir; bunlar nispeten düşük maliyetli olacaktır. Şekil 11'de esas tasarımın parametreler değiştikçe izleyebileceği yol belirtilmektedir.




*Şekil 10: Şematik tasarımın yapılması için 1.aşamada yer alan unsurlar*





***Şematik tasarımın birinci aşaması için ana unsurlar aşağıda yer almaktadır:***

1. Yönelim ve pasif güney potansiyelinin değerlendirilmesi. (yönelim, bitişik mülkler tarafından gün ışığının engellenmesi, opak/saydam oranı, doğal ve inşa edilmiş gölgelendirme hakkında varsayımlar)

2. Güneş enerjisiyle ısıtmanın faydalı olduğu iklimlerde, binanın uzun ekseninin Doğu-Batı yönünde olması büyük faydalar sağlamaktadır. Büyük pencere alanlarının maksimum güneş kazancı yönüne bakması, enerji performansına büyük katkı yapabilir; yeter ki maksimum güneş kazancı zamanlarında aşırı ısınmayı önleyecek gölgeleme olsun ve güneş kazancından etkin biçimde yararlanmayı sağlayacak ısıl depolama imkanı bulunsun. Aşırı güneş kazancını önlemek için, Doğuya ve özellikle Batıya bakan pencere alanları minimize edilmelidir. Yerinde yenilenebilir enerji seçeneklerinin değerlendirilmesi. (sahanın uygunluğu, binaya bütünleşik fotovoltaik panellerini kullanma olanakları, biyokütleyi yakıt olarak kullanma olanağı gibi)

3. Yenilenebilir olmayan enerji ve ilişkili bina sistemleri için seçeneklerin değerlendirilmesi. (kalan enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere yenilenebilir olmayan enerjiye dayalı sistemler)

4. Temel konsept tasarım seçeneklerinin geliştirilmesi. (kat sayısı, büyük işlevsel elemanların ilişkisi, yönelim, yapı hakkında ilk varsayımlar, malzemeler, kat yüksekliği, teknik sistemler, manzara ve dışarıya erişim)

   Elbette ki, deneyimli bir mimar birçok faktörü dikkate alacaktır; ancak işlevsel gerekleri verimli biçimde karşılayan bir plan, pek çok olası sorunun baştan aşılması anlamına gelmektedir. Değerlendirilmesi gereken diğer temel konular mahalle bağlamı ve saha sınırlamalarıdır.

5. Geleneksel performans düzeylerinde program gereklerini karşılayan bir bina için şematik tasarımın geliştirilmesi. (yapı, bina kabuğu ve piyasada kullanılan bina sistemleri)

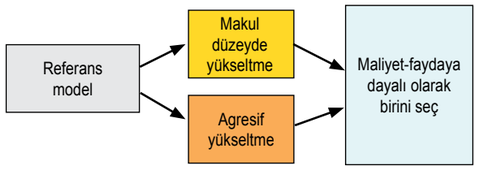
6. Binanın enerji simülasyonunun yapılması.

7. Bir veya daha fazla sayıda yüksek performans seçenekleri (bina kabuğu ve sistemleri için orta ve maksimum hedefler) için şematik tasarımların geliştirilmesi.

8. İyileştirilen tasarım versiyonlarının enerji simülasyonlarının yapılması.

   8.1. Geliştirmek üzere şematik tasarımlardan birinin seçilmesi.

   Ekibin kilit üyeleri bir toplantı yapar ve şematik tasarımlardan birini daha ileri düzeyde geliştirmek üzere seçer. Seçilen tasarım, maliyet, işlevsellik, enerji, çevre, iç çevre kalitesi ve performansın diğer temel yönleri arasında optimizasyonu temsil edecektir.




*Şekil 11: Esas tasarımın parametreler değiştikçe izleyebileceği yol*

8.2. Saha geliştirme konseptlerinin geliştirilmesi.

8.3. Bina Bilgi Modeli'nin (BBM) geliştirilmesi.

8.4. Şematik iç tasarım gereklerinin geliştirilmesi.

Alanların işlevsel gereklerinin ve ilişkilerinin; malzemelerin minimum kullanımının dikkate alınması.

8.5. Bina statik yapı tasarımının geliştirilmesi.

- Deprem güvenliği, yangın güvenliği, işlevsel ve çevresel performans, maliyet performansına göre tasarımların detaylandırılması.
- Her yapı sistem tipinin kendine özgü avantajları vardır. Ancak genel olarak betonarme ve kagir sistemlerin ısıl kütle avantajları, çelik veya işlenmiş ağaç inşaatın daha düşük olan gömülü enerji gerekleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Sıklıkla, karma bir sistem seçilebilir ancak sürece farklı sistemlerin katılması başka sorunlara yol açar. Beton uygulamalar için, sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla, ek bağlayıcı malzemeler (örneğin uçucu kül veya cüruf gibi) kullanmak için çaba gösterilmelidir.

8.6. Deprem güvenliği ve yapısal yeterlilik konularının değerlendirilmesi.

Bina yapısal sistemi, aşağıda belirtildiği şekilde mevcut deprem mevzuatına uygun olarak, depremde yeterli dayanım, rijitlik ve istikrara sahip olacak biçimde tasarlanmalıdır:

- Küçük depremlerde, ne yapısal ne de yapısal olmayan elemanlar hasar görmemelidir.
- Orta şiddetteki depremlerde, yapısal ve yapısal olmayan elemanların uğradığı hasar, tamir edilebilir düzeyde olmalıdır;
- Şiddetli depremlerde yapısal hasar, can güvenliğini sağlayacak biçimde olmalıdır.

- Deprem mevzuatında, aşağıdaki yapısal düzensizlikler ve tasarım önlemleri tanımlanmaktadır:
  - Burulma düzensizliği.
  - Döşeme süreksizliği.
  - Planda çıkmalar.
  - Komşu katlar arası dayanım düzensizliği. (Zayıf Kat)
  - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği. (Yumuşak Kat)
  - Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.

8.7. Maksimum işlevsel alan ile yapısal verimlilik arasında denge kurmak için, kolonlar arasında bırakılan boşluk ile kolonların çekirdek taşıyıcıya olan konumunun değerlendirilmesi.
Yapısal verimlilik ile maksimum işlevsel alanın tasarlanması esas olarak konut dışı binalara ilişkindir.

8.8. Yapının gömülü enerjisini azaltmak için önlemlerin değerlendirilmesi.
Çok yüksek gömülü enerjiye sahip beton ve alüminyum kullanımının azaltılması için çimento ek malzemesi olarak uçucu külün kullanımının dahil edilmesi önlemler arasında değerlendirilmelidir.

8.9. Yapıyı ısıl kütle olarak kullanarak ısıl depolama seçeneklerinin değerlendirilmesi.

- Isı depolama kapasitesine sahip malzemelerden yapılan mimari ve strüktürel yapı bileşenleri (duvar, tromb duvarı, su duvarı, döşeme, tavan gibi) ısıl kütle olarak görev yaparlar. Pasif tasarım yaklaşımlarında iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında ısıl kütlenin önemli rolü bulunmaktadır. Güneşten elde edilen ısının bina strüktüründe toplanması, depolanması, depolanan enerjinin iç ortamlara verilmesi süreçlerinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Isıl kütleden istenilen performansın elde edilebilmesi, enerji kaynağı ile olan ısıl eşlenebilme yeteneğine bağlıdır. Gündüz güneş enerjisinden elde edilecek ısı, bina kütlesinde (duvar, tavan, döşeme gibi) depolanacak, ısıtma gerektiren dönemde (gece) iç ortama geri verecektir. Gecenin serin havası ile ısıl kütlelerin soğutulması ertesi gün gündüz periyodundaki iç ortam sıcaklığını konfor sınırına doğru düşürmeye yardımcı olacaktır ve gün içinde ısı depolama bir önceki gün gibi kütle içinde ve yüzeyinde devam edecektir.

8.10. Bina kabuğu tasarımının geliştirilmesi

- Kış koşullarında, ılık ve nemli iç hava, bina kabuğundaki kusurlardan dışarıya, daha kuru ve düşük basınçlı dış atmosfere, sızmaya çalışmaktadır. Yoğunlaşan nemli havanın dış duvarlarda neden olduğu büyük hasarın ve yalıtımın etkinliğini kaybetmesinin uzun bir geçmişi vardır; sonuçta dış cephe giydirmeye hasar verebilmektedir. Böyle koşullar mevcutsa, dış duvarların iç yüzlerinde küflenme de oluşabilmektedir. Diğer bir sonucu da enerji ve iç çevre kalitesi performansının düşmesidir. Sorunları önleme teknikleri arasında hava bariyeri, buhar bariyeri ve yüksek düzeyli kalite güvence ve denetim vardır.
- Pencereler genel olarak, yalıtılmış duvarlar veya çatılara göre daha zayıf ısıl direnc sahiptir ancak gün ışığı ve manzara sağlamaları nedeniyle önemlidirler. Pencerelerin yerleşiminde binanın ve dış duvarlarının yönelimi dikkate alınmalıdır; enlem (Ekvator'dan uzaklık), yerel iklim ve yılın zamanı da önemli faktörlerdir. Pencerelerin performansını etkileyen temel faktörler ısı geçirgenliği (ısı kaybı veya kazancı) ve hava geçirmezliktir. Dış cephe gölgeleme, başarılı pencere çözümünün bir parçası olarak dikkate alınmalıdır. Pencerelerin toplam bina performansında oynayabileceği rolü belirlemenin en iyi yolu, çeşitli yüksek performanslı pencere ve duvar seçeneklerinin yıllık enerji performanslarını karşılaştıran bir enerji simülasyonu yapmaktır.

Belirli adımlar şunları içerir:

8.10.1. Dış duvar ve çatı sistemlerinin seçilmesi

- Soğuk iklimlerde, dış duvarların yağmur perdesi ve basınç eşitleme ilkelerine göre tasarımının yapılması ve hava bariyerinin kabuk tasarımının önemli parçası olması kuvvetle önerilmektedir.
- Perde duvar çözümü önerildiği hallerde tasarımcılar, çoğu perde duvar gruplarının çok zayıf ısıl performansı olduğunu bilmelidir.
- Bitkisel veya yeşil çatı kullanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Yeşil çatılar, özellikle ağır yağışta yağmur suyu akışını geciktirme ve buharlaşma-terleme yoluyla ısı adası etkisini azaltma bakımından çok fayda sağlar. Yüzey soğutma etkisinin geleneksel çatılara göre 19ºC'ye kadar varan oranda daha iyi olduğu raporlanmaktadır ve binanın enerji tüketiminde azalmalar genellikle marjinaldir. Dikkate alınacak konulardan birisi de, çatı üzerindeki bitkinin ağırlığı ve su geçirmez tabakaların maliyetidir. Ancak çatının ömrü boyunca elde edilecek tasarruflar genellikle bunu telafi edecektir. Bitkisel çatının yapılabilir olmadığı hallerde, yansıtıcılığı yüksek olan açık renkli çatı malzemesinin kullanılması ısı kazancını azaltacaktır.

8.10.2. Gün ışığından yararlanma ve ısıl faydaları optimize etmek için pencere düzeninin her yönelimde uygulanması.

- Kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde, kış aylarında güneş kazancını maksimize etmek için binanın güneye yönlendirilmesi beklenir. Ancak diğer mevsimlerde aşırı ısı kazancını önleyecek şekilde doğu, batı ve güney cephelerdeki pencere alanı ve konumları da dikkatli düşünülmelidir.

8.10.3. Ağaçlar ve bitkilendirme yoluyla bina kabuğunun ısı kazancı veya kaybının azaltılması.

- Aşırı güneş kazancına karşı ilk önlem, güneş kazancının en yüksek olduğu dönemlerde maksimum gölgelik sağlayacak şekilde konumlanmış ağaçların gölge etkisinden yararlanmaktır. Bu yaklaşımı etkileyecek faktörler arasında iğne yapraklı ağaçların yerine yaprak döken ağaçların kullanılması vardır (yaprak döken ağaçlar soğuk aylarda daha fazla güneş kazancına imkan tanır).

8.10.4. Dış gölgeleme elemanlarının etkinliğinin değerlendirilmesi.

- Dış gölgeleme elemanları, güneşin etkin olduğu saatlerin uzun olduğu ve düşük güneş açıları nedeniyle güneş ışınlarının binaya nüfuzunun derin olduğu bölgelerde çözümün bir parçası olarak düşünülmelidir. Doğu ve batıya bakan pencerelerde dış gölgelendirme sağlamak daha zordur, dolayısıyla mantıklı olan adım, bu cephelerdeki pencere alanını minimize etmektir. Yaygın biçimde kullanılanlar arasında standart yatay saçak, doğu veya batı duvarlarında dikey panjurlar veya bunların bileşkesi vardır.

8.10.5. Yüksek performanslı pencerelerin seçilmesi. (cam ve çerçeve)

- Pencere performansı, çerçeve malzemesi ve tasarımı, cam sayısı ve tipleri, cam bölmeleri arasındaki dolgu malzemeleri ve gaz dolgulara bağlı birtakım faktörlere dayalıdır. Yüksek performanslı pencereler, piyasadaki minimum yeterli tiplere göre, ısı kazancı veya kaybını %40 ila %50 kadar azaltabilir. Çerçeve malzemesi de, alüminyum yerine fiberglas veya ahşap gibi ısıl iletkenliği düşük malzemeden seçilmelidir. (Alüminyum pencere tercih edilecekse ısı iletkenliğini azaltacak detaylarla geliştirilmiş çözümler kullanılmalıdır.) İç ve dış sıcaklık farklarının yüksek olduğu bölgelerde çerçeveler, ısı kaybı veya kazancını minimize etmek için iç ve dış bileşenler arasında ısı yalıtımı olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Camlar genel pencere performansını etkileyen diğer ana bileşendir. Çift-cam kullanımı tercihi, sektörün kabul ettiği minimum standart bir uygulamadır. Ancak üçlü cam ve iletken olmayan kenar dolgu türleri de ayrıca düşünülmelidir. Cam malzemesinin özellikleri kritik önem taşımaktadır. Görüntü iletimini (Vt) maksimize eden, öte yandan güneş enerjisi ısı kazancı katsayısını (Solar heat gain coefficient-SHGC) minimize eden camlar mevcuttur. Çoğu durumda Vt'nin SHGC'ye oranının ikiyi aşması tavsiye edilir.

8.10.6. Açılır-kapanır pencere kullanımının değerlendirilmesi.

- Açılır-kapanır Pencereler birkaç bakış açısından değerlendirilmelidir:
  Doğal havalandırmayı destekleyen ve içerideki insanların dışarıyla temasını kolaylaştıran bir sistemdir. pencerenin dışından erişebilecek izinsiz girenlerin olabileceği durumlarda güvenlik özellikleri dikkate alınmalıdır. Ayrıca HVAC kontrol sistemi varsa pencerelerin açılma anında otomatik olarak kapatma sağlanmalıdır. Böylece HVAC sisteminin dışarının sıcaklık ve bağıl nem koşullarına karşı savaş vererek enerji israf etmesi engellenmiş olur.
- Açılır-kapanır pencereler yüksek binalarda da kullanılabilir; gerçi bu durumda bina kullanıcılarının güvenliği ve HVAC kontrol sistemlerine bağlantılar daha kritik hale gelir ve dış rüzgar hızı, pencerelerin faydalı biçimde açılabileceği dereceyi sınırlayabilir. Bilgisayar Destekli Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyon programları, böyle durumlar için iç rüzgar hızlarını ve yönlerini tahmin etmek için kullanılabilir.





8.10.7. Bina kabuğunun gömülü enerjisini azaltacak önlemlerin değerlendirilmesi.

- Dış cephe giydirme veya çatı grubu tipleri için birden fazla seçenek olabilir ve çeşitli malzemelerin gömülü enerji ve emisyon karakteristikleri bakımından optik ve termodinamik performansları değerlendirmesi çalışmalarının yapılması tavsiye edilir.

8.10.8. Çatı ve/veya cephe üzerinde binaya bütünleşik fotovoltaik (BIPV), bina bütünleşik kolektör sistemlerin (BIST) ve ayrıca karma sistemli bina bütünleşik fotovoltaik/kolektör sistemleri (BIPV/T) kullanılmasının değerlendirilmesi.

- Tasarım sürecinin erken aşamalarında, yenilenebilir enerji stratejisinin bir parçası olarak fotovoltaik panellerin kullanılmasına karar verilmişse, bu PV panellerini, spandrel panelleri ve/veya dış pencere gölgeleme araçlarıyla bütünleşik olarak bina kabuğuna bütünleştirme konusu da düşünülmelidir. Bu yaklaşım güneş yönelimi ve dikey panel açılarından kaynaklanan verimlilik azalmasının engellenmesi bakımından oldukça yararlıdır. Spandrel veya gölgelendirme araçları için diğer malzemelerin kullanılmasındaki azalma için ödenecek küçük bir bedel de olabilir.

8.10.9. Bina kabuğu ayrıntılarının ve ısıl performansın optimize edilmesi.

- Bina kabuğu tasarımında önemli bir adım da, tüm bileşenlerin bütüncül biçimde düşünülmesi ve tahmin edilen işletim enerji performansını optimize edecek simülasyonların kullanılmasıdır.

8.10.10. Gün ışığından yararlanma ve aydınlatma sistemi için ön stratejilerin geliştirilmesi

8.10.10.1. Gün ışığından yararlanma için ön stratejinin geliştirilmesi.

- Gün ışığından yararlanma, bina performansının çok değerli bir yönüdür ve yalnızca mevcut gün ışığı süresi, kamaşma ve bazı yönelimlerde aşırı güneş ısısı kazancı tarafından sınırlandırılır. Ticari sakinler için (alışveriş hariç), gün ışığından etkin yararlanma, gündüz saatlerinde yapay ışıklandırma ihtiyacını azaltabilir veya hatta tamamen ortadan kaldırabilir. Işıklıklar, pencereler ve camların doğru seçilmesi, bu nedenle gün ışığından etkin yararlanma, kamaşma ve aşırı ısınmayı minimize etme açısından kritik önem taşır.
- Mekana giren gün ışığı miktarı, gün ışığını tavan yüzeyinin derinliklerine kadar yansıtmaya yardımcı olan "ışık rafları" yoluyla artırılabilir.
- Öte yandan, kötü tasarımlanmış gün ışığından yararlanmanın yaratacağı sorunlar da göz ardı edilmemelidir. Gün ışığından geniş ölçüde yararlanmak için tasarlanmış binalar olmuştur; ancak bunlar bina sakinlerinin iç mekanda pencerelere perde çekme ve elektrikli aydınlatmaya dönmesi gibi önlemlerin alınmasına yol açarak başarısızlığa uğramıştır.

8.10.10.2. Aydınlatma sistemi ön tasarımının geliştirilmesi.

- Konut dışı bina sakinleri için, aydınlatma tasarımcıları, genel ortam aydınlatması için minimum düzeyi (örneğin 200 Lux) sağlayan ve bunun yanında özgül alanlarda görev aydınlatması içeren tasarım özelliklerini göz önünde bulundurmalıdır.

8.10.10.3. Aydınlatma kontrol sistemi ön tasarımının geliştirilmesi.

- Aydınlatmada elle açma-kapama, sadece çok basit uygulamalar için uygundur; insan veya gün ışığı sensörü kullanan ve merkezi Bina Yönetim Sistemi'ne bağlı otomatik kontrol sistemleri, yüksek kaliteli görsel çevre ve enerji tasarrufu için çok daha üstün çözümler sağlamaktadır.

- Bu türden sistemlerin kullanımında önemli bir faktör, aydınlatma kontrol bölgelerinin büyüklüğüdür; ve aydınlatma tasarımcıları genellikle iç ve dış bölgeleri oldukça farklı biçimlerde tayin ederler, ancak her iki durumda da daha küçük bölgeler (50 ila 100 metrekare arası) daha iyi kontrol sağlar.

8.11. Güç sistemi ön tasarımlarının geliştirilmesi

8.11.1. Gelecek dönemlerdeki kiracı ve bina sakinlerine ait ekipman için güç gereklerinin tahmin edilmesi.

8.11.2. Dikey veya yatay taşıma sistemlerinin enerji verimliliğinin optimize edilmesi.

8.11.3. Pik elektrik talebini azaltacak stratejilerin geliştirilmesi.

8.12. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistem tasarımlarının geliştirilmesi.

- Doğal veya hibrid havalandırma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
- Bina büyüklük ve karmaşıklığının gerekli kıldığı hallerde Bilgisayar Destekli Akışkanlar Dinamiği (CFD) modellemesi yapılması.
- Mekanik ısıtma ve soğutma seçeneği için, enerji kaynakları olarak öncelikle yerinde yenilenebilir seçeneklerin değerlendirilmesi.
- Kalan ısıtma ve soğutma ihtiyaçları için, yüksek verimli fosil yakıt temelli sistemlerin değerlendirilmesi.
- Mekan ısıtma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
- Mekan soğutma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
- Mümkün olduğu hallerde serbest soğutma (gece tahliyesi) kullanımının değerlendirilmesi.
- Gündüz ile gece sıcaklıkları arasındaki farkın 10ºC'yi aştığı ve büyük kütleli malzemelerin dış hava temaslı büyük yüzeylerin olduğu hallerde, mekanik soğutma ihtiyaçlarını azaltmada faydalı bir yöntemdir.

8.13. Toprak veya su kaynaklı ısıl depolama seçeneklerinin değerlendirilmesi.

8.14. Soğutma sistemleri için ön tasarımın geliştirilmesi.

8.15. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri için ön tasarımın geliştirilmesi.

8.15.1. HVAC sistemi için MERKEZİ TESİS ön tasarımın geliştirilmesi.

8.15.2. HVAC İLETİM sistemleri için ön tasarımın geliştirilmesi.

8.15.3. HVAC KONTROL sistemleri için ön tasarımın geliştirilmesi.

8.16. Bina Yönetim Sistemi (BYS) için spesifikasyonların geliştirilmesi.

- Bu görev, girdi veya izleme için kullanılan birtakım noktalar hakkında verilen kararları içermektedir.

8.17. Ayrıntılı enerji simülasyonlarının yapılması.

- Bu simülasyon aşaması, bu noktaya kadar tasarımda oluşan değişikliklere dayalı olacaktır.

8.18. Kalan tasarım seçeneklerine karar verilmesi.

- Kullanılacak özgün teknik sistemler ve iç yerleşim düzenleri hakkında nihai kararlar, tüm kilit aktörlerin katıldığı başka bir ekip toplantısında verilmelidir.

8.19. Yapısal olmayan malzemelerin seçilmesi.

- Bileşenler ve malzemelerin, işlevsel, çevresel performans ve sökülme, yeniden kullanım veya geri dönüştürme potansiyelinin yanında maliyet etkinliği esasıyla seçilmelidir.

8.20. İnşaat dokümantasyonunun tamamlanması.

- Bu görev, çizimler ve spesifikasyonların hazırlanmasını ve aşağıdaki unsurları içeren Bina Tasarım Raporu'nun tamamlanmasını içerir:
- Tasarım toplantısında alınan kararların özeti. (veya ek olarak konulması)
- Gelişimin muhtemel yerel etkilerinin tartışılması.
- Bina kabuğu, HVAC ve aydınlatma sistemlerinin özet açıklamaları.
- Tahmin edilen enerji performansı ve emisyonlar.
- Çevre etkisine ilişkin tahminler.
- Tahmin edilen konfor ve üretkenlik.
- Binanın ve malzemelerin hizmet süresi ve yaşam döngüsü maliyeti tahminleri.
- Tasarımın, şematik tasarım aşamasında geliştirilen performans hedeflerine göre başarı derecesinin açıklanması.

8.21. İnşaat ve işletim için kalite güvence stratejilerinin geliştirilmesi.

- Geliştirilecek işletim planı, binayı verimli biçimde işletmek üzere personelin eğitilmesi için atılacak adımların ayrıntılarını, tüm ekipmanın sürekli ve etkin bakımı için planları, kiracılar ve sakinlerin kendi tesislerini işletmelerini sağlayacak stratejileri içermelidir.

### 3.9 Yerleşim Planının Geliştirilmesi

Alanda yapılması düşünülen binanın yaklaşık büyüklüğüne göre saha seçiminde çeşitli kriterler öne çıkacaktır. Farklı yoğunluklardaki bölgelerde güneşten yararlanma ve gölgelenme unsurlarının değişeceği göz önüne alınmalıdır. Binaya ulaşan yollarda bulunan trafiğin de alan seçiminde önemi olacaktır. Bölgedeki altyapının inşa edilecek bina ile uyumlu olması ve onu desteklemesi beklenmektedir.

Eğer mümkünse daha önceden inşaat çalışması yapılmış ve çeşitli sebeplerle terk edilmiş alanlar seçilmelidir. Bu seçimde önemli olan etken zaten ekolojik dengesine müdahale edilmiş bir alanın tercih edilerek yeni alanda aynı uygulamaların tekrarından kaçınılmasıdır.

İnşaat yapılacak alanın zemin özelliklerinin belirlenerek, yapının zemin açısından en uygun yere yapılması sağlanmalıdır.

### 3.10 Detaylı Tasarımın Geliştirilmesi

(Bu başlık ile ilgili kısım, 3.8'in altında detaylandırılmıştır)

Şekil 12 detaylı tasarım geliştirme sürecinin temel adımlarını göstermektedir:

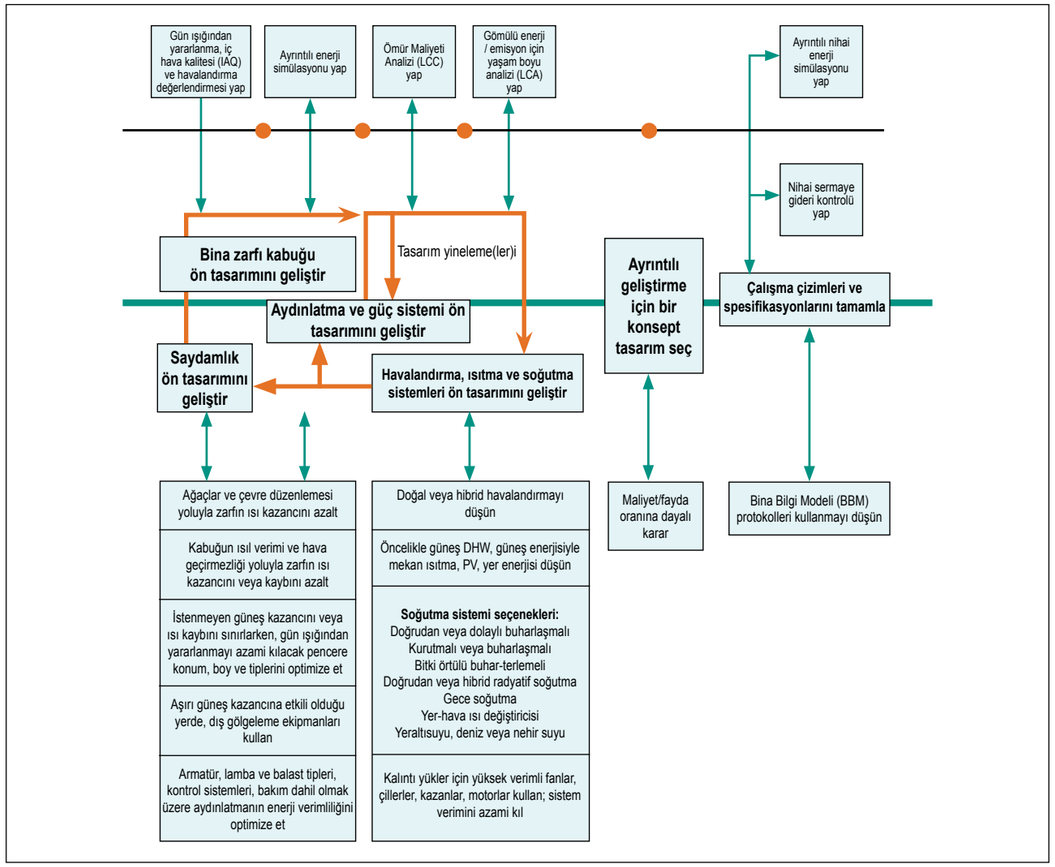
### 3.11 İnşaat ve Uygulamalar için Kalite Güvencesi Stratejileri Geliştirilmesi

İnşaat işinin ne şekilde verileceği işin kontrolü açısından da büyük önem taşımaktadır. İş parçalara ayrılıp bu parçalar arasından uygun olanlar açık ihale, teklif usulü ihale gibi ihale yöntemleriyle çözülebilir.

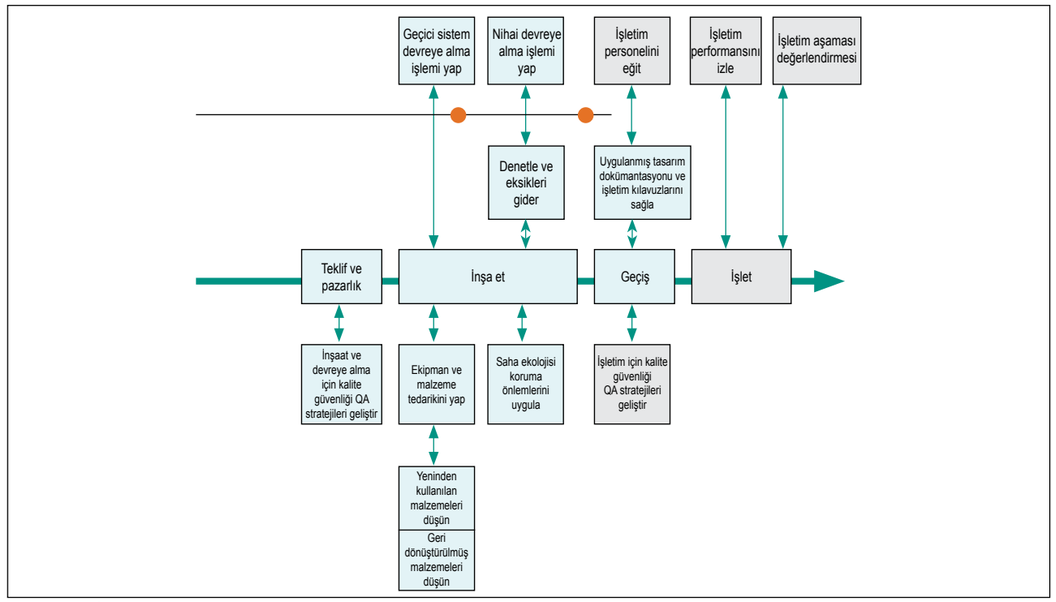
İş ihale edildikten sonra işin doğruluğunun test edilip denenmesi gerekmektedir. Şekil 13 inşaat ve uygulamalar sürecindeki temel adımları göstermektedir.

İnşaat yapımında yeterli tecrübe ve niteliklere sahip teknik elemanlar çalışmalıdır. İnşaatta çalışacak işçilerin yetkili kurumlardan aldıkları ustalık belgelerinin olması ve belgesiz işçilerin çalıştırılmaması gerekmektedir.

Yapıda kullanılacak tüm malzemelerin yetkili bakanlıklarca çıkarılan yerel veya Avrupa Birliği standartlarına uygun olduğunu gösteren belgelendirmeye sahip olması gerekir. Bu belgelerden en az birine sahip olmayan malzemeler yapılarda kullanılmamalıdır.




*Şekil 12: Detaylı tasarım geliştirme sürecinin temal adımları*




*Şekil 13: İnşaat ve uygulamalar sürecindeki temel adımlar*





### 3.12 Yer Teslimi, Mevcut Yapıların Değerlendirilmesi, Arazinin Hazırlanması

İlgili idaresinden inşaat ruhsatı almış proje ile şantiye elektriği ve şantiye suyu bağlanmalıdır. Sahada ilerleyecek aşamalar da göz önünde tutularak şantiye yerleşim planı yapılmalıdır. Bu plan hazırlanırken malzeme boşaltma alanları, teknik ekipman hareket sahaları, işçi yemekhane ve yatakhaneleri, teknik ofislerin yerleri, lojistik ve güvenlik göz önüne alınmalıdır.

Eğer inşaat sahasında vinç kurulumu gündemde ise vinç için en uygun yer tartışılmalı ve bu kurgular yapılacak iksa mesafeleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir.

İnşaat sahasının üzerindeki alan temizlenmeli, sahada erişkin ağaç bulunması durumunda ağaçlar sökülerek başka yere taşınmalıdır. Yüzeydeki verimli toprak tekrar kullanılmak üzere bir bölgede biriktirilmelidir.

Temel kazımı sırasında öncelikle nitelikli nebati (bitkinin yer aldığı) toprak alt tabakadan ayrılmalı ve değerlendirilmek üzere istiflenmelidir. Bu tabakanın altındaki toprak uygun görülen yerlerde değerlendirilmek üzere çıkarılmalı, zemin suyu seviyesine göre palplanş kullanımı veya benzer çözüm gerekliliklerı tartışılmalıdır.

İnşaat alanında çalışmaya başlanırken ilk olarak şantiye kurulacak alan belirlenir. Şantiye alanı mümkünse çit ile kapatılır ve güvenlik sağlanır. Şantiye yönetim binalarının şantiye girişine yakın olması giriş ve çıkışlarda güvenliğin sağlanmasında yardımcı olacaktır. Şantiye binalarının enerji verimli olarak kurulması ve bina işletme dönemine açılana kadar şantiyede çalışması gereken işçi ve teknik personelin ihtiyaçları için harcanacak enerji mümkünse rüzgâr, güneş gibi enerji kaynakları kullanılarak sağlanmalıdır. Şantiye kurulup inşaat başlanmadan önce iş ve işçi güvenliği ile ilgili tüm tedbirler alınmalıdır.

Temel için kazı yapmadan önce, inşaat sahasının durumuna göre temel kazısı için gerekebilecek iksa sistemleri gibi özel tedbirler mutlaka alınmalıdır. Temel yapımı öncesi gerekmesi durumunda zemin iyileştirmesi yapılmalıdır.

İnşaat alanları herzaman boş ve yapılaşmadan arınmış alanlar olmayabilir. İçinde mevcut yapılar bulunan arazilerde öncelikle bu yapıların yeniden değerlendirilmesi yoluna gidilmeli, bunun mümkün olmadığı durumlarda (mevcut yapının yeni işlevsel gereklerin bir parçası haline getirilmesi mümkün olmadığında), yıkım kararı alınmalıdır. Mevcut yapı, korumaya tabi tarihi bina ise, yapıyı korumak ve durumunu iyileştirmek için her türlü çaba gösterilmelidir. Yapım sahasında yer alan ancak; tarihi özelliği olmayan, yeterli deprem güvenliği bulunmayan, yapılacak proje bütünü ile uyumsuz, enerji verimlilik şartlarını sağlamayan, yürürlükteki yönetmelik şartlarını sağlaması için yapılması gereken onarım maliyeti çok yüksek olup onarım ve güçlendirme sonrası kullanıcı konforunu sağlayamayacak mevcut yapılar yıkılarak alandan kaldırılmalıdır. Yıkılacak yapılar için, söküm ilk seçenek olmalıdır, yıkım ise yalnız ve yalnız mevcut malzeme ve bileşenlerin kullanılamayacağı durumlarda uygulanmalıdır.

Öte yandan korunmasına karar verilen mevcut yapılar gerek taşıyıcı sistem ve deprem güvenliği gerekse malzeme niteliği açısından değerlendirilmelidir. Önceden inşa edilmiş yapılarda günümüzde tehlikeli olduğu bilinen ve kullanımı yasaklanmış malzemeler kullanılmış olabilir. Asbest gibi inşaat sektöründe çok kullanılmış malzemeler buna örnektir. Bu nedenle yıkılacak binada buna benzer kullanımlar olup olmadığı kontrol edilmeli eğer kullanım tespit edilirse gerekli önlemler alındıktan sonra yıkım gerçekleştirilmelidir. Yıkım için "İnşaat tüm risk" sigortası yaptırılması tavsiye edilir. Yıkım fenni mesulun nezaretinde yapılmalıdır.

***Yıkım sırasında gerekli tüm önlemler alınmalıdır. Bu önlemler:***

- Yıkılacak binada canlı kalmadığının son kontrolünün yapılması,

- Emniyet şeritlerinin çekilerek, çevre emniyet tedbirlerinin alınması,
- Hafriyat kamyonlarının kazaya meydan vermemesine dikkat edilmesi,
- Uyarı, önlem ve iş güvenliği tabelalarının konulması,
- Yıkım planı hazırlanması,
- Yıkım sonrası enkazın hiçbir kazaya olanak vermemesi için ivedilikle kaldırılması olarak sıralanabilir.
- Yıkım sonrasında çıkan atık, atık yönetimi prensiplerine göre bertaraf edilmelidir.

### 3.13 Yeniden Kullanılabilir Yapı ve Malzemenin Yerinde Değerlendirilmesi

Yıkılacak binadan sökülen malzemelerden iyi durumda olanlar tekrar kullanılmalıdır. Bu kullanım aynı şantiye içinde olabileceği gibi farklı yerlerde de olabilir. Ülkemizde çıkma malzemeler toplanıp ihtiyaç sahiplerine satılmaktadır. Bu geri dönüşümün en güzel örneklerindendir. Satışlar genellikle belirli alanlarda toplanmış ikinci el satış alanlarında yapılmaktadır.

Kapı, pencere, demir parmaklıklar, kiremitler gibi inşaat yıkımından çıkan malzemeler uygun olması durumunda yeni yapılacak yapılarda tekrar kullanılabilir.

Sökülen malzemeler ve bileşenlerin yeni yapıda yeniden kullanım için uygun olması durumunda, büyük ölçüde maddi tasarruf ve gömülü enerji tasarrufu mümkündür. Yeniden kullanılabilir bileşenler, yapısal elemanlar ve pencereleri içerebilir; ancak şantiye şefi tarafından yeniden kullanım için onaylanmalıdır.

### 3.14 Geri Dönüşümlü Malzemenin Kullanımının Değerlendirilmesi

Sürekli değişen yapı malzemeleri teknolojileriyle yeni ve fonksiyonel ürünler üretilirken göz ardı edilemeyecek çevre sorunlarını da beraberinde getirebilmektedir. Her yapı malzemesinin ya da yapı elemanının üretimi hammadde kullanımının yanında enerji tüketimlerine ve birçok atık ve emisyonlara sebep olabilmektedir. Özellikle ürünlerin tüm yaşam döngüsü aşamaları irdelenerek değerlendirme yapıldığında konunun önemi anlaşılmaktadır. O nedenle yapılarda kullanılan malzemelerin seçimi, kullanımı ve yaşam sonundaki bertarafları sürdürülebilir bir gelecek ve yapı sektörü için kaçınılmazdır.

Türkiye'de büyüyen inşaat sektörü ile birlikte inşaat atıklarının da giderek arttığı söylenebilir. Kaynakların giderek tükendiği dünyamızda özellikle gelişmiş ülkelerde atıkların yeni bir kaynak olarak değerlendirildiğini ve atıkların tekrardan kullanılabildiği döngüsel ekonomiye bir geçiş isteği olduğu görülmektedir. Yüksek oranda kaynak tüketen bir sektör olan yapı sektörü, özellikle Türkiye'de gelişmekte olan kentsel dönüşüm ile yüksek oranda bir atık potansiyeli ortaya çıkacaktır. Atıkların değerlendirildiğinde katma değer yarattığı, aksi halde bulunduğu çevreye zarar verdikleri unutulmamalıdır. Sürdürülebilir yapıların temelinde minimum kaynak kullanımı yatmalıdır ve bu geri dönüşüm malzemesi ve tekrar kullanım ile başarılabilir. Bu sayede binaların gömülü karbon ve enerji değerlerinde de düşüş sağlanabilecektir.

Geri kazanılan ve tekrar kullanılan bir tuğla, yeni bir tuğla üretimini engelleyerek gerekli olan doğal hammadde kullanımını ve enerji tüketimlerini önleyecektir. Bu sayede uygun olan malzeme ve yapı elemanlarında geri dönüşümün teşvik edilmesinin kaynak ve enerji verimliliğini sağlayacağı unutulmamalıdır. Agrega, cam, plastik, kauçuk gibi birçok malzeme yapılarda geri dönüşüm malzemesi olarak kullanılabilir. Bu malzemelerden yeni yapı ürünleri yapılabilir. Örneğin Türkiye'de geri dönüşüm agrega kullanımı ön plana çıkmaktadır. Daha önce inşaatta kullanılmış malzemelerin tekrar işlenmesiyle üretilen geri dönüşüm agregası ya da demir-çelik cürufu, uçucu kül gibi sanayi kaynaklı ikincil agrega kullanımı özellikle teşvik edilmelidir. Bu sayede, birincil yani doğadan elde edilen agrega kullanımının azaltılması yönünde yoğun çabalara destek verilmiş olunur. Bu tür atıklardan katma değeri yüksek ürünler elde ederek geri dönüşüm kaynaklı potansiyel daha da artırılabilir.

Geri dönüştürülmüş malzemelerin yeni bileşenlerde kullanılması yerel geri dönüşüm sektörünün mevcut olmasına ve bileşen üreticilerinin kendi ürünlerinde geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanmaya istekli olmalarına bağlıdır. Yeniden kullanılan bileşenlerde olduğu gibi, gömülü enerjide önemli tasarruflar mümkündür; ve yine, yerel sektörün alışkanlıkları arasında değilse, yeni bileşenlerin onaylanması sorunlu olabilir.

### 3.15 İnşaat Atık Yönetimi

İnşaat endüstrisinin çevre dostu aktiviteler içerdiği söylenemez. Ancak alınacak önlemlerle çevreye verilen zararlar en aza indirgenebilir ve kaynakların korunması büyük ölçüde sağlanabilir. Bu önlemlerin başında, inşaat atıklarını azaltmak, atık yönetim planları hazırlamak, bu planların uygulanmasını ve izlenmesini sağlamak gelmektedir. Atık yönetim planları; hafriyat, inşaat, yapı kullanım, tadilat ve yıkım aşamalarında oluşan atıkların tanımlanması, akışın kontrol edilmesi ve raporlanması amacıyla kullanılır. Hafriyat, inşaat ve yıkıntı atıkları için hazırlanacak planlar; tasarım ve inşaat öncesi, inşaat aşaması ve inşaat sonrası olmak üzere 3 ayrı kademede bir dizi uygulama içermektedir. Buna ek olarak yapının kullanımı aşaması için de bir atık yönetim planı hazırlanabilir.

Atıkların azaltılması için atığı oluşturan nedenleri belirlemek ve bu nedenleri kategorilere ayırmak önemli bir adımdır. İnşaat atıklarının oluşmasının başlıca nedenleri:

- Tasarım aşamasındaki hatalar, karmaşık ve sıkça değiştirilen inşaat teknik şartnameleri,
- İnşaat sahası atık yönetim planının hazırlanmaması ya da hazırlanan planın izlenmemesi,
- Saha denetiminin yapılmaması ya da yetersiz olması,
- Lojistik planlama eksikliği; ihtiyaçtan fazla miktarda, hatalı veya yanlış zamanda yapılan inşaat malzemesi tedarikleri,
- İnşaat malzemelerinin taşınması, depolanması ve kullanımı konusunda özensiz olunması,
- Kalitesiz işçilik ya da imalat hataları,
- Taşeronlara/işçilere inşaat atıkları yönetimi konusunda yeterli eğitimin verilmemesi,

olarak sıralanabilir.

Ayrıca atık önlemenin teşvik edici etkenlerini belirlemek de, inşaat atıklarının azaltılmasına büyük katkı sağlayacaktır. Bu etkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

- Çevresel etkenler: Özellikle depolama alanları kullanımının azaltılması çevresel faydalar sağlayacaktır.
- Hukuksal etkenler: Atık yönetim planlarının hazırlanması zorunluluğu ve depolama alanı vergisi veya depolama yasağı atık önlemeyi teşvik edecektir.
- Ekonomik etkenler: Atık bertaraf ve hammadde satın alma maliyetleri atık önlemenin ekonomik faydalarıyla direk olarak ilgilidir.
- İş etkenleri: Atık azaltma gibi sürdürülebilir uygulamalara artan talepler ve kurumsal sosyal sorumluluk projeleri bu alandaki önemli etkenlerdir.

### 3.16 İnşaat Sürecinin Yönetimi

Bu bölüm, inşaat sürecinin en önemli aşamalarından biri olup daha önce ortaya konulan kalite kontrol prosedürlerinin uygulanmasını içerir.

İnşaat yapım kalitesini sağlamak üzere gerekli kalite kontrol prosedürleri ve tedbirleri alınmalıdır. İnşaatta

çalışacak tüm yüklenicilerle sözleşme yapılması ve sözleşme şartlarının gerekliliklerine uygun imalat yapılması sağlanmalıdır.

Çalışan tüm işçilerin uzmanlık ya da ustalık sertifikasına sahip olması sağlanmalıdır.

İnşaat yapımı sırasında oluşacak atıkların mümkünse tekrar kullanımı veya geri dönüşümü için gerekli önlemler alınmalıdır.

İnşaat yapımı sırasında, inşaatta çalışan işçilerin güvenliği için ve ayrıca inşaatın şehir içinde olması durumunda etraftaki insan ve yapıların güvenliğinin sağlanması için tedbirler alınmalıdır.

Yapım her aşamada detaylı ve dikkatli olarak denetlenmeli, projelere aykırı bir imalata kesinlikle izin verilmemelidir. Yapılan imalatlar sürekli takip edilmeli ve yapılmış durumu gösteren çizim paftaları hazırlanmalıdır.

### 3.17 Bina İnşaatının İzlenmesine Yönelik Enerji Simulasyonlarının Yapılması

Binayı "inşa edildiği haliyle" yansıtan enerji modellerinin gerçeğe yakın tahmin sunması nedeniyle oldukça büyük önemi vardır. Bu modeller, enerji verimliliğini doğrulamaktadır, mevzuata uygunluğu doğrulamaktadır, ölçüm ve izleme için sahneyi hazırlamaktadır.

Nihai model, binanın inşa edilmiş olduğu halini temsil etmekte ve işletim, bakım ve tadilatlar için kullanılabilmektedir. Bu modeller sıklıkla LOD 400[5] modellerden daha az ayrıntı istemekte, dolayısıyla kritik bilgilere çabuk ve kolay biçimde erişilebilmektedir.

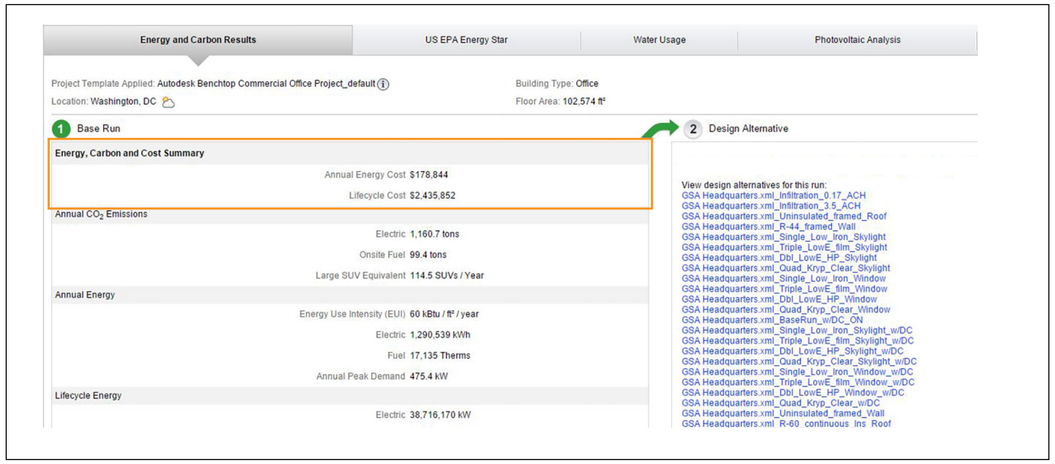
Hatta, altyapı hizmet faturaları, sensörler ve süzme sayaçlardan gelen gerçek zamanlı verilerle birlikte kullanıldığında, zaman içinde binada enerji kullanımının izlenmesi ve görsellenmesi için de kullanılabilmektedir.

- Enerji kullanımının ve maliyetlerin alternatiflerinin görülmesi ile yenilenebilir enerji alternatiflerini anlamak , tüm bina enerji analizini yapmak üzere Autodesk® Green Building Studio®[6] gibi programlar kullanılabilmektedir. (Bkz. Şekil 14).
- Bu enerji modelleme yazılımı, binanın hemen hemen tüm yönleri için karbon emisyon raporlaması sağlar. Bu örnekte, karbon nötr potansiyeli, yerinde yenilenebilir enerji, doğal havalandırma potansiyeli, yerinde yakıt ve ayrıca biyo-yakıt kullanımı ayrıntılandırılmaktadır. Bu hesaplamada, binanın karbon ayak izini azaltmak için bir tahmin yapılmıştır. (Bkz. Şekil 15).
- Yenilenebilir enerji kaynağı seçenekleri, binanın bulunduğu bölge içinde bulunan elektrik santrali kaynaklarına dayanmaktadır. (Bkz. Şekil 16).
- Fotovoltaik potansiyeli bölümü, binanın en iyi performans gösteren dış yüzeylerinin tamamına güneş enerjisi panelleri takıldığında ne kadar enerji üretilebileceğini hesaplamaktadır. (Bkz. Şekil 17).
- Rüzgar enerjisi potansiyeli bölümü, binanın konumu için rüzgar verilerine dayalı olarak rüzgar türbinlerinin kullanılmasından elde edilen enerji kazancını hesaplamaktadır. (Bkz. Şekil 18).
- Doğal havalandırma potansiyeli bölümü, mekanik soğutma yüklerini azaltma fırsatları, muhtemel enerji tasarrufları ve yıllık enerji maliyeti tasarruflarını hesaplamaktadır. (Bkz. Şekil 19).

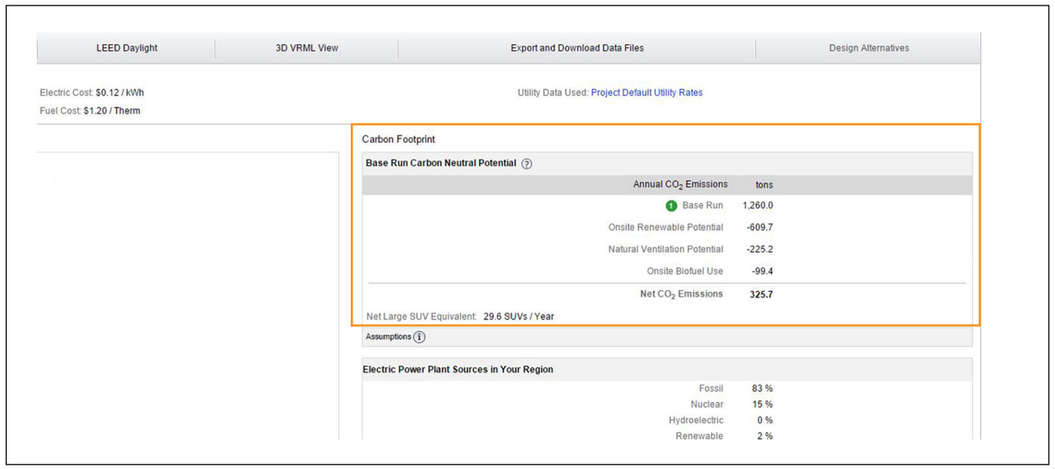
[5] LOD (Level Of Development veya Level Of Detail) tablosunun modellemeye başlamadan önce gerekli bilgileri içerecek şekilde hazırlanması gerekmektedir. LOD tablosu, modellemede kullanılacak olan elemanların hangi detayda hazırlanması gerektiğini ve ne kadar bilgi içermeleri planlandığını tarif etmektedir. Elemanların içermesi gereken bilgi seviyeleri farklı kuruluşlar ve firmalar tarafından LOD numaraları ile tanımlanmaktadır.
LOD seviyesinin tanımlanması için günümüzde en yaygın olarak kullanılan referans AIA (The American Institute of Architects) tarafından yayınlanmış olan AIA Document E202-2008 ve AIA Document E203 -2013 dokümanlarıdır. Bu dokümanda LOD seviyeleri LOD 100 den LOD 500' e kadar sınıflandırılmıştır. Bu tanımlamaların genel olarak ifade ettikleri; LOD 100 Konsept Modelleme ve Master Planlama , LOD 200 Genel Modelleme ve Şematik Dizayn, LOD 300 Kesin modelleme ve shop drawing, LOD 400 İmalat ve Montaj için modelleme , LOD 500 As-built modelleme ve İşletme şeklinde tarif edilebilir. LOD tablosunun modelleme başlamadan önce sistemler ve elemanlar için yapılması, BIM modelin neleri içerip içermeyeceğini tarif etmesi, modelin içerdiği bilgilerin hangi seviyede kesin olduğunun bilinmesi ve her personelin neden sorumlu olduğunun bilinmesi açısından önem taşımaktadır.








*Şekil 14: Örnek bir modelin enerji maliyeti ve karbon emisyonu sonuçları*



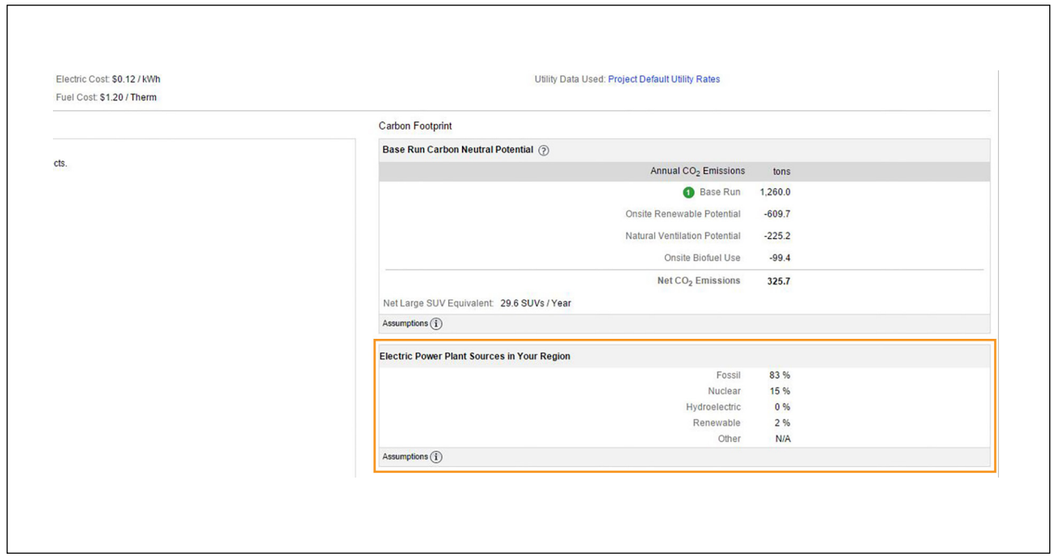

*Şekil 15: Yenilenebilir enerji alternatiflerinin örnek bir modele olan etkisine yönelik sonuçlar*

[6] Autodesk® Green Building Studio® Optimum Orientation Guide

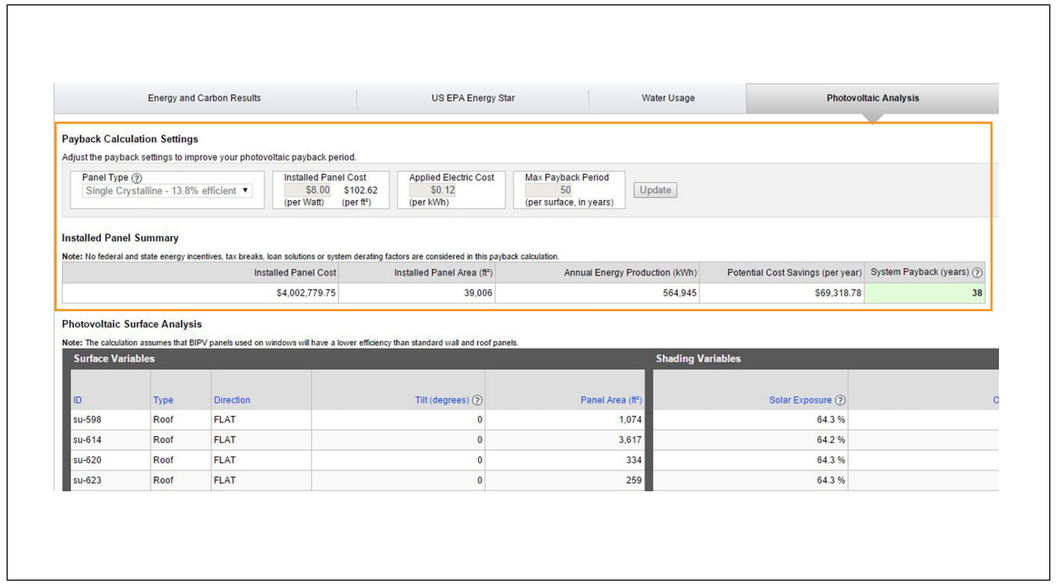
1. Menü çubuğunda My Projects [Projelerim] sekmesine tıklayın ve Create a New Project [Yeni Proje Oluştur]'u seçin.
2. Beş adımın 1nci Adımı: Create a New Project [Yeni Proje Oluştur] sürecinde Project Name [Proje Adı]'nı elle girin, Building Type [Bina Tipi], Schedule [Program], Project Type [Proje Tipi] seçin, ve Next [Sonraki]'ne tıklayın.
3. Building Type [Bina Tipi], Schedule [Program]'daki yıldız işareti, proje için bu değerler girilip program çalıştırıldıktan sonra bu değerlerin değiştirilemeyeceğini bildirmektedir.
4. Beş adımın 2nci Adımı: Adresi elle girin.
5. Adres mevcut değilse, şehir ve devlet (eyalet) adı ve posta kodunu girin. Sonra binayı elle, fiziksel konumunuza sürükleyin.
6. Binayı doğru biçimde konumladıktan sonra, "This is my correct project location" [Projemin doğru konumu burasıdır] yazılı kutuyu seçin (ekrandaki haritanın altında bulunmaktadır) sonra Next [Sonraki]'ne tıklayın.
7. Beş adımın 3ncü Adımı: İstasyonlar listesinden Weather Station [Meteoroloji İstasyonu] seçin. Varsayılan konum yeterli olsa gerekir. Ancak, ekranın sağında bulunan menüde başka seçenekler de vardır. Next [Sonraki]'ne tıklayın.
8. Beş adımın 4ncü Adımı: Şehir, posta kodu, altyapı hizmet maliyeti bilgilerini kontrol edin ve Next [Sonraki]'ne tıklayın.
9. Son olarak Beş adımın 5nci Adımı: Proje için kullanım şartlarını kabul edin ve Next [Sonraki]'ne tıklayın.
10. My Projects [Projelerim] menüsünde, yeni Project Name [Proje Adı]'na tıklayın. Yeni bir menü açılır, Create a New Run [Yeni Deneme Oluştur] başlığının altında Browse gbXML File [gbXML Dosyasını Ara]'ya tıklayın, .xml dosyasını bulun, açılır menünün en altında Create a New Run [Yeni Deneme Oluştur]'u tıklayın. Bu modelin bilgilerine dayalı sonuçlar hazırdır.
11. Project Runs [Proje Denemeleri] menüsünde, Design Alternative [Tasarım Alternatifi] sekmesi, yapıyı 15°lik artımlarla döndürmek suretiyle alternatif yönelimler hakkında geri bildirim sağlar. Binanın her artımsal yönelimi için ayrı analiz oluşturulabilir. Geri bildirim, her yönelim için yıllık enerji giderini içerecektir.

- Green Building Studio tasarım alternatiflerini kullanarak, enerji kullanımına dayalı optimum yönelim belirlenebilmektedir. (Bkz. Şekil 20).
- İnşaat süreci tamamlandığında, diğer bir enerji simülasyonu yapılmalıdır. Çünkü, inşaat çizimleri ve spesifikasyonların hazırlandığı zamandan bu yana tasarım ve bileşenlerde değişiklikler olabilmektedir. (Bkz. Şekil 20a ve 20b).

### 3.18 İşletmeye Alınma Süreci



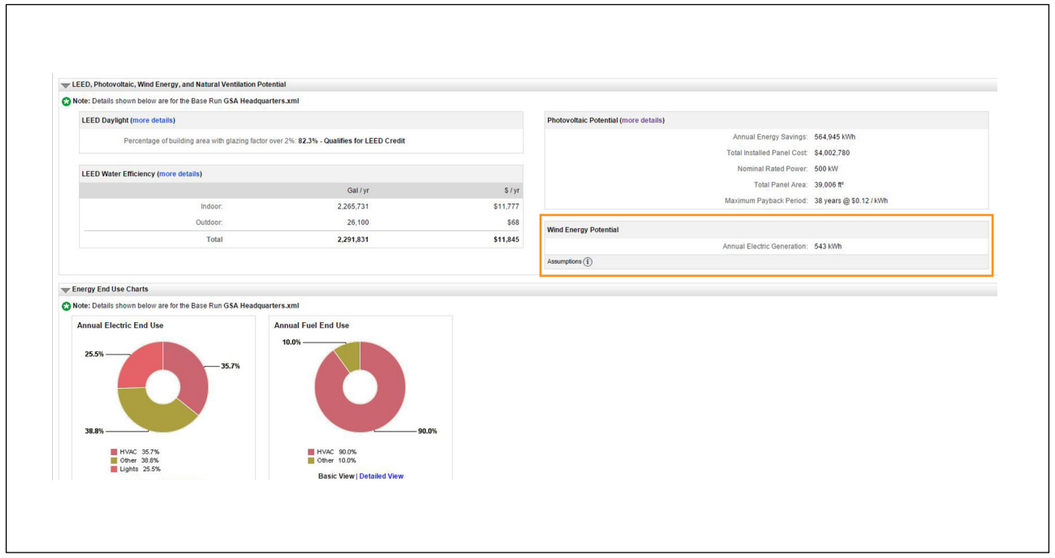

*Şekil 16: Örnek modelin oluşturulduğu yerdeki elektrik santrali kaynaklarının tüm sonuçlara etkisi*



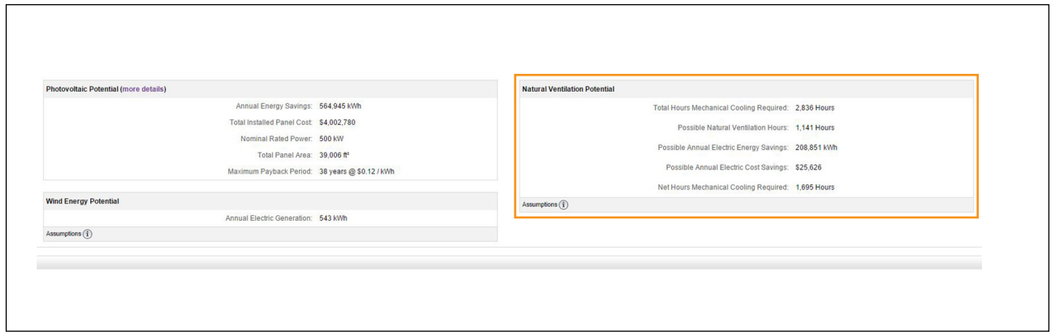

*Şekil 17: Örnek model için güneş potansiyelinin tüm sonuçlara etkisi*








*Şekil 18: Örnek model için rüzgar potansiyelinin tüm sonuçlara etkisi*



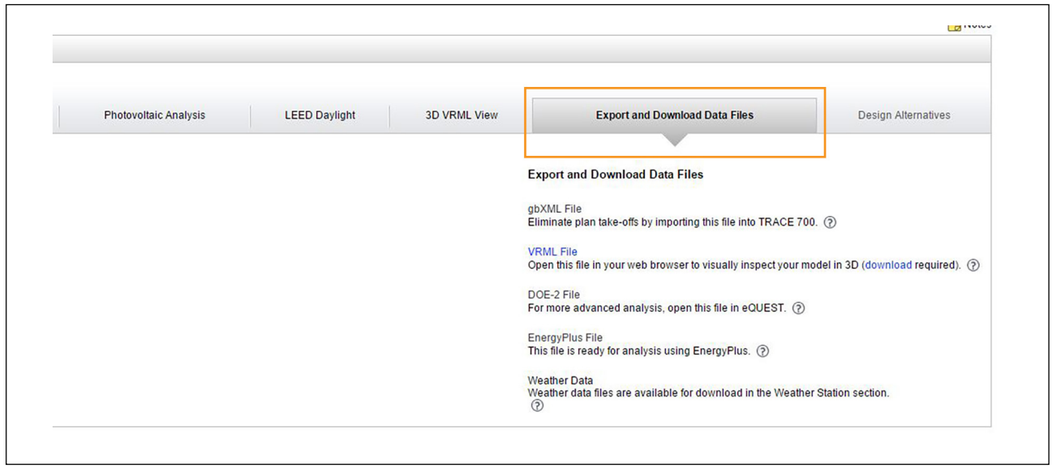

*Şekil 19: Örnek model için doğal havalandırmanın tüm sonuçlara etkisi*

Yapı devreye alınırken yapıdaki tüm ekipman ve sistemlerin işlevine uygun çalıştığı kontrol edilmelidir. Uygun şekilde çalışan sistemi kullanmak üzere gerekli personel eğitilmeli ve bu sistemlerin sadece eğitimli personel tarafından kullanılması sağlanmalıdır.

Devreye alma, toplam kalite güvence sürecinin bir parçası olmalıdır. Devreye alma sürecinin kapsamı, projenin karmaşıklığına bağlıdır. Devreye almanın amacı, tamamlanan binanın tasarım amaçları ve inşaat dokümanlarına uygun olduğunu kontrol etmektir. Devreye alma süreci, sermaye maliyetinin %0,5 ila %1,5'i arasındadır, ancak örneğin ilaç kimyası fabrikaları gibi çok karmaşık binalar için, devreye alma maliyeti inşaat maliyetine eşit olabilmektedir.

*Şekil 20: Farklı tasarım parametrelerine göre senaryolar oluşturulması*

Kışları soğuk olan bölgelerde devreye almanın hayati bölümlerinden birisi de, kaçak bölgelerini tespit etmek amacıyla dış zarfın termografik analizinin yapılmasıdır.




*Şekil 20a: Örnek bir modelin enerji ve karbon sonuçlarını gösteren tablo*





| | | | Total Annual Cost | | | Total Annual Energy | | | Annual | | | Potential Energy Savings | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Run Name | Floor Area (m²) | Energy Use Intensity (MJ / m² / year) | Electric | Fuel | Energy | Electric (kWh) | Fuel (MJ) | Carbon Emissions (Mg) | WaterUse (L) | Rainwater Harvesting (L) | Photovoltaic (kWh) | Wind Turbine (kWh) | Natural Ventilation (kWh) | Potential Net Carbon Emissions (Mg) |
| Autodesk Benchfoo Project - Commercial Office WashingtonDC USA | | | | | | | | | | | | | | |
| GSA Headquarters.xml | 9,529 | 677 | $158,349.1 | $20,494.6 | $178,843.8 | 1,290,539 | 1,807,793 | 1,143.1 | 5,424,793 | 0 | 564,945 | 543 | 208,851 | 296 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) | 9,529 | 593 | $157,615.8 | $11,667.4 | $169,283.1 | 1,284,562 | 1,029,159 | 1,098.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 121,641 | 375 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) | 9,529 | 595 | $158,972.4 | $11,387.0 | $170,359.5 | 1,295,619 | 1,004,431 | 1,108.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 122,986 | 384 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) + Windows | 9,529 | 592 | $156,705.1 | $11,848.0 | $168,553.1 | 1,277,140 | 1,045,088 | 1,091.9 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 121,874 | 367 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) + Windows | 9,529 | 597 | $159,425.3 | $11,433.2 | $170,858.5 | 1,299,310 | 1,008,498 | 1,111.8 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 124,281 | 387 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) + Windows +HVAC | 9,529 | 568 | $151,412.3 | $11,052.6 | $162,464.8 | 1,234,004 | 974,926 | 1,046.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 106,168 | 341 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) + Windows +HVAC | 9,529 | 576 | $154,677.3 | $10,766.0 | $165,443.4 | 1,260,614 | 949,652 | 1,071.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 108,039 | 365 |
| GSA Headquarters.xml_+ Roof(R30) + Windows +HVAC | 9,529 | 573 | $154,128.0 | $10,671.4 | $164,791.4 | 1,256,072 | 941,304 | 1,066.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 108,275 | 360 |
| GSA Headquarters.xml_+120 | 9,529 | 776 | $157,168.4 | $31,573.1 | $188,741.5 | 1,280,916 | 2,785,009 | 1,182.4 | 5,424,793 | 0 | 514,120 | 543 | 172,541 | 371 |
| GSA Headquarters.xml_+30 | 9,529 | 767 | $155,493.3 | $31,165.2 | $186,658.5 | 1,267,264 | 2,749,028 | 1,167.3 | 5,424,793 | 0 | 590,423 | 543 | 167,382 | 288 |
| GSA Headquarters.xml_+30_BL | 9,529 | 754 | $173,007.5 | $23,917.2 | $196,924.7 | 1,410,004 | 2,109,695 | 1,275.0 | 5,424,793 | 0 | 590,423 | 543 | 253,930 | 343 |
| GSA Headquarters.xml_+60 | 9,529 | 774 | $156,601.9 | $31,567.8 | $188,169.6 | 1,276,299 | 2,784,534 | 1,177.9 | 5,424,793 | 0 | 623,473 | 543 | 169,725 | 263 |
| GSA Headquarters.xml_+60_BL | 9,529 | 773 | $176,673.0 | $24,725.0 | $201,398.0 | 1,439,878 | 2,180,945 | 1,307.8 | 5,424,793 | 0 | 623,473 | 543 | 257,276 | 337 |
| GSA Headquarters.xml_+90 | 9,529 | 773 | $157,037.1 | $31,326.6 | $188,363.7 | 1,279,846 | 2,763,260 | 1,180.3 | 5,424,793 | 0 | 587,430 | 543 | 172,529 | 299 |
| GSA Headquarters.xml_+90_BL | 9,529 | 767 | $176,697.9 | $24,071.3 | $200,769.2 | 1,440,081 | 2,123,284 | 1,305.1 | 5,424,793 | 0 | 587,430 | 543 | 259,160 | 371 |
| GSA Headquarters.xml_0 | 9,529 | 676 | $159,323.6 | $19,999.6 | $179,323.2 | 1,298,481 | 1,764,129 | 1,148.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 210,533 | 302 |
| GSA Headquarters.xml_0.17 ACH | 9,529 | 678 | $159,258.0 | $20,277.5 | $179,535.5 | 1,297,946 | 1,788,639 | 1,149.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 209,545 | 302 |
| GSA Headquarters.xml_0.2 ACH | 9,529 | 679 | $159,211.0 | $20,445.9 | $179,656.8 | 1,297,563 | 1,803,491 | 1,149.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 209,021 | 302 |
| GSA Headquarters.xml_0.3 Wisf | 9,529 | 607 | $125,719.8 | $23,807.9 | $149,527.6 | 1,024,611 | 2,100,049 | 897.5 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 179,147 | 64 |
| GSA Headquarters.xml_0.4 ACH | 9,529 | 688 | $159,096.1 | $21,447.8 | $180,543.9 | 1,296,627 | 1,891,872 | 1,153.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 206,863 | 303 |
| GSA Headquarters.xml_0.4 Wisf and Control Off | 9,529 | 616 | $130,425.4 | $23,200.6 | $153,626.1 | 1,062,962 | 2,046,487 | 932.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 183,581 | 98 |
| GSA Headquarters.xml_0.4 Wisf and Control On | 9,529 | 614 | $129,267.6 | $23,362.0 | $152,629.7 | 1,053,526 | 2,060,721 | 923.9 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 182,331 | 90 |
| GSA Headquarters.xml_0.5 Wisf | 9,529 | 626 | $135,084.6 | $22,661.6 | $157,746.2 | 1,100,934 | 1,998,936 | 967.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 187,718 | 131 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 ACH | 9,529 | 699 | $159,054.7 | $22,567.8 | $181,622.5 | 1,296,289 | 1,990,668 | 1,157.8 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 204,583 | 305 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf | 9,529 | 594 | $118,506.3 | $24,710.5 | $143,216.8 | 965,822 | 2,179,665 | 844.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 172,500 | 13 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off | 9,529 | 634 | $139,769.4 | $21,966.4 | $161,735.8 | 1,139,115 | 1,937,616 | 1,001.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 192,438 | 163 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.0 | 9,529 | 634 | $139,769.4 | $21,966.4 | $161,735.8 | 1,139,115 | 1,937,616 | 1,001.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 192,438 | 163 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.0 | 9,529 | 638 | $139,751.4 | $22,453.9 | $162,205.3 | 1,138,968 | 1,980,617 | 1,003.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 191,013 | 165 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.D | 9,529 | 634 | $139,769.4 | $21,966.4 | $161,735.8 | 1,139,115 | 1,937,616 | 1,001.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 192,438 | 163 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control On | 9,529 | 631 | $138,071.1 | $22,207.3 | $160,278.5 | 1,125,274 | 1,958,870 | 989.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 190,575 | 152 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.0 | 9,529 | 634 | $139,769.4 | $21,966.4 | $161,735.8 | 1,139,115 | 1,937,616 | 1,001.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 192,438 | 163 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.0 | 9,529 | 638 | $139,751.4 | $22,453.9 | $162,205.3 | 1,138,968 | 1,980,617 | 1,003.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 191,013 | 165 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control Off-inf.D | 9,529 | 634 | $139,769.4 | $21,966.4 | $161,735.8 | 1,139,115 | 1,937,616 | 1,001.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 192,438 | 163 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control On | 9,529 | 631 | $138,071.1 | $22,207.3 | $160,278.5 | 1,125,274 | 1,958,870 | 989.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 190,575 | 152 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control On-inf.0. | 9,529 | 631 | $138,071.1 | $22,207.3 | $160,278.5 | 1,125,274 | 1,958,870 | 989.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 190,575 | 152 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control On-inf.0. | 9,529 | 636 | $138,023.1 | $22,751.2 | $160,774.3 | 1,124,883 | 2,006,841 | 991.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 189,172 | 153 |
| GSA Headquarters.xml_0.6 Wisf and Control On-inf.De | 9,529 | 631 | $138,071.1 | $22,207.3 | $160,278.5 | 1,125,274 | 1,958,870 | 989.0 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 190,575 | 152 |
| GSA Headquarters.xml_0.7 Wisf | 9,529 | 644 | $144,542.8 | $21,467.2 | $166,010.1 | 1,178,018 | 1,893,587 | 1,037.3 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 196,620 | 197 |
| GSA Headquarters.xml_0.78 Wisf | 9,529 | 612 | $127,566.4 | $23,649.3 | $151,215.8 | 1,039,661 | 2,086,066 | 911.6 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 180,800 | 77 |
| GSA Headquarters.xml_0.8 ACH | 9,529 | 712 | $159,129.4 | $24,032.4 | $183,161.8 | 1,296,898 | 2,119,854 | 1,164.9 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 202,887 | 308 |
| GSA Headquarters.xml_0.8 Wisf | 9,529 | 654 | $149,293.5 | $21,012.7 | $170,306.2 | 1,216,736 | 1,853,489 | 1,073.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 201,268 | 231 |
| GSA Headquarters.xml_0.9 Wisf | 9,529 | 664 | $154,115.6 | $20,467.1 | $174,582.7 | 1,256,036 | 1,805,364 | 1,109.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 205,552 | 265 |
| GSA Headquarters.xml_0.9 Wisf and Control Off | 9,529 | 664 | $154,115.6 | $20,467.1 | $174,582.7 | 1,256,036 | 1,805,364 | 1,109.2 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 205,552 | 265 |
| GSA Headquarters.xml_0.9 Wisf and Control On | 9,529 | 659 | $151,443.8 | $20,809.4 | $172,253.2 | 1,234,261 | 1,835,556 | 1,089.4 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 203,041 | 246 |
| GSA Headquarters.xml_01 | 9,529 | 676 | $159,327.2 | $19,999.5 | $179,326.6 | 1,298,510 | 1,764,116 | 1,148.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 210,549 | 302 |
| GSA Headquarters.xml_04 | 9,529 | 667 | $159,024.4 | $19,204.4 | $178,228.8 | 1,296,042 | 1,693,986 | 1,142.8 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 212,126 | 298 |
| GSA Headquarters.xml_05 | 9,529 | 673 | $159,130.0 | $19,758.3 | $178,888.3 | 1,296,903 | 1,742,847 | 1,146.1 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 210,352 | 300 |
| GSA Headquarters.xml_06 | 9,529 | 670 | $159,200.8 | $19,407.1 | $178,607.9 | 1,297,480 | 1,711,866 | 1,145.1 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 212,008 | 299 |
| GSA Headquarters.xml_07 | 9,529 | 667 | $159,024.4 | $19,204.4 | $178,228.8 | 1,296,042 | 1,693,986 | 1,142.8 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 212,126 | 298 |
| GSA Headquarters.xml_08 | 9,529 | 669 | $171,056.2 | $15,337.0 | $186,393.2 | 1,394,101 | 1,352,853 | 1,221.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 269,344 | 338 |
| GSA Headquarters.xml_09 | 9,529 | 669 | $171,056.2 | $15,337.0 | $186,393.2 | 1,394,101 | 1,352,853 | 1,221.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 269,344 | 338 |
| GSA Headquarters.xml_1.0 Wisf | 9,529 | 632 | $138,682.2 | $22,133.0 | $160,815.2 | 1,130,254 | 1,952,313 | 993.5 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 191,303 | 156 |
| GSA Headquarters.xml_1.0 Wisf | 9,529 | 675 | $158,926.3 | $20,039.3 | $178,965.7 | 1,295,243 | 1,767,634 | 1,145.7 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 210,000 | 299 |
| GSA Headquarters.xml_1.1 Wisf | 9,529 | 685 | $163,732.4 | $19,562.7 | $183,295.0 | 1,334,412 | 1,725,589 | 1,181.9 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 214,525 | 333 |
| GSA Headquarters.xml_1.2 ACH | 9,529 | 737 | $159,644.4 | $26,565.3 | $186,209.7 | 1,301,095 | 2,343,280 | 1,180.1 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 200,733 | 314 |
| GSA Headquarters.xml_1.2 Wisf | 9,529 | 653 | $148,975.5 | $21,005.5 | $169,980.9 | 1,214,144 | 1,852,854 | 1,070.6 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 200,795 | 229 |
| GSA Headquarters.xml_1.2 Wisf | 9,529 | 696 | $168,615.3 | $19,104.7 | $187,720.0 | 1,374,208 | 1,685,192 | 1,218.8 | 5,424,793 | 0 | 565,003 | 543 | 219,133 | 367 |

*Şekil 20b: Örnek modelin farklı açılarla yerleştirilmesine yönelik oluşturulan toplam yıllık enerji tüketimi, maliyeti, elektrik kullanımı gibi senaryoların yer aldığı tablo.*

### 3.19 İşletme Personelinin Eğitimleri

Günümüzde binalar çok daha teknolojik duruma gelmektedir. Ülkemizde çıkan yönetmeliklerle yeni binalarda merkezi sistem ısıtma ve soğutma 2000 m² nin üzerindeki yapılarda zorunlu hale gelmiş 10000 m² üzeri binalarda ise merkezi otomasyon sistemleri zorunlu hale gelmiştir. Bu sistemler enerji etkinliğini sağlamak üzere belirli senaryolara göre devreye girmektedirler. Ancak bu sistemleri işletecek yeterli personel bulunamaz ise yapılmış maliyetler boşa gidebilmektedir. Bu nedenle bu sistemlerden sorumlu çalışanlar mutlaka eğitilmelidir. Diğer yandan gelişen teknoloji ve yönetmelikler sebebi ile karmaşık sistemlere sahip binalar içinde yaşayan tüm kullanıcıların bu sistemlere hakim olması düşünülemez. Bu nedenle nihai kullanıcılar da bina sistemlerinin kullanımları konusunda eğitilmelidirler. Büyük ve karmaşık bir binanın verimli biçimde işletilmesi, bina işletmecilerinin bilgi ve becerilerine büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle, tasarımın erken aşamalarında, söz konusu bina tipine aşina olan bir bina işletmecisinin katılması önerilmektedir.

### 3.20 Etkin Bir İşletme İçin Kullanıcı Eğitimleri

Özellikle HVAC sistemlerinin kontrolü, açılır-kapanır pencereler, aydınlatma sistemleri ve katı atıkların bertarafını içermek üzere, binaların verimli işletilmesinde, kiracıların örgütlenmesi temel faktörler arasındadır. Kira sözleşmeleri, verimli işletim için teşvikler sağlayacak biçimde tasarlanabilmektedir, ancak yine de sürekli eğitim önemli bir faktördür.

AVM, ofis binaları gibi binalarda ofis alanlarını, dükkanları vb. satın alanlar veya kiralayanlar enerji verimliliği ve işletme konularında bilgilendirilmelidir. Hazırlanacak broşürlerde, kira sözleşmelerinde ve tapu alım

satımı sırasında bu gibi konulara yer verilmelidir. Her bağımsız bölümü işletecek insanların kendi kendilerine iş yapması, kontrol dışı sistem kurmaları engellenmelidir.

Bina sakinleri ve kiracılar için eğitim programları, sistemlerin amacına uygun olarak kullanılması suretiyle mekan içinde daha fazla ortamsal konforun elde edilebileceğini vurgulamalıdır. Ayrıntılı bilgi için 'Bina Sakinlerinin Farkındalığını Artırmak Suretiyle Enerji Tasarrufu' bölümüne bakınız.

### 3.21 İskan Sonrası İşletme ve Değerlendirme

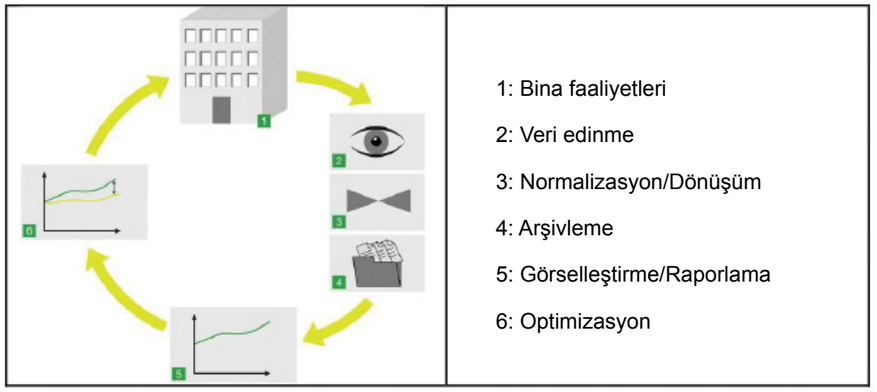
Binaların işletilmesi, binanın cinsine ve kullanım amacına bağlı olarak uygun bir işletme ekibi tarafından gerçekleştirilmelidir. Örneğin hastane, ofis, konut gibi farklı kategorilerdeki işletme gereksinimleri çok farklı olacaktır. Bu süreçte enerji verimliliğinin artırılması için sürekli iyileştirmeler, sistemlerin bakımı düzenli biçimde yapılmalı, enerji ve su tüketimi enerji bileşenleri bazında incelenerek verimliliğin artırılması olanakları araştırılmalıdır. İşletme maliyetleri enerji maliyetleri ve bakım-onarım maliyetleri olarak iki ana grupta toplanabilir. Mekanik tesisat sistemlerinin tükettikleri enerji maliyetleri ana unsur haline gelmektedir. İkinci işletme maliyeti ise bakım ve onarım maliyetleridir. Mekanik tesisat sistemleri karmaşıklaştıkça bu maliyetler yükselmektedir. Bakım maliyetleri planlı olarak tahmin edilebilen maliyetler olmayıp yıldan yıla değişebilmektedir. Bir binanın enerji maliyetlerinde, kaliteli bir bakım ve bakım yönetimi temel etkenlerden birisidir. Bina yönetiminin seçtiği bakım programının ya da hizmet veren kuruluşun türü, toplam HVAC bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Kapsamlı ya da rutin ve koruyucu bakım programları yönetime daha büyük maliyetler getirebilirken, ekipman ömrünün uzaması, artan güvenirlik ve sistem duruş zamanlarında azalma gibi yararlar sağlamaktadır. Son araştırmalara göre bakım işlerini kendi personeline yaptıran tesislerde yıllık temel ortalama bakım maliyeti 4.46 USD/m$^2$ civarındadır. Bakımı dışarıdaki firmalara yaptıran tesislerde yıllık ortalama bakım maliyeti 2.13 USD/m$^2$ civarındadır. ABD örneği bakım işlemlerini kapsamlı olarak dışarıdaki bakım firmalarına yaptıran tesislerde, bakım maliyetlerinin daha düşük olduğunu göstermektedir. AB'de HVAC sistemlerinin bakımı sistemin ilk yatırım maliyetinin %2'si ile %10'u arasında değiştiği belirtilmektedir. Bünyesinde işletme ve bakım personeli istihdam eden tesislerde, binanın koşullandırılması birçok farklı HVAC sistemi tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle HVAC ekipmanının tipi, bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ancak deneyimlerden ve yerinde yapılmış testlerden alınmış olmayan verilerin kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Bu veriler belirli bir ekipman parçasının ya da iş kaleminin bakım maliyetlerini değil, HVAC sisteminin toplam maliyetini gösterir.

Bina sahibi, gelecekte benzer tipte binalar yapmayı planlıyorsa, iskan sonrası değerlendirme özel önem taşır ve bu değerlendirme, önemlidir. Bu değerlendirme izlenen performans verilerinin yanısıra bina sakinlerinin memnuniyetini ölçen anketlerin analiz edilmesini de içerebilmektedir.

Isıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin enerji masrafları, binaların toplam işletme maliyetlerinin oldukça büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Verimli bir işletme için yetkin personel çalıştırılması ve personelin sürekli eğitimi önemlidir. Ülkemizde binalarla ilgili en zayıf noktalardan birisi yeterli eğitime ve deneyime sahip bina işletmecilerinin yokluğudur. Teknolojik ve yüksek performans hedeflenen bina yapımı kadar bunların nasıl ve kimler tarafından işletilebileceğinin de düşünülmesi gerekmektedir.

### 3.22 Binaların Enerji Verimliliğinin İzlemesi ve Değerlendirilmesi

Enerji akışı ölçülmekte, bu ölçüm verileri daha sonra işlenmek üzere kaydedilmekte ve insanların kolaylıkla okuyabileceği bir formata çevrilmektedir. Hazırlanan tüketim raporlarının analizi ile optimizasyon potansiyeli ortaya çıkarılabilmektedir. Gerçekleştirilen optimizasyonlar ile düşürülen enerji tüketimi, daha sonra da ölçülmeye ve değerlendirilmeye devam etmektedir. Bu uygulama, binalarda enerji tüketiminin sürekli olarak raporlanmasını ve gerçekleştirilen optimizasyonların verimliliğe katkısının belgelendirilmesini sağlamaktadır. Şekil 21'de, bir bina yönetim sistemindeki bilgi akışı gösterilmektedir.




***Şekil 21:*** *Bir binanın enerji yönetim sistemindeki bilgi döngüsü*

Hangi şekilde olursa olsun enerji yönetim sistemlerinin tümünün temelinde enerji tüketim ölçümü vardır. Bunun için, uygun bir ölçüm altyapısı olmalıdır veya yoksa da kurulmalıdır. Ölçüm altyapısı, bina enerji yönetimi için gerekli olan analizlerin yapılabilmesi açısından gerekli ölçüm detaylarını verebilmesi için oldukça dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Sadece doğru olarak yapılan ölçümler, sonraki değerlendirmelerde kullanılabilmektedir.

***Ölçümlere İlişkin Değerlendirme***

1. *Sadece binanın toplam enerji sarfiyat miktarının ölçülmesi*: Elektrik, gaz veya sıvı yakıt ve su için ana girişlere monte edilecek birer sayaç yeterli olacaktır. Fakat bu yöntem, binanın farklı bölgelerinde ve farklı sistemlerinde ne kadar tüketim yapıldığını gösteremez.
2. *Farklı sistemler için, enerji sarfiyatının ayrı ayrı ölçülmesi*: Örnek olarak, eğer ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin harcadığı enerji miktarı ayrı ayrı ölçülmek isteniyorsa, uygun yerlere "*alt sayaçların*" monte edilmesi gerekmektedir.
3. *Önceden belirlenmiş tüketici gruplarının veya bireysel tüketicilerin harcama miktarının ölçülmesi:* Örneğin bir süpermarket sahibi, soğutma depolarında yiyeceklerin soğutulması için ne kadar enerji harcandığını, derin dondurucuların, soğutma kabinlerinin ve ürün vitrinlerinin ne kadar enerji harcadığını merak etmektedir. Bu durumda bu grupların her biri için farklı sayaçların takılması gereklidir. Buna benzer bir durum da, konut gibi binalarda her daire için ısıtma masraflarının ayrı ayrı belirlenmesi gerekliliğidir. Bu durumda her daire için ayrı sayaçların monte edilmesi gerekmektedir.

Ölçüm altyapısının düzgün çalışabilmesi için elektrik ve su tesisatları uygun bir şekilde kurulmalıdır. Eğer soğutucuların ölçümü gruplar halinde yapılacaksa, bu grupların kablo tesisatının da ayrı ayrı yapılması gerekmektedir. Her dairenin ısıtma masraflarını ayrı ayrı ölçmek için de, her daire için ayrı bir ısı pay ölçer cihazı takılmalıdır. Yetkili enerji danışmanları, ölçüm sisteminin yatırım maliyetleri ve bu sistemden beklenen ayrıntı seviyesi arasında uygun bir denge kurulması konusunda yardımcı olabilmektedir. Bu konu, ölçülen değerlerin, ölçüm cihazlarından otomasyon ve yönetim seviyelerine nasıl ulaştırılacağını da içerir. Genellikle bu amaç için anayol sistemi (bus system) kullanılabilmektedir.

Ölçülen tüketim değerleri enerji tüketimi konusunda tek başlarına bir anlam ifade etmemektedir. Ölçülen tüketim verilerinin anlamlı hale gelmesi için normalize edilmesi gereklidir. Normalize etme işlemi ile karşılaştırmaların yapılabilmesi için gerekli olan enerji performans göstergeleri üretilmektedir.

**Örnek 1:**

500 m² kullanılır alana sahip olan bir A binasının ısı ihtiyacının, teorik olarak benzer yapısal tasarımlı, kullanım alanlı ve aynı coğrafi yerleşime sahip 1000 m² alanlı bir B binasından daha az olması beklenir. Bu iki binayı karşılaştırabilmek için, enerji tüketimini kullanım alanına göre normalize etmek gereklidir. Tablo 1'deki örnekte enerji performans göstergesi kWh/m² (veya kWh/m³)'tür.

**Tablo 1**: A ve B binasının ısıl enerji ihtiyaçlarının farklı kullanım alanlarına göre karşılaştırılması

| Tesis | Net kullanım alanı | Isıtma için kullanılan yıllık enerji miktarı | Normalize edilmiş yıllık enerji tüketim değeri |
|---|---|---|---|
| A Binası | 500 | 71.500 kWh | 143 KWh/m² |
| B Binası | 1.000 | 125.000 kWh | 125 kWh/m² |

Karşılaştırma göstermektedir ki (beklenenin aksine) B binası metrekare başına daha az enerji harcamaktadır. Ancak yine de bu durum B binasının kesinlikle daha verimli olduğunu göstermez. (Bkz. Şekil 22). Başka faktörlerin de (kullanım amacı vs.) enerji verimliliğine etkileri olabilmektedir. Ham tüketim verileri diğer faktörler ile "*zenginleştirilip*" bu tür etkiler ile dengelenebilmektedir.

Isıtma derece gün sayısı (Heating degrees-day - HDD), bir binanın ısıtma sezonundaki ısı ihtiyacının bir ölçümüdür ve tüketim verilerindeki hava etkilerini dengelemek için kullanılabilmektedir. Bu durumun aynısı soğutulan gün sayısı için de geçerli olmaktadır.

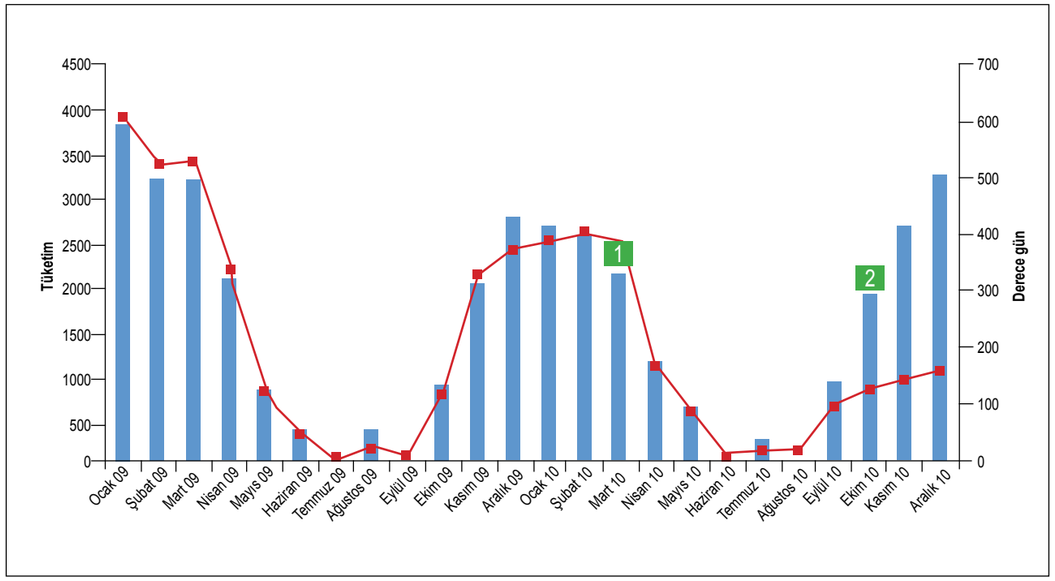
VDI 3807, (Alman Mühendisler Derneği'nin ilgili standartı) ısıtma derece gün sayısının hesaplamasının, binaya özel bir sıcaklık (mesela 15°C) limiti belirlenmesi ve ortalama dış hava sıcaklığına göre yapılmasını gerektirmektedir. Bu durumda sadece dış hava sıcaklığının sıcaklık limiti altında kaldığı günler hesaplanmaktadır. İklim etkilerini dengelemek için ısıtılan veya soğutulan gün sayıları ve enerji tüketimi ortak bir diyagramda zamana göre gösterilir ya da ısıtılan-soğutulan gün sayıları doğrudan normalizasyon için kullanılabilir. Örnek olarak, enerji tüketiminin ısı ihtiyacına göre normalize edilmesi: Ölçülen tüketim değeri, verilen periyod aralığındaki ısıtma derece gün sayısına bölünmekte ve kWh/HDD birimi enerji performans göstergesi olarak kullanılmaktadır.

Farklı normalizasyonların kombinasyonları da kullanılabilir: İklim dengeleme ve normalizasyon aynı anda kullanım alanında tek bir enerji performans göstergesi olarak da kullanılabilmektedir (kWh/(HDD*m²)). (Bkz. Şekil 23)

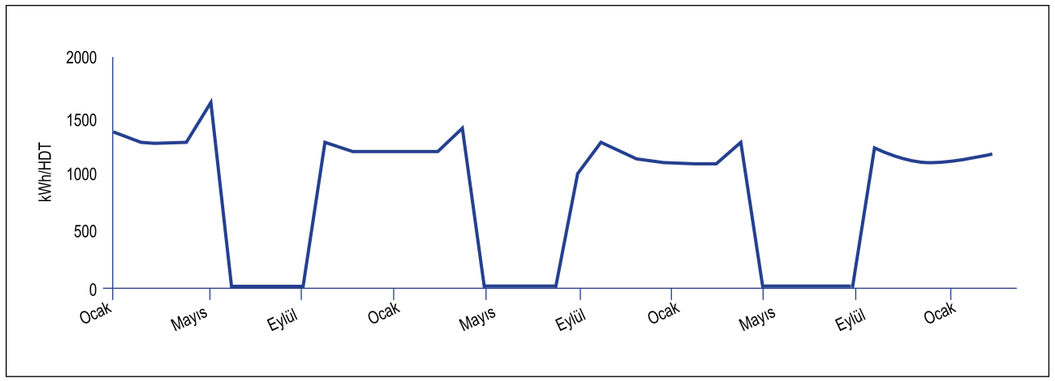
Kullanılacak enerji performans göstergesi, büyük oranda, bina kullanıcısının "*enerji verimliliğini*" nasıl tanımladığına bağlıdır. Örneğin bir fabrika sahibi için, üretilen her ürün başına düşen enerji miktarı önemli olabilir. Okullardan sorumlu bir belediye yönetimi için ise metrekare başına düşen tüketim ve ders saatleri (kW/hm²*yıl (yıllık ders saati)) en faydalı tanım olabilir. Bir otel için ise müşteri başına enerji tüketimi bir veri olabilir. Bir enerji yönetim sisteminin tasarımı esnasında, kullanıcıya anlaşılabilir gelen bir enerji performans göstergesi tanımlamak esas öneme sahiptir.








***Şekil 22:*** *Asıl tüketim değerlerinin ısıl enerji ihtiyacı ile zamana bağlı karşılaştırması. Karşılaştırılabilir ısı ihtiyacı için (1 ile 2 arası), optimizasyon amacı ile tüketim düşürülmüştür.*




***Şekil 23:*** *Isıl enerjisi ihtiyacına göre normalize edilmiş tüketim. (HDT, HDD anlamındadır)*

Sistemde kullanılan ekipmanların, farklı normalizasyonlara ve verileri zenginleştirmek için kullanılan matematiksel eşitliklere izin verebilecek derecede esnek olması oldukça önemlidir. Performans gösterge hesaplarını adapte ve modifiye etme işlemleri hızlı ve basit bir şekilde yapılabilmelidir. Matematiksel eşitlikler, enerji yönetiminde çok sık karşılaşılan birim çevrimlerinde de kullanılabilirler. Örnek olarak:

a) *Gaz Tüketimi:* Genellikle hacim (m³) olarak ölçülür. Enerji tüketimi, toplam hacim ile birim hacimdeki enerji (kalori değeri, doğalgaz için türüne bağlı olarak 9.7 ve 12.5 kWh/m³ arasındadır) miktarının çarpımı ile bulunur.

b) *Sıvı Yakıt Tüketimi*: Genellikle litre olarak ölçülür. Enerji tüketimi, litre olarak harcanan hacim, yoğunluk (0.820-0.845 kg/litre) ve enerji içeriğinin (kalori değeri yaklaşık 11.8 kWh/kg'dır) miktarının çarpımı ile bulunur .

Bütünleşik sistemler, standart bir internet tarayıcısı ile bütün otomasyon istasyonlarına uzaktan erişim imkânı vermektedir. Tarayıcı ile tüketim verileri sorgulanabilmekte, bütün matematiksel bağıntılar değiştirilebilmekte ve programlanabilmektedir. Uygun bir uzaktan erişim sistemi sayesinde otomasyon istasyonlarının bulunduğu yerlere gitmek için yapılacak ulaşım masrafları ve zamandan büyük ölçüde tasarruf edilebilmektedir. Sistemin çalışması esnasında esnek ayarlama imkânlarına sahip olunabilmektedir. Bu sistem aynı zamanda, ek olarak kurulan ölçüm cihazlarının sisteme bütünleştirilmesini de içermektedir.

***Elde Edilen Verilerin Arşivlenmesi ve Performans Göstergeleri***

Tüketim verileri ve normalize edilmiş performans göstergeleri, zamanla olan değişimleri belgeleyebilmek için arşivlenmelidir. Enerji tüketimi açısından uzun dönemli değerlendirmeler önemli olduğundan, verilerin depolanması çoğunlukla yönetim seviyesinde olmaktadır. Çünkü PC tabanlı sistemlerin hafıza kapasitesi, otomasyon sisteminde bulunan veri toplayıcılarına (data logger) göre çok daha yüksektir. Fakat PC'lerin dezavantajı, aniden kapandıkları takdirde bazı verilerin kaybolma riskidir. Örneğin, sistem güncelleştirmesi esnasında bu durum yaşanabilmektedir. Fakat, yeni gelişmekte olan bir bütünleşik sistem, otomasyon istasyonlarının sürekli olarak hazır bulunma avantajları ile PC'lerin yüksek depolama kapasitesini birleştirmektedir. Bu sistemde otomasyon istasyonu bir "*ara depolama*" (intermediate storage) olarak çalışır ve ana bilgisayarlar kapalı iken tüketim verilerini tampon belleklerinde sınırlı bir süre için tutmaktadır. Bu süre verilerin büyüklüğüne bağlı olarak haftalarca uzunluğunda olabilmektedir. Ana bilgisayar açıldığında, verileri otomasyon istasyonlarından transfer ederek, uzun vadeli arşivleme için veri tabanına kaydeder. Bu yöntem sayesinde, tüketim verileri güvenli bir şekilde takip edilebilmektedir. Ana bilgisayardaki veri tabanı, şirketin yedekleme sistemine bütünleştirilerek verilerin güvenliği garanti edilebilmektedir.

***Verilerin Görselleştirilmesi***

Görselleştirme, elde edilen verilerin insanların kolayca anlayabileceği şekilde görsel formlara dönüştürülmesidir. Görselleştirme kalitesi, bir yerdeki optimizasyon potansiyelini ortaya çıkarabilmesi açısından önemlidir. Basit görselleştirmeler bile, kullanıcı davranışlarını ve ekipman ayarlarını değiştirmek suretiyle önemli tasarruflar yapılmasını sağlayabilmektedir.

***Grafiksel Değerlendirmede Farklı Olasılıklar***

Modern otomasyon sistemlerinde, otomasyon istasyonlarında bile grafiksel değerlendirme yapmak mümkündür. Fakat depolama kapasitelerinin düşük olması bu tür değerlendirmelerin ancak daha kısa zaman aralıklarında yapılmasını sağlayabilmektedir. Şekil 25 ve Şekil 26'da enerji tüketim verilerine dayanarak verinin görselleştirilmesine yönelik dairesel ve çubuk grafik örnekleri yer almaktadır.

Modern otomasyon cihazları, raporların otomatikleştirilmiş bir şekilde PDF formatında, e-posta ile yollanması, verilerin analizi ve tablolanması amacı ile popüler hesap tablosu programlarına transfer edilmesini sağlamasının yanı sıra, grafiklere internet tarayıcısı aracılığıyla ulaşılmasına imkan vermektedir.

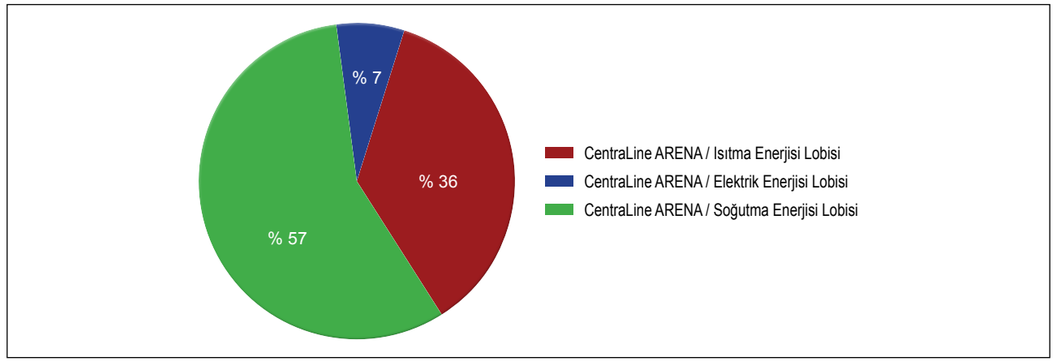
Depolama kapasitesi daha yüksek olduğu için uzun vadeli analizler yönetim seviyesindeki PC'ler aracılığı ile yapılabilmektedir. Şekil 26'da, 2011'in ikinci çeyreğinde (kırmızı eğri) yapılan ve sonuç olarak tüketimin azaltılmasını sağlayan bir optimizasyon prosedürü görülmektedir.

***Enerji Yönetim Sistemleri İle Maliyet Şeffaflığı***

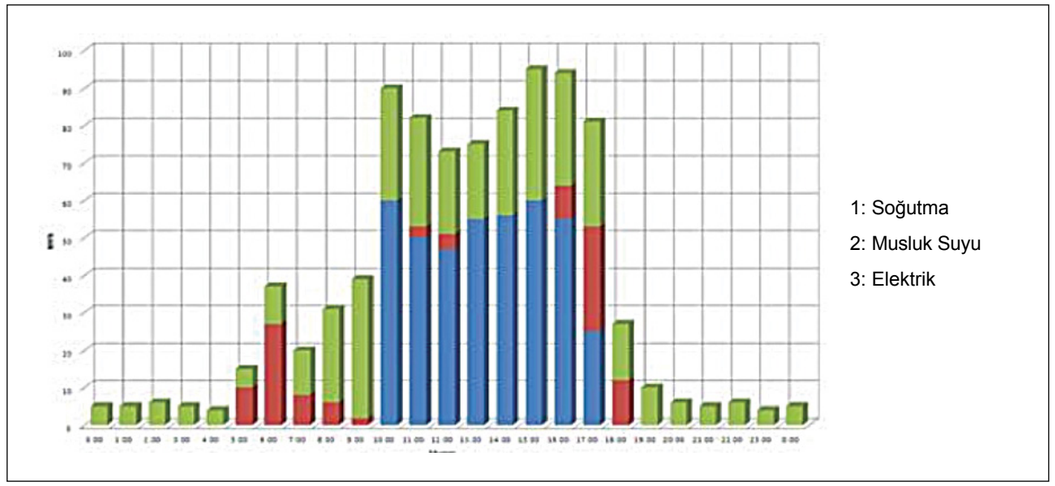
Bazı enerji yönetim sistemleri, enerji tüketim miktarlarından maliyeti çıkartabilmektedir. Bu maliyetler,








***Şekil 24:*** *Müşteri tiplerine göre günlük, aylık ve yıllık tüketimin bir pasta grafik yardımı ile görselleştirilmesi.*



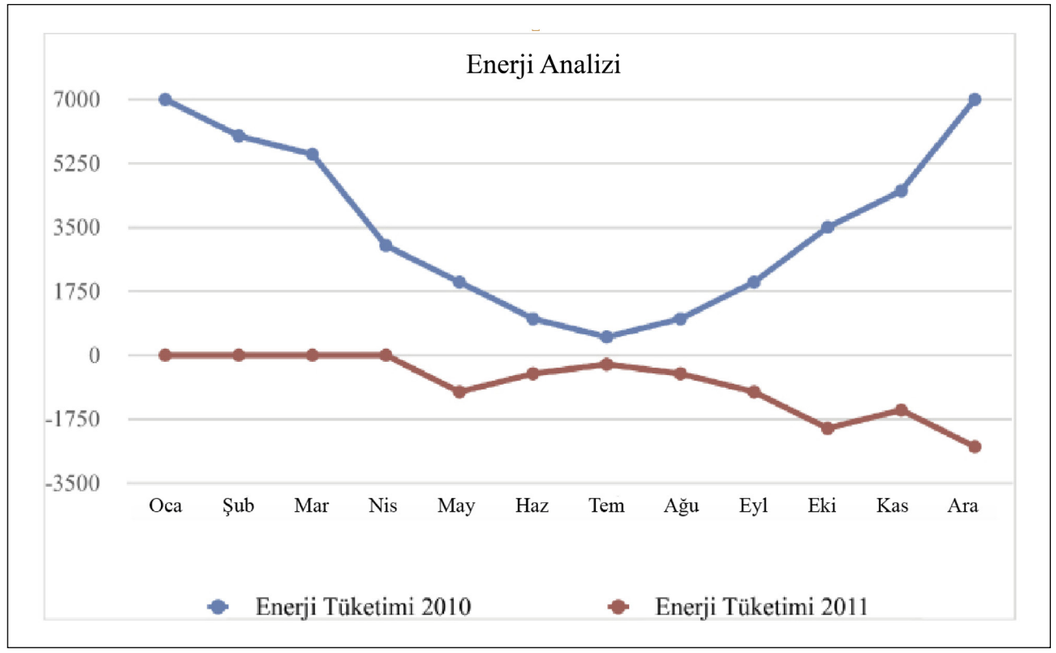

***Şekil 25:*** *Eğilim eğrisi ve yığılmış çubuklar ile gösterilen günlük enerji tüketim karakteristiği.*

enerji sağlayıcı ve müşteri arasındaki anlaşmalara bağlıdır. Enerji yönetim sistemleri, enerji birim fiyatlarının sisteme parametre olarak eklenmesine ve böylece maliyetlerin otomatik olarak hesaplanmasına olanak sağlayabilmektedir.

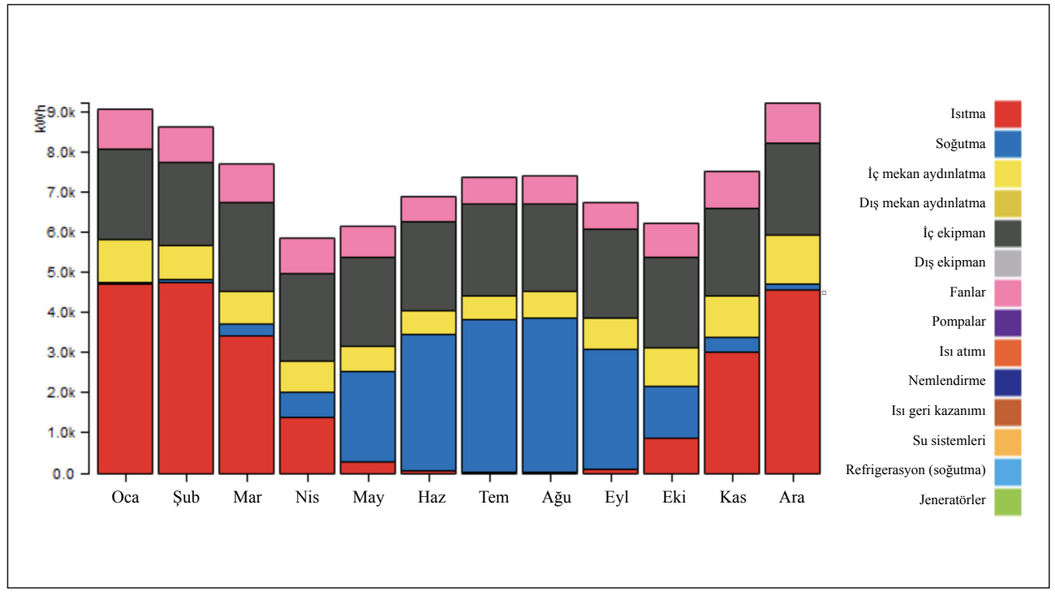
Şekil 27'de, üç bileşenden oluşan bir örnek tarife analizi görülmektedir. Bu bileşenler, gündüz, gece ve hafta sonudur. Elektrik tüketimleri 3 zamanlı tarife (Gündüz T1-Puant T2-Gece T3) olsa da, ülkemizde tek zamanlı tarife kıyaslama analizi kullanılmaktadır.

***Bina Sakinlerinin Farkındalığını Artırmak Suretiyle Enerji Tasarrufu***

Enerjinin, bina sakinleri tarafından bilinçli bir şekilde kullanılması önemli miktarlarda tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. Raporları ve analizleri sadece enerji yönetiminden sorumlu olan çalışanlara değil binadaki herkese, enerji performans göstergelerini kolay anlaşılabilecek grafikler olarak sunmak bu konudaki bilinçliliği artırma konusunda yardımcı olmaktadır. Bazı yönetim sistemlerinde bu tablolar ve grafikler "*elektronik pano*" olarak adlandırılan yöntemle belirlenen raporlar otomatik olarak yayınlanır (örneğin bir bina lobisindeki bir ekran yardımı ile). Bu panolarda, görüntülenecek bilgiler müşterinin bir temsilcisi ve sistem ortaklarından biri ile belirlenebilmektedir. Bu uygulama neredeyse limitsiz olasılığa açıktır; çalışanlar, kendi departmanlarının



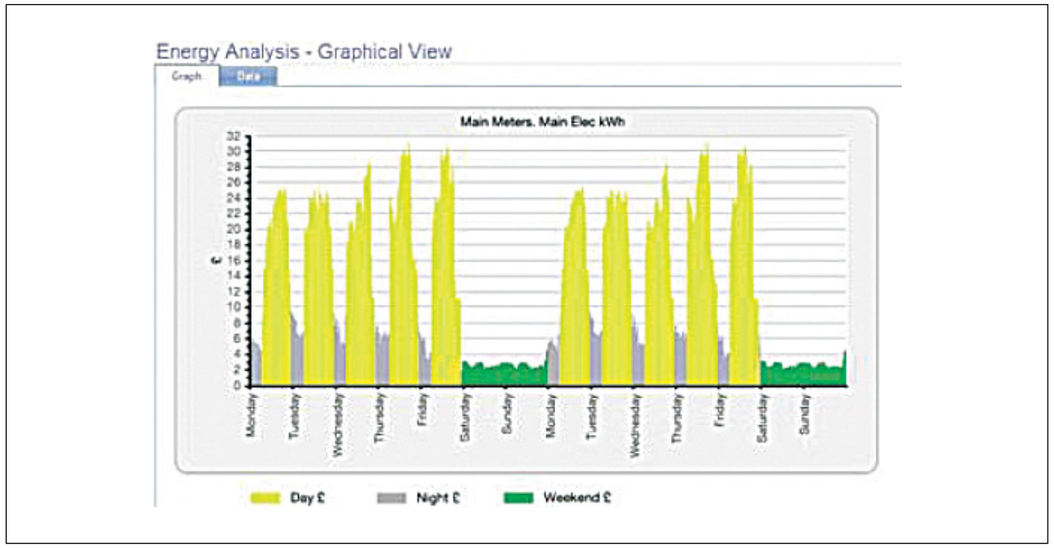

***Şekil. 26a:*** *Yıllık enerji tüketimi karşılaştırması*




***Şekil 26b:*** *Enerjinin, sistemlere göre yıl boyunca harcanma oranları.*








***Şekil 27:*** *Tarife analizi*

tüketiminin toplam enerji tüketiminin ne kadarını oluşturduğunu görebilir, bir üretim tesisinde farklı vardiyalarda üretilen ürün başına ne kadar enerji tüketildiği karşılaştırılabilmektedir. Otel müşterileri, enerji kullanım miktarlarını ortalama kullanım ile karşılaştırabilmektedir. Bu tür uygulamalar, bireylerin hareketlerinin enerji tüketimine olan katkısını görmesini sağlayarak binada enerji verimliliği farkındalığına katkı sağlamaktadır.

## 4. SONUÇ

Türkiye'de mevcut yapı stoğu ve geleneksel yapım alışkanlıkları gözetildiğinde yapı ve yapılı çevrelerin özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularını öne alacak biçimde iyileştirilmesi, yapım süreçlerinde yer alan tüm aktörlerin bütünleşik bina tasarımı yaklaşımına yönelik olarak bilgilendirilmesi, bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir. Benzer biçimde somut uygulamalardan hareketle bazı örnek projelerin süreç ve enerji performans verileri karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmeli ve uygulamalara model oluşturabilecek girdiler olarak paylaşıma açılmalıdır.

Bir anlamda Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı için proje geliştirme sürecinin anlatıldığı bir Uygulama Kılavuzu niteliğinde olan bu doküman tasarım süreçlerini genel bir yapı içinde ve sürecin birçok boyutunu aynı anda ele alacak biçimde kurgulanmıştır. Ancak tasarlanacak her yapının ve her tasarım sürecinin kendine özgü koşul ve öncelikleri, özel kısıt ve olanakları olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle BBTY' nın uygulaması yapılan bir bina projesinde ölçek, yer, konum ve malzeme bazında öncelikli farklılıklar barındırabilecektir. Burada önemli olan sorun öncelikleri içinde sürecin optimize edilerek uygulanabilmesi ve tasarımın diğer öncelik ve konuları ile enerji verimliliği öncelikleri arasında bir denge oluşturabilmesidir. Bu anlamda örneğin yeni tasarlanacak bir yapı ile tarihi çevrede işaret değeri olan bir yapının ele alınış biçimleri, benzer biçimde büyük ölçekli yapılar ile yerel kısıtları olan bölgelerde tasarlanacak yapıların BBTY'ye yönelik bazı yöntem ve öncelikler arasında farklar olması kaçınılmazdır.

İçinde olduğumuz koşulların sürekli değiştiği anımsandığında bu döküman bitmiş ve tekil bir belge gibi algılanmamalı, teknolojik ve sosyo-ekonomik gelişmelere bağlı olarak değişiklik, geri besleme, ekleme ve çıkartmalara açık, yenilenebilir bir döküman olarak görülmelidir.

**TÜRKİYE'DE BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI PROJESİ**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
Eskişehir Yolu 7.km No:166 06520 Çankaya,
Ankara

0 (312) 295 5220

0 (312) 219 7910

www.yegm.gov.tr
www.surdurulebilirbinalar.net

T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI | YENİLENEBİLİR ENERJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI

gef

UNDP