



SIFIRA YAKIN ENERJİLİ BİNA TASARIMI VE KARŞILATIRILMASI

Hasan YILDIRIM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2019

ETİK BEYAN

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

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

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

Hasan YILDIRIM

13/12/2019

SIFIRA YAKIN ENERJİLİ BİNA TASARIMI VE KARŞILATIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hasan YILDIRIM

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2019

ÖZET

Dünyadaki enerji ihtiyacı her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu enerji ihtiyacının büyük bölümünü binalar oluşturmaktadır. Avrupa Birliği’nde binaların enerji tüketimindeki payı %40’tır. Benzer şekilde Türkiye’de enerji tüketiminde en fazla pay binalara aittir. Bu büyük paydan tasarruf elde edebilmek için Avrupa Birliği tarafından çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Avrupa Birliği binalarda enerji tüketiminin ölçülmesi ve bilinçli yönetilmesi hedefi ile 2002/91/EC sayılı “Binaların Enerji Performansı Direktifi”ni 4 Ocak 2003 tarihinde yürürlüğe koymuş ve 19 Mayıs 2010 tarih ve 2010/31/EU sayı ile yeniden şekillendirmiştir. Avrupa Birliği’ne uzun yıllardır aday ülke konumundaki Türkiye’de bu gelişmelere paralel olarak 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’na dayalı “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” 5 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Ayrıca; enerji tüketim değerlerinin azaltılması doğrultusunda yapılan çalışmalar desteklenmekte ve yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda, Avrupa Birliği ülkelerinde bu konuda yapılan örnek çalışmalar ve üye ülkelerin mevzuatları incelenmiştir. Türkiye’de Malatya ilinde kullanılan ve konvansiyonel yöntemler ile inşa edilmiş bir kamu hizmet binasının sıfıra yakın enerjili olması durumunun mevcut durumu ile karşılaştırılması yapılmıştır. Kamu hizmet binasının EnergyPlus programı ve program ara yüzü olan DesignBuilder ile modellemesi proje bilgilerinden faydalanılarak oluşturulmuş ve kayıtlı tüketim verileri sisteme girilerek simülasyonu yapılmıştır. Daha sonra, oluşturulan baz modelin sıfıra yakın enerjili bina olması durumu Avrupa Birliği’nde bulunan örnek binaların yapı elemanlarının ortalama ısı iletim katsayıları kullanılarak simüle edilmiş ve iki durum karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla ekonomiklik açısından Türkiye’de binaların sıfıra yakın enerjili bina standartlarına getirilebilmesi ve yaygınlaştırılabilmesi için devlet teşviklerinin artırılması ve Avrupa Birliği fonları gibi fonlardan örnek çalışmalar ile yararlanılabilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bilim Kodu : 91408

Anahtar Kelimeler : NZEB, Sıfır enerji, Enerji verimliliği

Sayfa Adedi : 94

Danışman : Prof. Dr. İlhami HORUZ

NEARLY ZERO ENERGY BUILDING DESIGN AND COMPARISON

(M. Sc. Thesis)

Hasan YILDIRIM

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2019

ABSTRACT

The energy need of the earth increasingly goes on day by day. Buildings generate the majority of the energy need. The rate of buildings in energy consumption is 40% in the European Union. Similarly, the most rate in energy consumption belongs to the buildings in Turkey. To get save on this great rate, various works are being carried out by the European Union. To be measured and consciously managed of energy consumption, European Union put in the force to “The Energy Directive of Buildings” number 2002/91/EC on 4th January 2003 and updated it with the date of 19th May 2010 and number 2010/31/EU. In Turkey, which is at the position of candidate country to European Union, “Regulation on Energy Performance in the Buildings” came into force in parallel with these developments on 5th December 2009. In line with these developments, the studies in the European Union countries and the legislation of the member countries have been examined. The public building in Malatya, which was built by conventional methods, was compared with the being able to nearly zero energy building. The public building modeling was made up of the EnergyPlus program and the Design Builder, which is a program interface, taking account of current situation values. Moreover, the situation of being able to nearly zero energy building of base model made was simulated by using average heat transformation coefficients of building elements of nearly zero energy buildings available in the European Union and two situations were compared. For the buildings being brought into nearly zero-energy buildings standards and popularized in Turkey, it was concluded that government promotions need to be increased and example works need to be benefited from funds such as European Union funds.

Science Code : 91408

Key Words : NZEB, Zero energy, Energy efficiency

Page Number : 94

Supervisor : Prof. Dr. İlhami HORUZ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez sürecimde tecrübesi, motive edici desteği ve kolaylaştırıcı rolü ile danışmanlığımı yapan değerli hocam Prof. Dr. İlhami HORUZ'a teşekkürlerimi sunarım. Bana sürekli destek olan ve çalışmamın gerektirdiği fedakarlıklara sabırla katlanan sevgili eşim Duygu YILDIRIM'a, kızım Duru YILDIRIM'a ve oğlum Mustafa Deniz YILDIRIM'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. DÜŞÜK ENERJİLİ BİNALAR, NZEB VE ENERJİ ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	13
3.1. Düşük Enerjili Binalar	13
3.1.1. Pasif evler	13
3.1.2. Artı enerjili evler	14
3.1.3. Yeşil evler	15
3.1.4. LEED sertifikalı binalar	15
3.1.5.BREEAM sertifikalı binalar.....	16
3.2. NZEB Tanımı ve Özellikleri	16
3.2.1. NZEB metodolojisi.....	21
3.2.2. NZEB için enerji performans göstergeleri.....	23
3.3. Bina Enerji Analizleri	23
3.3.1. Simülasyon programlarının karşılaştırılması	23

	Sayfa
3.3.2. NZEB analizi için energyplus ve designbuilder kullanılması.....	25
4. ÖRNEK BİNA SEÇİLMESİ, MODELLENMESİ VE ENERJİ SİMÜLASYONUNUN YAPILMASI.....	31
4.1. Örnek Binanın Seçilmesi	31
4.1.1. Genel bilgiler	31
4.1.2. İklimsel Durum.....	32
4.1.3. Bina dış yüzey özellikleri	33
4.1.4. HVAC sistemi	34
4.1.5. Aydınlatma sistemi.....	37
4.2. Örnek Binanın Modellenmesi.....	38
4.3. Örnek Binanın Mevcut Durumunun Enerji Simülasyonun Yapılması.....	41
5. BİNANIN NZEB DURUMUNA GETİRİLMESİ.....	51
5.1. Enerji Tüketiminin Minimize Edilmesi	51
5.1.1. Yalıtım malzemelerinin iyileştirilmesi	52
5.1.2. Pencerelelerin iyileştirilmesi	54
5.1.3. İklimlendirme sisteminin iyileştirilmesi	54
5.1.4. Aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi	55
5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması.....	55
5.2.1. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması	56
5.2.2. Fotovoltaik panellerin kullanılması	57
6. BİNANIN NZEB OLMA DURUMUNUN ENERJİ SİMÜLASYONUNUN YAPILMASI.....	59
6.1. Enerji Tüketiminin Minimize Edilmesi	59
6.1.1. Yalıtım malzemelerinin değerlendirilmesi	59
6.1.2. Pencerelelerin değerlendirilmesi	66

	Sayfa
6.1.3. İklimlendirme sisteminin değerlendirilmesi	72
6.1.4. Aydınlatma sisteminin değerlendirilmesi	76
6.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılmasının Değerlendirilmesi	78
6.2.1. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanılmasının değerlendirilmesi	78
6.2.2. Fotovoltaik panellerin kullanılmasının değerlendirilmesi.....	79
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR	85
EKLER	89
EK-1. Toprak kaynaklı ısı pompası hesapları.....	90
EK-2. Fotovoltaik panel hesapları	92
ÖZGEÇMİŞ	94

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Simülasyon programlarının karşılaştırılması	25
Çizelge 4.1. Örnek binaya ait yapı detayları	33
Çizelge 4.2. Örnek kamu hizmet binası HVAC ekipmanları.....	35
Çizelge 4.3. Projede hesaplanan ısıtma yükleri	36
Çizelge 4.4. Sirkülasyon pompası özellikleri.....	37
Çizelge 4.5. Aydınlatma armatürleri özellikleri.....	37
Çizelge 5.1. AB’de bulunan örnek NZEB yapılarına ait ortalama U değerleri	52
Çizelge 5.2. Simülasyon sonucu ortaya çıkan ısı kayıpları	52
Çizelge 5.3. TS 825’e göre tavsiye edilen U değerleri	52
Çizelge 5.4. Örnek kamu hizmet binasının mevcut durumuna ait U değerleri.....	53
Çizelge 5.5. Örnek kamu hizmet binasının ölçülen ortalama enerji tüketim değerleri...	53
Çizelge 6.1. Farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklara göre U değerleri.....	60
Çizelge 6.2. Farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklara göre yıllık ısıtma giderleri.....	61
Çizelge 6.3. Dış duvar taş yünü uygulamaları için ısıtma enerjisi miktarı ve tasarruf oranları	62
Çizelge 6.4. Dış duvar taş yünü uygulamaları için enerji tüketim maliyetleri	62
Çizelge 6.5. Dış duvar taş yünü uygulamaları için maliyet karşılaştırması.....	63
Çizelge 6.6. Tavan taş yünü uygulamaları için ısıtma enerjisi miktarı ve tasarruf oranı	63
Çizelge 6.7. Tavan taş yünü uygulamaları için enerji tüketim karşılaştırmaları.....	64
Çizelge 6.8. Tavan taş yünü uygulamaları için maliyet karşılaştırması.....	64
Çizelge 6.9. Taban XPS uygulamaları ısıtma enerjisi miktarı ve tasarruf oranı.....	65
Çizelge 6.10. Taban XPS uygulamaları için enerji tüketim karşılaştırmaları.....	65
Çizelge 6.11. Taban XPS uygulamaları için maliyet karşılaştırması.....	65

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.12. Cam sayısı ve gaz boşluğuna göre U değerlerinin karşılaştırması	67
Çizelge 6.13. Cam sayısı ve gaz boşluğuna göre ısıtma-soğutma değerlerinin karşılaştırılması	67
Çizelge 6.14. Gaz cinsine göre U değerleri	67
Çizelge 6.15. Gaz cinsine göre ısıtma-soğutma ihtiyaçları.....	68
Çizelge 6.16. Cam kalınlığına göre ısıtma-soğutma ihtiyaçları.....	68
Çizelge 6.17. Farklı senaryolar için ısıtma-soğutma ihtiyacı karşılaştırması	72
Çizelge 6.18. Farklı tasarım sıcaklıkları için doğalgaz tüketim değerleri	73
Çizelge 6.19. Farklı tasarım sıcaklıkları için elektrik üretim değerleri	74
Çizelge 6.20. Farklı armatürlerin enerji tüketim değerlerine etkisi	77
Çizelge 6.21. PV sistem için ihtiyaç duyulan malzeme listesi.....	79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye’de birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında değişimi	1
Şekil 1.2. Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı	2
Şekil 3.1. LEED sertifikaları puanlama sistemi.....	15
Şekil 3.2. BREEAM Derecelendirmesi	16
Şekil 3.3. Yıllar bazında EPDB gereği uygulanacak hususlar.....	19
Şekil 3.4. ECOFYS iklim bölgelerinin sıralaması için uygun teknoloji seçenekleri ve bina performansının karşılaştırılması	20
Şekil 3.5. Bina enerji ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan enerji	22
Şekil 3.6. Bina enerji sınırları ve tanımlamalar	22
Şekil 3.7. EnergyPlus yazılımının program yapısı.....	27
Şekil 3.8. EnergyPlus yazılımının simülasyon yöneticisi yapısı	27
Şekil 3.9. DesignBuilder programı ekran görüntüsü ve komutları	28
Şekil 3.10. İklim ve arazi verilerinin seçilmesi.....	29
Şekil 3.11. Yapı bileşenlerinin modellenmesi	29
Şekil 4.1. Örnek kamu hizmet binasının ön cephe görünümü	32
Şekil 4.2. Malatya iline ait ortalama sıcaklık değerleri	32
Şekil 4.3. Örnek kamu hizmet binası ısıtma sistemi	36
Şekil 4.4. Örnek kamu hizmet binasının 3 boyutlu model görüntüsü.....	38
Şekil 4.5. Örnek kamu hizmet binasının bodrum kat modeli	39
Şekil 4.6. Örnek kamu hizmet binasının zemin kat modeli	39
Şekil 4.7. Örnek kamu hizmet binasının birinci kat modeli	40
Şekil 4.8. Örnek kamu hizmet binasının ikinci kat modeli.....	40
Şekil 4.9. Lokasyon ve iklim verilerinin DesignBuilder görüntüsü	42

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. Ortalama dış hava kuru termometre sıcaklığı	42
Şekil 4.11. Aylara göre atmosferik basınç değişimi	43
Şekil 4.12. Aylara göre rüzgar hızı değişimi	43
Şekil 4.13. Aylara göre güneş miktarı değişimi.....	44
Şekil 4.14. İç ısı kazançlarının aylara göre değişimi	45
Şekil 4.15. Dizayn günü için örnek kamu hizmet binasının ısı kayıpları	45
Şekil 4.16. Enerji tüketim miktarlarının aylık olarak değişimi.....	46
Şekil 4.17. Örnek kamu hizmet binasının yıllık enerji tüketim değerleri.....	46
Şekil 4.18. Yıllık toplam elektrik ve doğalgaz enerji tüketim değerleri.....	47
Şekil 4.19. Aylık CO2 üretim değerleri	47
Şekil 4.20. Aylık elektrik tüketiminin karşılaştırılması	48
Şekil 4.21. Aylık doğalgaz tüketiminin karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.22. Toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.23. Farklı ısıtma tasarım sıcaklıklarına göre toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması	50
Şekil 4.24. Farklı soğutma tasarım sıcaklıklarına göre toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması	50
Şekil 6.1. Taş yünü kalınlıklarına göre yıllık ısıtma giderleri	61
Şekil 6.2. Cam kalınlığının yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi.....	69
Şekil 6.3. Gaz cinsine göre farklı ara boşluk U değerleri	70
Şekil 6.4. Gaz boşluğunun yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi.....	70
Şekil 6.5. Farklı tasarım sıcaklıkları için yıllık ısıtma ihtiyaçları.....	73
Şekil 6.6. Farklı soğutma tasarım sıcaklıkları için yıllık soğutma ihtiyaçları	74
Şekil 6.7. EN 15251 hava değişim oranları	75
Şekil 6.8. İnfiltrasyon değişiminin ısıtma soğutma enerji ihtiyaçlarına etkisi.....	75

Şekil**Sayfa**

Şekil 6.9. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kurulumunun genel görünümü.....	78
--	----

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. 1990 Yılında inşa edilen ilk pasif ev (Darmstadt)	14
Resim 3.2. Rolf Disch Mimarlık tarafından tasarlanan solar city evi.....	14
Resim 4.1. Örnek kamu hizmet binası ısıtma sistemi elemanları	35
Resim 5.1. Isı pompaları ve çalışma prensibi	56
Resim 5.2. Yatay ve dikey kaynaklı ısı pompaları	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

btu/h	Saatte taşınan ısı miktarı
CO₂	Karbondiyoksit
°C	Derece celsius
d/d	Dakikadaki devir sayısı
kg	Kilogram
kg/m³	Yoğunluk
kW	Kilowatt
kWh/m²yıl	Metrekareye düşen yıllık enerji ihtiyacı
lt/h	Hacimsel debi
mm	Milimetre
m²	Metrekare
m³/h	Hacimsel debi
mSS	Metre su sütunu
W/mK	Isı iletim katsayısı

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği
BEP	Binalarda Enerji Performansı
BREEAM	Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu
EPBD	Binaların Enerji Performansı Direktifi
HVAC	Isıtma Soğutma ve İklimlendirme

Kısaltmalar**Açıklamalar****ISO**

Uluslararası Standartlar Teşkilatı

IWEC

Enerji Hesaplamaları İçin Uluslararası Hava Durumu

İ.T.Ü.

İstanbul Teknik Üniversitesi

LEED

Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik

Low-E

Düşük Emisyonlu

NZEB

Sıfıra Yakın Enerjili Binalar

PV

Fotovoltaik

SHGC

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı

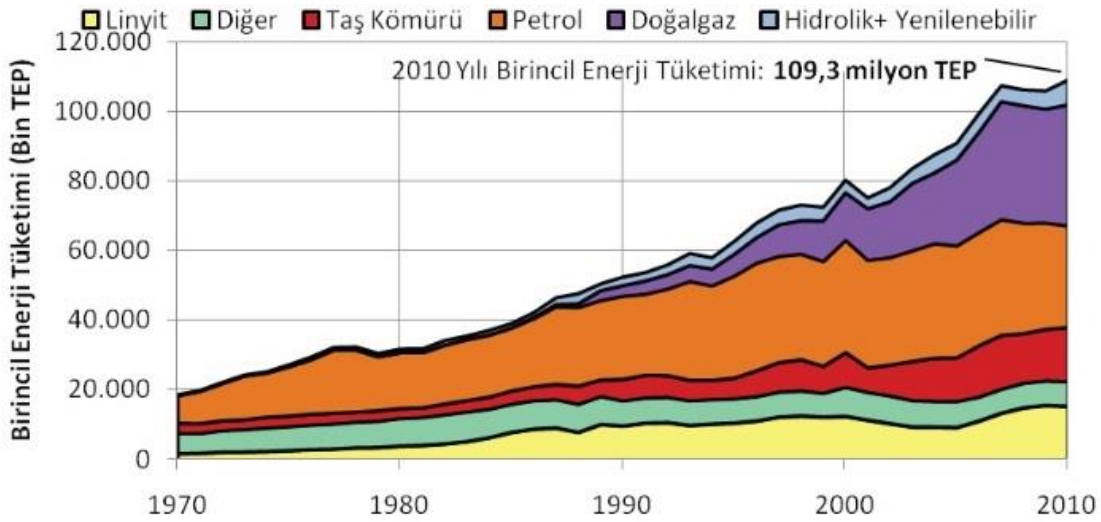
TS

Türk Standartı

1. GİRİŞ

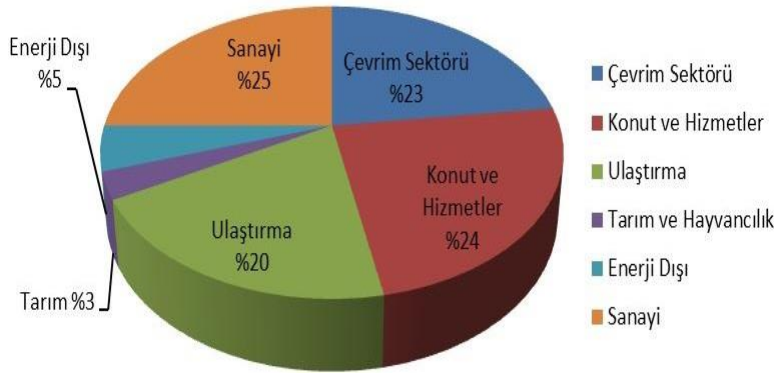
Dünyada enerji ihtiyacı büyük ölçüde fosil yakıtlar kullanılarak karşılanmaktadır. Benzer biçimde Türkiye’de tüketilen enerjinin çoğu fosil yakıt, elektrik ve doğalgaz kaynaklıdır (Şekil 1.1.). Fosil yakıtların sınırlı olması sebebiyle son yıllarda enerji ile ilgili konuların uluslararası alanda geniş kapsamlı olarak ele alınması ve enerji verimliliğinin artırılması ile enerji tüketim değerlerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar artmıştır.

Enerji tüketimiyle, ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmalarının ilişkili olması sebebiyle, kalkınma ile birlikte enerji tüketiminin de doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Türkiye’de 2006 - 2015 yılları arasında elektrikte tüketim her yıl %5.1 ve doğalgazda tüketim her yıl %6.7 oranında artmıştır [1-2].



Şekil 1.1. Türkiye’de birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında değişimi [3]

Toplam enerji tüketimi içinde binalar önemli bir paya sahiptir. Türkiye’de konutlar sanayinin ardından en çok enerji tüketiminin olduğu sektördür. Konut sektörü, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %25’ini oluşturmaktadır (Şekil 1.2.). Kamuya ait hizmet binalarının enerji tüketimindeki payı da yadsınamayacak derecede önemlidir. Bu önemli durumu ortaya koymak ve son yıllarda hizmet sektöründe artış eğiliminde olan enerji tüketimini maksimum düzeyde azaltarak kendi kendine yetebilen binaların sayısının artırılması faaliyetleri doğrultusunda ülkemize katkı sağlamak konusunda bu çalışma önem arz etmektedir.



Şekil 1.2. Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı [4]

Dünyada ve Avrupa Birliğinde (AB) daha önce enerji tüketimi konusu ile ilgili hedefler koyulmuş ve eylem planları belirlemiştir. AB'de binalar toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ı oluşturmaktadır. Binalarda uygulanabilecek enerji verimliliği potansiyeli oranı da yaklaşık %20'dir. Bununla birlikte yapılacak iyileştirmeler ve enerji verimliliğine yönelik alınacak tedbirler, enerji tüketimi ile birlikte açığa çıkacak karbondioksit salınımının azaltılması hususunda ayrıca önemli olacaktır. Bu hususlar ile ilgili AB'nin binalarda enerji verimliliği sağlanmasına yönelik tedbirleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik teşvik politikaları her dönem önemini korumaktadır [5].

Enerji kaynaklarının sınırlı olduğu düşünüldüğünde; binalar ile ilgili dünyada birçok devlet yönetmelik ve mevzuatlar çıkarmak marifetiyle enerji performansının iyileştirilmesine yönelik tedbirler almaktadır. Benzer şekilde; Avrupa konut ve konut dışı inşaat sektörünü incelediğimizde, AB üye devletlerinde enerji kullanımını azaltmak, bina enerji verimliliğini arttırmak ve bina sektöründe yenilenebilir enerjinin kullanımını yaygınlaştırmak için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir [6].

AB tarafından; binalarda enerji tüketiminin uygun şekilde yönetilmesi amacıyla 2003 yılında 2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansı Direktifi" (EPBD) yürürlüğe girmiştir [7]. Direktif 19 Mayıs 2010 tarihinde 2010/31/EU sayı ile revize edilmiştir [8]. Bu direktifte "31 Aralık 2018'den sonra, kamu tarafından kullanılan ve sahip olunan yeni binalar sifıra yakın enerjili bina olacaktır." ifadesi yer almaktadır. Sıfıra yakın enerjili bina çok yüksek enerji performansına sahip ve tükettiği enerjinin bir kısmını yenilenebilir enerji

kaynaklarından elde eden bina olarak tanımlanmaktadır. Sıfıra yakın enerji seviyelerinin her bir bina türü için tanımlanması üye ülkelerin kendilerine bırakılmıştır.

Enerji verimliliği uygulamaları dikkate alınarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından istifade edilerek inşa edilen binalar genel anlamda fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi düşük olan, yüksek enerji performansına sahip binalardır. Yüksek enerji performansına sahip binalar ile ilgili dünyada “pasif binalar”, “düşük enerjili binalar”, “yeşil binalar”, “ekonomik binalar” vb. çok çeşitli terimler kullanılmakla birlikte literatürde genel kabul gören kesin bir tanım yer almamaktadır. Çeşitli kuruluşlar tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda puanlama yapılarak sertifikalar verilmek suretiyle düşük enerji tüketimi ile ilgili farklı tanımlamaları olan binalar bulunmaktadır. AB direktifleri doğrultusunda son dönemlerde “Sıfıra Yakın Enerjili Binalar” (NZEB) teriminin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu kapsamda; bu tez çalışması ile özellikle ülkemizde NZEB'lere yönelik detaylı çalışmaların sayısının yetersiz olması da göz önünde bulundurularak; öncelikle Türkiye’de Malatya ilinde konvansiyonel yöntemlerle inşa edilerek kullanılmakta olan bir kamu hizmet binasının mevcut durumunun EnergyPlus simülasyon programının ara yüzü olan DesignBuilder programı ile modellenip analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların binaya ait son yıllarda ölçülen gerçek enerji tüketim değerleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Müteakiben, mevcut binanın AB’de bulunan örnek NZEB'lere yönelik uygulamalar dikkate alınarak NZEB olması durumunun değerlendirilmesi için, aynı simülasyon araçları kullanılarak örnek kamu hizmet binasında dış duvar, çatı, pencere vb. detaylarında gerek duyulması durumunda iyileştirmeler yapılarak, ilaveten bina konumuna göre tercih edilebilir yenilenebilir enerji kaynakları belirlenerek sistem desteklenmiş ve enerji ihtiyacının azaltılması değerlendirilmiştir. Böylece, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile birlikte fosil yakıtların çevreye verdiği zararın da bir miktar önüne geçilmiştir. Sonuçlar elde edilerek konvansiyonel yöntemlerle inşa edilmiş bina enerji tüketim bedelleri ile NZEB olma durumunda bina enerji tüketim bedellerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

AB üyeliği amaçlayan ülkemiz için uyum sürecinde mevcut durumun tespit edilmesi, amaçlar doğrultusunda yapılacak çalışma ve karşılaştırma sonucu ortaya çıkacak durum ışığında diğer iklim bölgeleri ve yerel durumlar için de benzer çalışmalara örnek teşkil

etmesi amaçlanmıştır. Kamu öncülüğünde yaygınlaştırılacak örnek yapılar beraberinde özel teşebbüslere de yol gösterecek ve ülkemizin konut sektöründeki tasarruf potansiyeli maksimum ölçüde gerçekteőecektir. Bu çalışma sonucunda kamu binalarının NZEB olması durumunun ekonomikliği incelenmiş ve NZEB'lerin ülkemizde yaygınlaştırılmasına yönelik devletin yapacağı çalışmalara katkı sağlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

NZEB genel olarak çok yüksek enerji performansına sahip ve tükettiği enerjinin bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde eden bina olarak tanımlanmaktadır. 19 Mayıs 2010 tarihinde 2010/31/EU sayı ile revize edilerek yayınlanan EPBD bu doğrultuda üye ülkelerin kendi resmi düzenlemelerini yapmalarını zorunlu koştur [8]. Ancak, NZEB tanımı ve NZEB özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili net tabirler ortaya konulmamıştır. Bu doğrultuda; üye devletlerde NZEB’ler ile ilgili çeşitli makaleler, tezler ve çalışmalar yapılmak suretiyle konunun geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

AB üye devletleri ve Avrupa Komisyonu ortak bir inisiyatif olarak konu ile ilgili uyum eylem planları yayınlanmıştır. Ekim 2014 yılında yayınlanan “NZEB’lerden Seçme Örnekler” eylem planında farklı ülkelerde yer alan NZEB’lere ne tür yapısal işlemler yapıldığı, hangi değerlere ulaşıldığı, ne tür yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığı, örnek NZEB yapımındaki parametreler, ulusal standartlar ve yeni eski, kamu veya özel olarak yapımı tamamlanmış örnek NZEB’lere ait detaylı bilgiler verilmiştir [9].

Avrupa Bina Performans Enstitüsü tarafından hazırlanan raporla NZEB tanımı geniş olarak yapılmış, kapsamı tanımlanmış ve ülkelere göre yeni ve mevcut NZEB için özellikler tablolar halinde verilmiştir [6]. AB tarafından 2016 yılında yayınlanan tavsiye raporu ile NZEB hakkında geniş açıklayıcı bilgiler sunulmuştur [10].

Türkiye’de, dünyadaki ve AB’de bulunan enerji verimliliği çalışmalarına benzer şekilde enerji tüketim değerlerinin azaltılması ile ilgili çıkartılan kanun ve yönetmelikler vasıtasıyla yapılan çalışmalar desteklenmektedir. 1981 yılında yürürlüğe giren ve 2008 yılında ve müteakip yıllarda revize edilen “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, “Enerji Verimliliği Kanunu” ve “Binalarda Isı yalıtım Yönetmeliği” bunlardan bazılarıdır [11-13]. EPBD doğrultusunda yayınlanan “Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği”nde binalarda enerjinin verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin düzenlemeler yer almaktadır [14].

AB tarafından yayınlanan kanun ve yönetmelikler, kuruluşların çalışmaları ve çeşitli makaleler ile NZEB tanımlamalarına farklı bakış açıları getirilmiş ve yapılan örnek binalar ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Adıgüzel ve Javani, “Güneş Termal Enerjili ve Fotovoltaik Destekli Neredeyse Sıfır Enerjili Binaların Enerji ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi” başlıklı çalışmaları ile Antalya’da iki katlı bir müstakil evin elektrik enerjisinin ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisiyle karşılanmasını incelemiştir. Çalışma ile sıfır enerji konseptine Antalya’da ulaşmaya çalışmıştır. Fotovoltaik ve termik güneş enerjisi sistemleri tasarlanması ve farklı senaryoların bilgisayar programlarında simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonda, termik güneş enerjisi sistemi içinde bulunan vakum tüplü kolektörlerin çatının güneydoğusuna yerleştirilmesinin en verimli sonuç olduğu ortaya çıkmıştır. Güneydoğuya bakan çatıların fotovoltaik sistemler için uygun olduğu bilinse de, kuzeybatı yönündeki çatıların da enerji ihtiyacını karşılayabildiği görülmüştür. Ayrıca, montaj yönünün elektrik enerjisi üretimine etkisinin incelenebilmesi maksadıyla kuzeybatı yönlü ve güneydoğu yönlü aynı panel sayısı bulunan iki fotovoltaik sistem karşılaştırılmıştır. Güneydoğu yönlü sistemin, kuzeybatı yönlü sisteme göre %39.79 daha fazla elektrik enerjisi ürettiği hesaplanmıştır [15].

Wawerka, doktora tezinde Danimarka’da konvansiyonel yöntemlerle inşa edilmiş bir evin sifıra yakın enerjili hale getirilmesi için yapılan iyileştirme metotlarını incelemiştir. Enerji modellemesi, izleme, bina optimizasyonu ve doğrulama gibi ilerici tasarım teknolojileri kullanılarak, sifıra yakın enerjiye yönelik bir pilot enerji performansının çalışmasını açıklamaktadır. Bu çalışma ile çeşitli pasif ve aktif tasarım yöntemlerinin, yenilenebilir enerji sistemleri ile birlikte etkililiğine ilişkin tavsiyelerin formüle edilmesine yardımcı olunmuştur. Konut piyasasının gelecekteki enerji verimliliği gereksinimlerinin modellenmesine ve doğrulanmasına katkıda bulunulmuştur [16].

Torino Üniversitesinde yapılan çalışmada soğuk iklim bölgelerinde bulunan Kuzey Avrupa ve İskandinav ülkeleri tarafından geliştirilen özel tasarım metodolojileri ve yaklaşımlarının Akdeniz ikliminin özelliklerine uyarlanması için yapılan işlemler ele alınmıştır. Akdeniz ikliminde kışın ısıtma yükünün yanı sıra yazın soğutma yükünün önemi dikkate alınarak bina tasarımında karşılaşılan zorluklar ile Kuzey İtalya’da Piedmont bölgesinde yer alan CorTau evi olarak adlandırılan tek katlı konut tasarımı üzerinde sifıra yakın enerjili bina

hakkında yapılan değerlendirmeler sunulmuştur. Evde tamamen elektrik enerjisi kullanılmış ve tüm enerji ihtiyacı PV pillerden karşılanmıştır. Herhangi bir fosil kaynak kullanılmamıştır. Bina enerji simülasyonu EnergyPlus v8.1 enerji simülasyon programı kullanılarak yapılmış ve enerji analizi sonucu, uygulanan işlemlerin toplamda amortisman süresi 30 yıl olarak bulunmuştur. Sonuç olarak; NZEB tasarımı için enerji ile ekonomik açıdan mimari çözümleme ve optimal-maliyet metodunu dengeli olarak uygulanmasının en başarılı sonuca ulaştıracığı önerisinde bulunmuştur [17].

Ören, yüksek lisans tezinde örnek alınan bir ofis binasının enerji tüketimini etkileyen hususların incelenmesini yapmıştır. Son teknoloji ve en uygun ürünlerin kullanımıyla yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanmayı amaçlamıştır. Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) tasarımı dört borulu fan-coil sistemi ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında tüm parametrelere ait enerji tüketim değerleri hesaplanmış ve elde edilen değerler binaya ait referans değerler olarak kabul edilmiştir. Enerji tasarrufu yapabilmek için en uygun çözümler ve uygulamalar belirlenmiştir. Analiz çalışmalarında EnergyPlus enerji simülasyon programı kullanılmıştır. Yalıtım malzemeleri, cam kalınlıkları ve boşlukları, bina yönünün farklı olması durumu, konfor sıcaklıkları, infiltrasyon vb. parametrelerin en uygun olanları ile referans bina oluşturulmuştur. Müteakiben; gün ışığı, gölgelendirme vb. parametreler ile farklı alternatifler tasarlanarak birbiri ile karşılaştırmaları yapılmış ve elde edilen enerji tüketim değerleri sonucu en uygun olan durum belirlenmiştir [18].

Yıldız, doktora tezinde Türkiye'nin en soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum Havalimanı Terminal Binasının enerji performans karakteristiklerini analiz etmiş ve binayı Net Sıfır Enerjili Bina formuna dönüştürmeyi amaçlamıştır. Binayı; gerçek izolasyon seviyeleri, ısıtma, soğutma, ve iklimlendirme ekipmanları ve cihazları olan durumda DesignBuilder v4.5 ile modelleyerek EnergyPlus v8.3 bina enerji simülasyon programı kullanılarak simüle etmiştir. Söz konusu binanın konumu ile ilgili programa girilen iklim verileri sonucunda binanın enerji tüketimi, iç kazançlar ve CO₂ üretimi veri çıktıları elde edilmiştir. Terminal binasının gerçek enerji tüketimi ile simülasyon sonucu elde edilen tüketim değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucu toplam enerji tüketimi 485,83 kWh/m²yıl'den 196,63 kWh/m²yıl değerine düşerken bina toplam CO₂ emisyonu üretiminin 1.855.590 kg'dan 685.714 kg'a düştüğü görülmüştür. Bina dış kabuğuna yönelik iyileştirmelerin elde edilen veriler sonucu ekonomik ve akılcı

olmayacağı sonucuna ulaşmıştır. Bina enerji talebinin azaltılması kapsamında iyileştirmeler yapmış, ardından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile iyileştirmeler yaparak enerji ve ekonomik değerlendirmelerde bulunmuştur. Toprak kaynaklı ısı pompası ve fotovoltaik (PV) panellerin kullanılmasının ekonomik olacağı, güneş enerjili sıhhi sıcak su sisteminin ise ekonomik olmayacağı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca; bina enerji taleplerinin azaltılması ve NZEB formuna dönüştürülmesi işlemlerinin ilk yatırım maliyeti olarak yük getirmesine rağmen, bina enerji giderlerine ve çevre kirliliğinin önlenmesine katkıları sebebiyle yerel ve merkezi yönetimlerin desteğiyle yaygınlaştırılması önerisinde bulunmuştur [19].

İ.T.Ü Akademisyenleri tarafından “Makine Fakültesi Binası’nın Isıl Konfor Şartlarına Bağlı Enerji Analizi” başlığı altında makine fakültesine ait mahaller Autocad programı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan alanların üç boyutlu simülasyonu DesignBuilder programı ile yapılmıştır. DesignBuilder ve EnergyPlus ile yıllık enerji simülasyonları yapılarak binanın enerji tüketim miktarları belirlenmiştir. Bina dış kabuğundan gerçekleşen ısı kayıpları ile insan, makine, aydınlatma vb. ısı kazançları hesaplanmıştır. Oluşturulan model ve simülasyonunun gerçek durumla karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen değerler sonucu binanın mevcut konfor şartlarının ASHRAE.55’e (Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) uygun olmadığı sonucu elde edilmiş ve farklı iklimlendirme sistemlerinin gerekliliği ortaya konmuştur [20].

Sağlam, yüksek lisans tezinde yönetmelikteki açıklamalar referansında geleneksel bir konutun yüksek verimli net sıfır enerjili bina veya yaklaşık sıfır enerjili bina olabilmesi için pasif ve aktif çözümler kullanarak farklı çözüm paketleri oluşturmayı amaçlamıştır. Özellikle binanın yer aldığı bölgenin iklim koşullarının etkisi üzerinde durmuştur. Bina kabuğunu sabit alarak farklı iklim bölgeleri için tasarım gerçekleştirmiştir. Berlin ve İzmir şehirlerinin koşullarında bulunan yapılar için enerji tüketim değerleri azaltılmış, geriye kalan enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden sağlanmıştır. Sonuç olarak; binalarda yapılan iyileştirmeler ve uygulamalar sonucunda İzmir’de ilk yatırım maliyeti 310.940 TL ve enerji tüketim değeri 0 kW/m²yıl ve Berlin’de ilk yatırım maliyeti 322.950 TL ve enerji tüketim değeri 59,57 kW/m²yıl olan değerler elde edilmiştir. Tez sonucunda; günümüzde geleneksel yollarla inşa edilen yapılara oranla yüksek ilk yatırım maliyetleri olan NZEB’lerin teknolojinin gelişmesi ve maliyetlerin azalacağı öngörüldüğünden yaygınlaşacağı değerlendirilmiştir [21].

Çakmanus, çalışmasında yüksek enerji performansına sahip olan yaklaşık sıfır enerjili binalar ile ilgili tanımlamalar yapmış ve örnek üzerinden enerji hesapları yaparak detayları açıklamıştır. Bu tarz yapılar ile ilgili çalışmaların ve araştırmaların gittikçe yoğunlaşmasına rağmen neredeyse sıfır enerjili binaların tanımına yönelik net ifadeler olmadığını belirtmiştir. AB, EPBD ile NZEB'leri yüksek enerji performansı ve düşük primer enerji (fosil tabanlı enerji) tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Net sıfır enerjili bina $0,0 \text{ kW/m}^2\text{yıl}$ primer enerji tüketimi, neredeyse net sıfır enerjili bina ise yaklaşık olarak $0,0 \text{ kW/m}^2\text{yıl}$ primer enerji tüketimine sahip bina olarak tanımlanmaktadır. AB 2018'den sonra yeni binaların net sıfır enerjili binalar olmasını hedeflemektedir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışma sonucunda; NZEB'lerin yapılmasının günümüzde çok büyük yatırımlar gerektirdiği ortaya konmuştur [22].

Tıkır, yüksek lisans tezinde, İstanbul'da bulunan bir konut dış kabuğunun maksimum düzeyde enerji korunumu sağlanacak şekilde yenilenmesinin seçeneklerini incelemiş ve bunun binanın enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkilerini DesignBuilder programı aracılığıyla gözlemlemiştir. İstanbul Ataköy'deki bina, mevcut konutların yenilenmesinde bir örnek olarak alınmış ve enerjiyi etkin şekilde kullanmak üzere yapılan yenileme çalışmalarının ekonomikliği değerlendirilmiştir. Yapılan simülasyonların sonucunda bina kabuğuna uygulanan yalıtım ile binanın güney cephesindeki balkonun cam balkon yapılarak kapatılmasının en pozitif enerji etkin çözüm olduğu sonucuna varılmıştır. Binaya uygulanan işlemlerin enerji tasarrufuna etkileri, maliyetleri ve amortisman süreleri belirlenmiştir [23].

Erdoğan, yüksek lisans tezinde ülkemizde ve dünyada binaların enerji tüketimindeki yerine dikkat çekmiştir. Binalarda konfordan ödün vermeden, enerjiyi en verimli şekilde kullanmanın yolları aranmıştır. Malatya ili için örnek bir binada enerji verimliliği analizi yapmıştır. Farklı HVAC sistemleri seçerek örnek binada enerji simülasyonları gerçekleştirmiştir. Bu farklı sistemlerin yıllık enerji tüketim miktarları ve maliyetleri, yatırım maliyetleri, basit geri ödeme süreleri ve atmosfere salınımına sebebiyet verilen karbondioksit miktarlarını karşılaştırmıştır. Dış duvarların yalıtımlı, pencerelerin çift camlı olma durumlarındaki enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlikleri karşılaştırmıştır. Enerji simülasyonlarını gerçekleştirmek için Carrier HAP programından faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda; yıllık enerji maliyetinin ve atmosfere salınan CO₂ miktarının düşük olması, konfor şartlarını sağlama konusundaki yeteneği, FCU sistemlerinin örnek bina için

uygun olduğunu ve mimari alternatiflerin, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağladıkları görülmüştür [24].

Zeren, yüksek lisans tezinde İzmir’de bulunan Adnan Menderes Havaalanı Dış hatlar Terminalinin EnergyPlus programı kullanılarak enerji simülasyonlarını yapmıştır. Başlangıçta DesignBuilder programı kullanılarak çizimler yapılmış ve model oluşturulmuştur. Modelin simüle edilmesi ile elde edilen veriler gerçek ölçülmüş veriler ile karşılaştırılmıştır. EnergyPlus programı yardımıyla Adnan Menderes Havaalanı binasının konumunun değiştirilmesi ve farklı HVAC sistemlerinin kullanılması durumunun değerlendirilmesi yapılmıştır. Tezin sonucunda, yapılan analizlere göre binanın yıl boyunca soğutulmaya ihtiyacı olduğu ve ısınma için düşük miktarda enerjiye ihtiyaç olduğu belirlenmiştir [25].

Guğül ve Köksal “Alternatif Teknolojiler ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Müstakil Bir Konutta Kullanımının Teknoekonomik Analizi” araştırma makalesinde; Ankara’da yer alan ve 500 m²’lik müstakil bir konutun modeli ESP-r simülasyon programı yardımıyla oluşturulmuştur. Ardından uygulanan farklı senaryolar ile mevcut iklim şartlarında kullanılabilecek uygun malzemeler ile kullanımı muhtemel yenilenebilir enerji kaynakları belirlenmiştir. Model ölçüm verileri dikkate alınarak revize edilmiştir. Daha sonra program yardımıyla model yapı elemanlarında değişiklik yapılarak ve farklı enerji kaynakları sağlayarak çeşitli senaryolar uygulanmıştır. Sonuç olarak; yapılan optimum uygulamalar sonucu ortaya çıkan enerji tasarruf değerleri, maliyetleri ile amortisman süreleri belirlenmiştir [26].

Baytar ve Fazlıoğlu “Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Binasının Enerji Verimliliğinin İncelenmesi” başlığı ile oluşturdukları makale ile HAP ve MTH programları kullanılarak, KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü binasının ısı kaybı ve ısı yükü hesaplanmış, HAP yazılımı ile binanın enerji simülasyonu yapılarak, mevcut binada uygulanabilecek mimari iyileştirmelerin ve ısı yalıtımının enerji tüketimi ve maliyetine olan etkileri incelemiştir. Mevcut binanın çift camlı ve çatı yalıtımlı olması durumları irdelenmiş her iki iyileştirmenin birlikte uygulanması durumunda %40,23’e varan yakıt tasarrufu elde edileceği belirlenmiştir. Ayrıca, farklı HVAC sistemlerinin enerji ihtiyacı üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve mevcut bina için önerilerde bulunulmuştur [27].

Türkiye’de AB müzakere süreci ile birlikte NZEB konusu son zamanlarda ilgi görmeye başlamıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu arasında Alman Federal Hükümeti tarafından 6,5 milyon avro bütçeyle desteklenen “Ülkemiz için Neredeyse Sıfır Enerjili Bina Modelinin Geliştirilmesi Çalıştayı” başlığı altında Neredeyse Sıfır Enerjili Bina kavramlarının ve tanımının geliştirilmesi amacıyla çalışmalar düzenlenmekte ve toplantılar yapılmaktadır. NZEB ile ilgili bakanlık personeline eğitim verilmektedir. Kamu Binaları ve diğer bina türleri için NZEB kavramının uygulanması ile ilgili tartışmalara rehberlik etmek amacıyla bakanlıklar, odalar, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve özel şirketler bilgilendirilmekte ve çalışmalar ile işbirlikleri geliştirilerek devam etmektedir [28].

Ayrıca; AB desteğiyle “Train to NZEB” programı kapsamında sıfıra yakın enerjili binaların tanıtılması ve yaygınlaştırılması için Ege Üniversitesi ve Balıkesir Üniversitesinde “Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar Eğitim ve Danışmanlık Hizmeti” kapsamında bölümler açılmış ve belirli periyotlarda ücretsiz olarak uygulama ve malzeme tanıtımına yönelik kursiyerler eğitilmektedir [29].

Yukarıda bahsedilen makaleler, tezler ve çalışmalar göstermektedir ki AB aday ülkesi olan ülkemizde kamu kurumları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Eylem Planları bulunmasına rağmen geline aşama itibariyle özellikle mevcut kamu binalarının sıfıra yakın enerjili hale dönüştürülmesi ve yeni yapılacak binaların sıfıra yakın enerjili olma durumları ile ilgili örnek olarak uygulanmış ve yeterli analiz içeren çalışmalar olmadığı görülmektedir. NZEB örneklerinin kamu binalarında uygulanmaya başlanması ve müteakiben yaygın hale getirilmesi için bu tez örnek teşkil edecektir.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, bina kabuk elemanlarında yapılacak iyileştirmelerin avantajları, ülkemizde bulunan malzemelerin durumu ve yaygınlaştırılması, yenilenebilir enerji kaynaklı kullanılabilecek yöntemler için öncü olabilecektir. Elde edilen sonuçlar büyük oranda, ekonomik parametreler, piyasada gerçekleşen maliyetler, binalarla ilgili kabul edilen standartlar ve minimum değerler, birincil enerji dönüşüm katsayıları gibi ulusal parametrelere bağlıdır. Ayrıca; politik ve finansal olarak yapılacak desteklemelere raporlama yapmak adına çalışma nitelikli olmaktadır. Sıfıra yakın enerji seviyelerine ulaşmak için gerekli olan yenilenebilir enerji sistemleri ve bölgesel enerji sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksek ve özel olarak yönetilmesi gereken uygulamalardır.

3. DÜŞÜK ENERJİLİ BİNALAR, NZEB VE BİNA ENERJİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1. Düşük Enerjili Binalar

Dünyada binaların ve sistemlerin enerji tüketim değerlerinin azaltılması yönünde çalışmalar yayılarak devam etmektedir. Sürdürülebilir ve yüksek enerji performansına sahip binalar bazı kuruluşlar tarafından belirlenen kriterler üzerinden değerlendirilerek kategorize edilmekte ve sertifikasyonlarla tescillenmektedir. Farklı isterler ve puanlamalar belirlenerek sertifikasyon sistemleri geliştirilmektedir. Düşük enerji tüketimine ve yüksek enerji performansına sahip binalar ile ilgili günümüzde çeşitli tanımlamalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları düşük enerjili ev, ultra ev, pasif ev, sıfır enerjili ev vb.dir. Ayrıca; binalar ile ilgili çeşitli kuruluşların belirlemiş olduğu kriterler üzerinden puanlamalar yapılarak LEED, BREEAM vb. sertifikalar verilmektedir. Dünya üzerinde bulunan bu sınıflandırmaların bazıları ile ilgili kısa bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Pasif evler

Pasif evler; ısı konfor ve yeterli iç hava kalitesinin taze hava kütesinin ısıtılıp soğutulmasıyla sağlandığı binalardır. Pasif Ev yalnızca bir enerji standardı değil, en üst seviyede enerji korunumu sağlayan entegre bir yaklaşım olarak ifade edilmektedir. İlk modern, düşük enerjili evlerin bazıları 1970'lerin sonunda ABD ve Kanada'da inşa edilmiştir. Ancak; devam eden araştırmalar düşük petrol fiyatları sebebiyle ABD'de yaygınlaşmamış fakat Avrupa'da çalışmalara devam edilmiştir. Pasif Ev Standardı ilk olarak Prof. Dr. Bo Adamson ve Prof. Dr. Wolfgang Feist tarafından 1988 senesinde Almanya'da oluşturulmuştur. Daha sonra 1996 senesinde Almanya'da Pasif Ev Enstitüsü kurulmuştur. İlk Sertifikalı Pasif Ev, 1990 yılında Darmstadt Almanya'da inşa edilmiştir (Resim 3.1.). Bu yapı, 25 yıllık izleme süreci sonrasında teyit edilmiş yıllık ısıtma enerjisi tüketimi 10 kWh/m^2 'nin altında olan Avrupa'nın ilk çok aileli konutudur [30]. Türkiye'de pasif evlere yönelik Pasif Ev Enstitüsüne bağlı 2012 senesinde Sıfır Enerji ve Pasif Ev Derneği kurulmuştur.



Resim 3.1. 1990 Yılında inşa edilen ilk pasif ev (Darmstadt) [30]

3.1.2. Artı enerjili evler

İhtiyaç duyulan enerjiden daha fazla enerjiyi yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak elde edilen binalar artı enerjili binalar olarak bilinmektedir. Bu binalarda tüketilen enerji miktarından daha fazlası üretilmekte ihtiyaca göre depolama yapıp fazla olan enerji de satılmaktadır. Bu binalardaki incelemeler sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının yaygınlaştırılmasının ekonomik olarak sağlayacağı avantajlar ortaya çıkmaktadır. Bu tür binalarda enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından ve yerinde üretilerek sağlanması amaçlanmaktadır. Bu binaların, gelecek yıllarda teknolojinin gelişmesi ve malzeme fiyatlarının uygun duruma gelmesi, devlet tarafından enerji performansını artıracak teşvikler ve piyasayı düzenleyici politikalar geliştirilmesi sonrası herkes için daha ucuz ve daha erişilebilir hale geleceği öngörülmektedir. Artı enerjili binalara örnek olarak Resim 3.2.'de Rolf Disch Mimarlık tarafından tasarlanan Solar City gösterilmiştir [31].



Resim 3.2. Rolf Disch Mimarlık tarafından tasarlanan solar city evi [31]

3.1.3. Yeşil evler

Yeşil evler; belirlenen çevre ağırlıklı kriterlerin değerlendirilmesi ile sertifikalanmaktadır. Doğa dostu ve enerji tüketim değerleri minimum düzeyde olan binalardır. Bu binaların inşası sırasında konuşlandırılması, yönleri ile tasarımları, kullanılan malzemeler, çevresel faktörler vb. hususlarda yapılan değerlendirmeler sonucu sertifikasyon şartları oluşturulmaktadır. Yatırım maliyetleri klasik yöntemlerle inşa edilen binalar göre fazla olan bu binalar kısa sürede geri ödeme yaptıkları için kullanıcılarına avantaj sağlamaktadır [32].

3.1.4. LEED sertifikalı binalar

Dünyada yeşil binalara belirli standartlar sonucu sağlayacakları durumlara göre verilen en yaygın sertifikasyon LEED'dir. LEED sertifikası sürdürülebilir binalar elde etmek amacıyla Amerika Yeşil Binalar Konseyi tarafından geliştirilmiştir. Bu sertifikasyon ile bu örnek yapıların yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

LEED sertifikası verilmesi için standartlara göre puanlar ile değerlendirmeler yapan uzmanlar bulunmaktadır. LEED sertifikası 8 adet ana başlık üzerinden değerlendirilmektedir. Bunlar; konum ve bağlantı, inovasyon ve tasarım prosesi, enerji ve atmosfer, su verimliliği, sürdürülebilir araziler, malzeme ve kaynaklar, iç mekân kalitesi, farkındalık ve eğitim başlıklarıdır. 18 adet ön koşul ile birlikte toplamda maksimum 136 puan kazanılabilmektedir. Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi sertifika dereceleri 45-59 Sertifika, 60-74 Gümüş, 75-89 Altın ve 90-136 Platin olmak üzere dörde ayrılmaktadır [33].



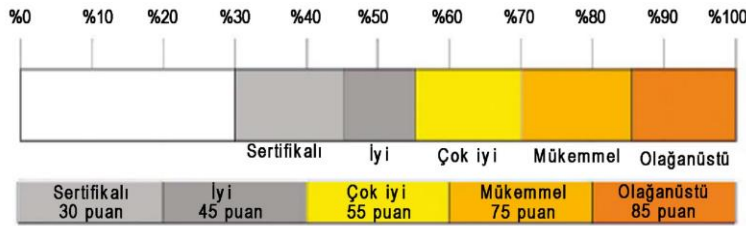
Şekil 3.1. LEED sertifikaları puanlama sistemi [33]

3.1.5. BREEAM sertifikalı yapılar

Dünyada en yaygın kullanılan bina sertifikasyonlarından birisi de BREEAM sertifika sistemidir. İlk kez İngiltere’de Bina Araştırma Kuruluşu tarafından 1990 yılında oluşturulmuştur. Daha sonra dünya genelinde yaygınlaşmıştır.

BREEAM değerlendirme sistemi, geniş bir kategoride binaların performans özelliklerine göre verilmektedir. Belirlenen kriterlerin ana başlıklarının bazıları; enerji, ekoloji, su, ulaşım, malzeme, atık, arazi kullanımı, bina yönetimi, iç mekan sağlık ve refahı, çevre kirliliğidir [34].

Kategorilere göre puanlama yapılmaktadır. Puanların toplanmasıyla binanın elde ettiği toplam puan belirlenir ve Şekil 3.2.’te gösterilen BREEAM derecelerine göre sertifika verilir.



Şekil 3.2. BREEAM Derecelendirilmesi [34]

Farklı tanımlamalar ve sertifikasyon dereceleri ile dünyada birçok enerji tüketimi düşük evlere yönelik kategorileştirme çalışmaları bulunmaktadır. Bu tez kapsamında bu tanımlamalardan ve kriterlerden farklı şekilde AB Standartları ve isterleri doğrultusunda sifıra yakın enerjili yapılar ile ilgili çalışmalar sunulmaktadır.

3.2. NZEB Tanımı ve Özellikleri

Dünyada bulunan düşük enerjili binalara benzer şekilde AB’de yaygınlaştırılması amaçlanan NZEB’lere yönelik AB tarafından 2002/91/EC sayı ile yayınlanan EPBD 2010/31/EU sayı ile daha sonra güncellenmiştir. Bu güncellemede en temel ve yeni değişiklikler AB üye devletlerinin 2020 yılı sonuna kadar tüm yeni binalarda ve 2018 yılı sonuna kadar yapılacak tüm yeni kamu binalarda NZEB şartlarının sağlanma zorunluluğu

olduğu belirtilmektedir. Bu kapsamda; üye ülkelerde “NZEB”lerin sayısını artırmak için planlar oluşturmalı ve bu planları düzenli olarak komisyona rapor etmelidir. Üye ülkeler, kamu sektörü binalarının enerji performansı ile ilgili olarak halka örnek şekilde olmasını sağlamalı ve planlarında bu binalar için çok daha iddialı hedefler koymalıdır. Bu kapsamda, kamu kurumlarınca kullanılan binalar ve halk tarafından sıklıkla ziyaret edilen binalar (belli büyüklükteki kamu kurumlarınca kullanılan veya halkın çok ziyaret ettiği mağaza, alışveriş merkezi, süpermarket, restoran, sinema, banka veya otel gibi) çevre ve enerji şartlarının dikkate alındığını gösteren örnekler olarak düzenlenmeli ve bu binalar için enerji performans sertifikaları halkın görebileceği şekilde teşhir edilmelidir.” ifadeleri yer almaktadır [8].

EPBD NZEB’ler için genel tanımı ve genel gereksinimleri içermektedir. Bu tanıma uygun hareket edilmesi için ihtiyaçların belirlenmesi üye devletlerin ulusal yasa ve yönetmelikleri ile yapılmasına bırakılmıştır. Yapılan ulusal çalışmalar ile ilgili Avrupa Komisyonunun bilgilendirilmesi istenmiştir.

2010/31/EU sayılı EPBD direktifinin iki madde ve bir eki ile üye devletlere NZEB’ler ile ilgili genelleme halinde açıklama yapılmıştır. Buna göre;

EPBD Madde-2

Sıfıra yakın enerjili bina, direktifte belirtildiği üzere “çok yüksek enerji performansına sahip bina” anlamına gelmektedir. Neredeyse veya çok düşük miktarda gerekli olan enerji büyük ölçüde yerinde veya yakınlarda üretilen yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji ile çok karşılanmalıdır. Üye ülkeler NZEB tanımlamasını ve uygulamasını yaparak bu konu ile ilgili ulusal planlamalar ile düzenlemeler yapmaktan sorumludurlar [8].

EPBD Madde-9

Üye Devletlerin yerine getireceği şartlara göre; 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla tüm yeni binalar sıfıra yakın enerjili bina olacak ve 31 Aralık 2018 sonrasında kamu kurumlarınca kullanılan ve kamuya ait olan yeni binalar sıfıra yakın enerjili bina olacaktır. Üye devletler, sıfıra yakın enerjili bina sayısını artırmak için ulusal planlar hazırlayacaklardır. Bu planlar, bina kategorisine göre farklılaştırılmış hedefler içerebilecektir.

Ulusal planların içeriği, diğer şartlara ilaveten üye devletlerin sifıra yakın enerjili binaların tanımlanması uygulamalarında detaylı uygulamalar ulusal, bölgesel veya yerel koşullar dikkate alınarak ve yıllık birincil enerji kullanımının sayısal göstergesi olacak şekilde kWh /m² cinsinden ifade edilecektir [8].

EPBD EK-1

Binaların enerji performansının hesaplanmasına ilişkin genel çerçevede; bir binanın enerji performansı, kullanımına yönelik (ısıtma, soğutma vb.) ihtiyaçlarını yansıtmalıdır. Konfor koşullarını korumak ve sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılamak için (aşırı ısınmayı önlemek için) farklı ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik gerçek enerjisi veya hesaplanan enerjisi belirlenmelidir. Ayrıca, ek birincil enerji gösterge ve hesaplama metodolojisi (Avrupa standartlarını dikkate almalıdır), hangi yönlerin dikkate alınacağını ve hesaplama yöntemini belirtir. Burada binalar önceden tanımlanmış birkaç bina kategorisine sınıflandırılması amaçlanmaktadır [8].

NZEB'ler, enerji tasarrufuna yönelik en uygun malzemelerin kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla desteklenen yapılardır. NZEB'lerin genel olarak tanımlanması ile ilgili net kavramlar bulunmamakla birlikte değişik bakış açılarıyla farklı tanımlamalar mevcuttur. NZEB'lerin yaygınlaştırılması sürecinde genel kabul görececek hesaplama yöntemleri ile tanımlananın yapılması gerekliliği ortadadır.

Söz konusu direktifin NZEB'ler ile ilgili tanımlama ve enerji tüketimi hesaplama yöntemlerine ilişkin genel ifadeler kullanılmıştır. Ancak, belirtilen şartların sağlanmasına yönelik çalışmalar ulusal düzeyde üye devletlerin sorumluluğuna bırakılmıştır. Direktifte belirtilen genel çerçevenin özetlenmesi gerekirse binaların; enerji performansı çok yüksek, düşük düzeyde enerji ihtiyacı olan, kWh/m² olarak birincil enerji göstergeleri belirlenen ve büyük ölçüde yenilenebilir enerji kaynaklarının katkı sağladığı yapılar olması gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Üye devletlerin ulusal planlarını düzenlerken NZEB sayılarının artırılmasına yönelik detaylı çalışmaları da tavsiye edilmiştir. Yıllar bazında EPDB gereği uygulanacak hususlar Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yıllar bazında EPDB gereği uygulanacak hususlar [35]

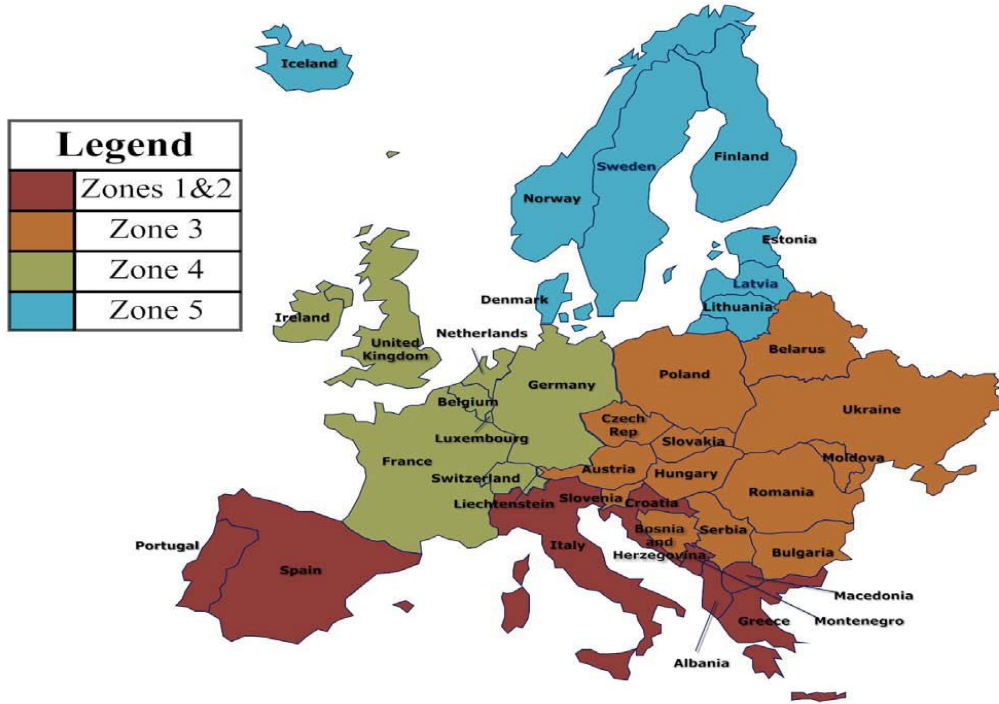
NZEB ile ilgili tanımlamalar EPBD’de genelleme ile yapılmış olsa da üye ülkeler ve özel şartlar ışığında ulusal planlarda detaylı olarak tekrar güncellenmelidir. Çok yüksek enerji performansına sahip binalar direktifte çok net belirtilmemiştir. Ancak; AB Uyum Eylem planlarında örneğin; yüksek dereceli enerji performans sertifikalarına sahip, pasif evlerin şartlarını sağlar seviyelerde ve yüzdesel olarak ulusal enerji performans gerekliliklerinden daha iyi duruma getirilmesi olarak önerilerde bulunmaktadır. Neredeyse sıfır veya çok az miktarda enerji ihtiyacının net bir tanımı olmamakla birlikte, enerji ihtiyacı, nihai enerji veya birincil enerji olarak tanımlanabilmektedir.

Üye ülkelerin yaklaşık %40’ında henüz NZEB hakkında detaylı bir tanım bulunmamaktadır. Ancak; yasal belgeler, yönetmelikler, enerji kararnameleleri, resmi talimatlar veya ulusal NZEB planları ile ülkeler gerekli çalışmaları yapmaktadır [37].

Çoğu üye ülkede, neredeyse sıfır veya çok düşük miktarda enerji için gereken sınırlar birincil enerji göstergesi ile belirlenmektedir. Buna ilaveten diğer parametreler yapı bileşenlerinin U değerleri, ortalama bina kabuğu U değerleri, ısıtma, soğutma ve muhtemelen diğer enerji kullanımları için net ve nihai enerji değerleri ve CO₂ emisyon değerleri ile belirlenmektedir. Yenilenebilir enerji kullanım oranı bazı üye ülkelerin NZEB tanımlarında bulunmamakla birlikte genel itibariyle incelendiğinde %50’ye kadar katkı sağlayabildiği değerler görülebilmektedir [35].

NZEB’ler direktif doğrultusunda yaygınlaştırılırken aynı zamanda maliyet-optimum olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda; enerji fiyatları, elektrik ve bölgesel ısıtma için birincil enerji faktörleri, geliştirilmiş verimlilik, araştırma ve endüstri yenilikleri, yapı malzemesi maliyetleri vb. faktörler dikkate alınarak çalışmalar yürütülmelidir.

Üye ülkelerden 10 tanesinin mevcut ulusal NZEB planlamaları gözden geçirildiğinde birincil enerji değerleri 20 ila 200 kWh/m²yıl arasında değişkenlik göstermektedir. Benzer iklim değerlerine sahip ülkelerde dahi farklı enerji kullanımları ve farklılık gösteren hedeflerden kaynaklı değerler değişkenlik gösterebilmektedir. Üye ülkelerin nümerik olarak tanımlamalarına benzer birincil enerji faktörleri kullanarak bakacak olursak benzer iklim verileri ile bölümlere ayrılmış hali ve tanımlamalarına genel bakışı Şekil 3.4'te görebiliriz [36].



Şekil 3.4. ECOFYS iklim bölgelerinin sıralaması için uygun teknoloji seçenekleri ve bina performansının karşılaştırılması [36]

Üye Devletlerin ulusal hazırlıkları sonucu AB için genel bakış adına hesaplama yöntemlerinin farklı olması sebebiyle daha fazla rehberliğe ihtiyaç duydukları sonucu ortaya çıkmaktadır.

Üye ülkelerde yapılan uygulamalardan görüleceği üzere; NZEB'ler ile ilgili tanımlamalar çeşitlilik göstermektedir. Yaygın ve genel kullanılacak bir NZEB tanımı için; sayısal göstergenin içeriğini ve farklı üye devletlerde ihtiyaçlarını anlayabilmek için parametreleri benzer hale getirmek gerekmektedir. Direktiften pozitif şekilde yararlanabilmek adına yerel yetkililere görev düşmektedir. Yetkililer konu ile ilgili detaylı çalışmalarla bilgilendirilmeli ve çalışmalara dâhil edilmelidir. Direktifte belirlenen genel

koşulların detaylandırılması ve ulusal olarak ele alınması üye ülkelerin görevidir. Türkiye’de AB üyeliği için uzun yıllardır politikalar üreten bir ülke olarak AB fonları ile desteklenen Train to NZEB kapsamında çeşitli üniversitelerde profesyonel akademisyenler vasıtasıyla sektör temsilcileri, uygulayıcılar ve öğrencilere eğitimler verilmekte, konunun anlaşılması ve yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmaların sonucunda önümüzdeki yıllarda ülkemiz koşullarına göre NZEB’lerin yaygınlaşması sağlanacak ve bu binalara için malzeme sağlamaya yönelik yerli firma sayıları artırılabilecektir. Burada ekonomik göstergeler dikkate alınarak devlet teşviki ve devletin öncü olarak kamu binalarından işe başlaması önem arz edecektir [29]

Ayrıca; Türkiye’de AB ülkeleri ile benzer biçimde, AB’ye uyum süreci içerisinde, yeni yasal düzenlemeler getirilmekte, mevcut yasalar iyileştirilmekte, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin yeni yasal mevzuatlar uygulamaya konulmaktadır.

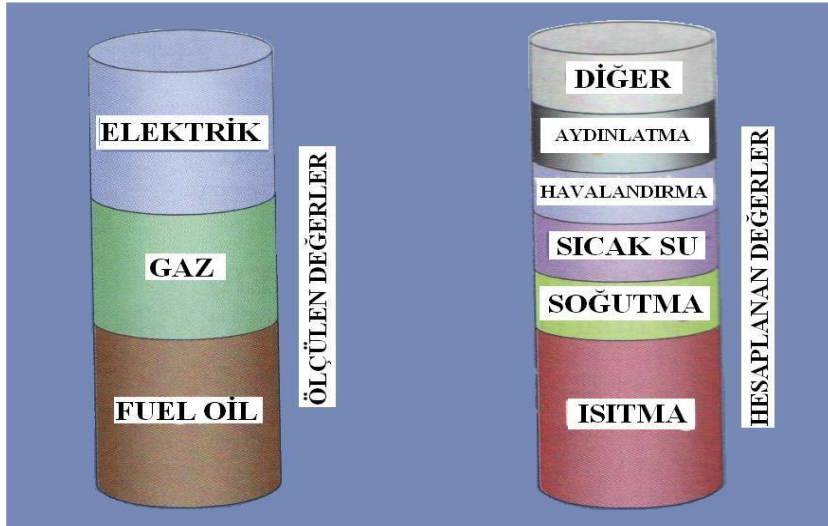
Türkiye’de AB’deki çalışmalara paralel olarak yapılan düzenlemelerin en önemlisi, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’na dayanılarak 2002/91/EC sayı ile 05 Aralık 2019 tarihinde yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği”dir. BEP Yönetmeliği’nin amacı, “dış iklim şartlarını, iç mekân gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” olarak belirtilmiştir [14].

3.2.1. NZEB metodolojisi

Binaların enerjilerini sağlamak üzere sisteme dâhil edilen gaz, elektrik vb. enerjilerin miktarları sağlanan enerji olarak tanımlanmakla birlikte, binada bu enerjiler ısıtma, soğutma, kullanım suyu vb. alanlarda kullanılmaktadır. Gaz, elektrik vb. sağlanan enerjiler yenilenebilir enerji kaynaklı da olabilmektedir. Ayrıca, bina içinde üretimi yapılan ve

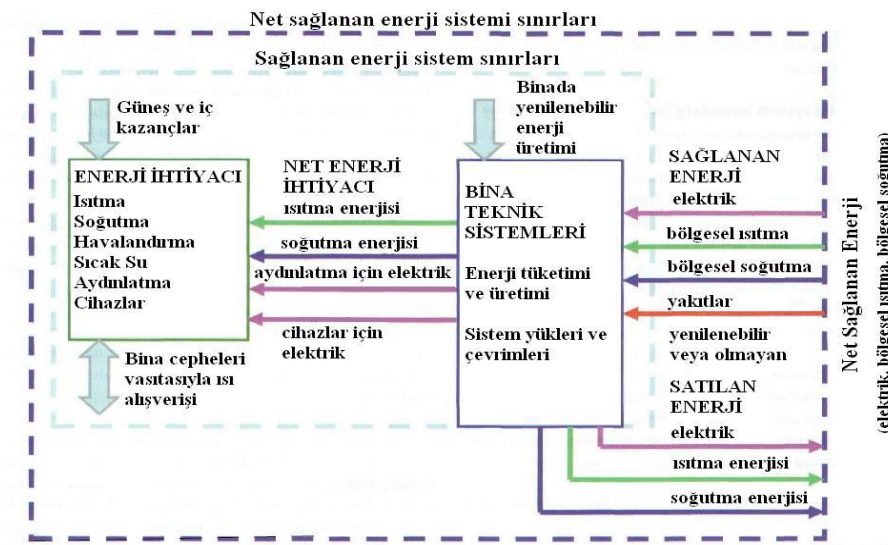
fazlası sisteme satılan enerjiler de satılan enerji olarak tanımlanmaktadır. Bu iki enerjinin farkı bize net sağlanan enerjiyi vermektedir.

Bir binanın ihtiyaç duyulan ve hesaplanan enerji tüketim alanları ile bu enerjilerin kaynaklarının ölçülen değerleri Şekil 3.5.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Bina enerji ihtiyacının karşılamak üzere kullanılan enerji. [22]

Binalarda enerjilerin kullanım alanları, kaynakları, sınırları ve enerjilerin tüketimleri ile ilgili ilişkiler Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Bina enerji sınırları ve tanımlamalar [22]

Birincil enerji hesaplamaları sırasında doğalgaz elektrik vb. toplam enerji tüketim değerleri birincil enerji katsayısı ile çarpılmaktadır ve bu katsayılar ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir [22].

3.2.2. NZEB için enerji performans göstergeleri

Çoğu ülkedeki NZEB tanımları ana göstergelerden biri olarak maksimum birincil enerjiyi almaktadır. Birkaç durumda (örneğin Hollanda ve Belçika'nın Flaman Bölgesi), binanın birincil enerji kullanımı, binaların birincil enerji kullanımını benzer özelliklere sahip bir "referans" bina ile karşılaştırarak, boyutsal olmayan bir katsayı yoluyla değerlendirilir. Bazı ülkelerde (örneğin Birleşik Krallık, Norveç ve İspanya), karbon emisyonları ana gösterge olarak kullanılırken, diğerleri (örneğin, Avusturya ve Romanya) karbon emisyonları birincil enerji kullanımına tamamlayıcı bir gösterge olarak kullanılmaktadır.

Konut binaları için, çoğu düzenleme 50 kWh /m²yıl'dan yüksek olmayan bir birincil enerji kullanımına sahip olmayı amaçlamaktadır. Genel olarak, farklı hesaplama metodolojisi, iklim koşulları ve bina tipolojisi nedeniyle, Avrupa'daki konut dışı binalar için en yüksek birincil enerji seviyesi 0 ile 270 kWh /m²yıl arasında değişmektedir [35].

Söz konusu düzenlemeler ile ilgili AB tarafından izleme yapılmaktadır. Ancak; üye devletlere direktifte belirtilen şartları sağlamamaları durumunda herhangi bir yaptırım söz konusu değildir.

3.3. Bina Enerji Analizleri

3.3.1. Simülasyon programlarının karşılaştırılması

Binaların sürdürülebilir enerji performansları sağlamalarına yönelik enerji tüketim değerlerinin azaltılması ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda binaların tasarım aşamalarından işletme aşamalarına kadar birçok süreçte enerji simülasyon programları kullanılmaktadır. Dünyada genellikle bina enerji analizleri yapmak, enerji kullanımları ile işletme maliyetlerini karşılaştırmak ve elde edilen değerler doğrultusunda işlemler yapmak için simülasyon programları sıklıkla kullanılmaktadır. Mevcut binaların olumlu olumsuz yönlerini veya yeniden yapılan bir binanın kullanım

amacına en uygun en verimli tasarımının yapılması adında bina enerji analizi çok önemlidir. Bina enerji analizlerinde son zamanlarda yazılımı yapılan bilgisayar programlarıyla entegre halde çalışabilen bina enerji simülasyon programları kullanılmaktadır. Binaya ait ölçülen değerler ile iklimsel verilerin simülasyon programlarına doğru aktarılması durumunda gelişmiş teknoloji ile birlikte gerçeğe yakın analiz sonuçları elde etmek mümkün olmaktadır. 1960'ların başlarına kadar binaların enerji performansları el ile değerlerin girilmesi ve hesaplamalar yapılması metoduyla belirlenmekteydi. Sonraki süreçte genellikle binaların enerji ihtiyacının belirlenmesi ve kullanılacak ekipmanların seçilmesine yönelik ilerleyen bilgisayar programları ile daha pratik, detaylı ve hızlı bir şekilde analizler yapılmıştır.

Dünyada bina enerji performans analizi için birçok simülasyon programı bulunmaktadır. Bina enerji performans analizi simülasyon programlarından en yaygın kullanılanlarından bazıları EnergyPlus, TRNSYS, ECOTECT, Energy-10, Equest, ESP-r, BEP-TR'dir.

Türkiye'de de BEP-TR adlı milli yazılım geliştirilmiştir. Eğitim verilen uzmanlar tarafından ilgili yönetmelikler kapsamında kullanılarak enerji kimlik belgesi düzenleme vb. işlemler yapılabilmektedir [37].

Söz konusu programlar kullanıcı ihtiyaçları açısından farklı artı ve eksi yönleri sahiptir. Harputlugil tarafından BEP yönetmeliğindeki beklentiye göre simülasyon programlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Gerek duyulan ihtiyaca göre en uygun programla çalışmak en uygun sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Yapılan karşılaştırma Çizelge 3.1.'de sunulmuştur [38].

Çizelge 3.1. Simülasyon programlarının karşılaştırılması [38]

Simülasyon entegrasyonu	ECOTECT	Energy-10	e-QUEST*	Energy-Plus*	Esp-r*	TRNSYS*
Mimari çözüm alternatiflerinin modellenmesi ile güneş gölge analizleri	+	+	+	+	+	+
Yüzeylerin güneşlenme sürelerine dayalı analiz	+	+	-	+	+	+
Gün ışığı faktörü ve aydınlık düzeylerine ilişkin modelleme	+	-	-	+	+	+
Hava akış simülasyonu (CFD) ile doğal havalandırma analizi	-	-	-	+	+	+
Yapı kabuğunun modellenmesi	-	-	-	+	+	-
Alternatif malzemelerin performans analizi	+	+	+	+	+	+
Yenilenebilir enerji kaynaklarına imkan veren bileşen entegrasyonlarının araştırılması	-	-	-	+	+	+
Isıtma ve soğutma sistem tasarımını olanaklı kılan performans simülasyonu analizi	-	-	+	+	+	+
HVAC sistem tasarımını olanaklı kılan simülasyon uygulamaları	-	-	+	+	+	+
İç ortam hava kalitesinin analizi, CFD analizi	-	-	-	+	+	+
* Bu simülasyon programları IEA SHC Tasks 8, 12 ve 22 içinde geliştirilmiş ve ASHRAE'nin ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 Bina Enerji Analizi Bilgisayar Programları Standart Test Yöntemi (Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs) adı ile standartlaştırılarak geçerli bir test yöntemi olarak kabul görmüş olan BESTEST yöntemi içinde karşılaştırma tabanı olarak kullanılan ve güvenilirliği standartça kabul edilmiş olan programlardır.						
** Burada söz edilen simülasyon programları ile ilgili özet bilgi ekte yer almaktadır.						

3.3.2. NZEB analizi için energypplus ve designbuilder kullanılması

Binaların enerji açısından etkin ve verimli halde olması tasarım aşamasından itibaren yürütülecek hassas çalışmalar ve hesaplamalar ile uygulamada doğru malzemelerin kullanımı ile mümkün olmaktadır. Enerji ile ilgili performansın ölçülerek doğru yönelme açısından günümüzde simülasyon programlarından maksimum düzeyde faydalanılmaktadır. Belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda en uygun simülasyon programı üzerinde çalışmaları yürütmek binanın kullanımında gerçeğe yakın sonuçlar elde etmeyi sağlayacaktır. Bu tez kapsamında; hesaplamaların uzun sürecek konvansiyonel yöntemlerle

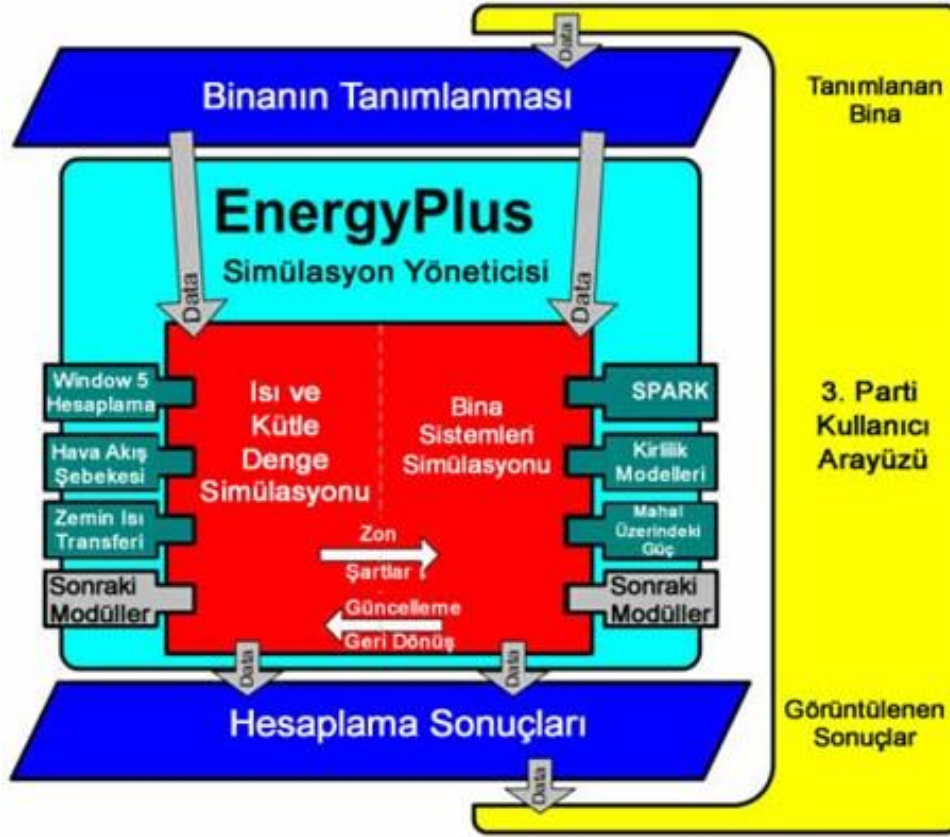
yapılarak gerçek değerlerle karşılaştırılması yerine kullanım kolaylığı ve detaylı analiz çıktıları vermesi sebebiyle Çizelge 3.1.'de görüleceği üzere bu çalışmaya en uygun simülasyon programı olarak EnergyPlus programı ara yüzü DesignBuilder tercih edilmiştir.

EnergyPlus

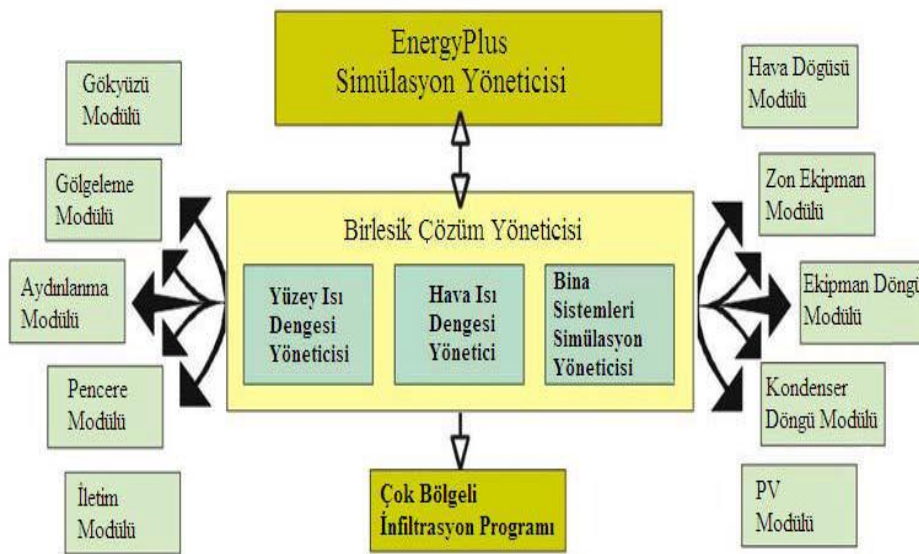
EnergyPlus, 1970'lerin başlarında ABD'de geliştirilmeye başlanmış DOE-2 ve BLAST gibi iki önemli programın daha sonra birleştirilmesiyle ortaya çıkan ve Lawrence Berkeley Laboratuvarı'nda geliştirilmeye devam eden kapsamlı bir bina enerji performans modelleme aracıdır. EnergyPlus kullanılarak binaların cephe sistemlerinin tasarımı ve analizi, yapay ve gün ışığı ile aydınlatma tasarımı, ısı ve görsel konfor analizi, ısı yük hesabı, iklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve analizi, yenilebilir ve bölgesel ısıtma/soğutma yapan sistemlerin tasarımı, karbon salınımı ve binanın enerji giderleri gibi birçok bina performans analizi detaylı dinamik yöntem kullanılarak yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra EnergyPlus ile yeşil bina tasarımı detaylı bina modeli oluşturularak yapılabilmekte olup LEED ve BREEAM gibi gönüllü sertifikasyon programlarına uygun enerji modellemesi yapmak ve istenilen çıktıları sonuç dosyası halinde alabilmek mümkündür. EnergyPlus, binanın ısıtma-soğutma yüklerini transfer fonksiyonu, sonlu farklar ve sonlu elemanlar gibi algoritmalar kullanarak hesaplayabilmektedir. Detaylı dinamik hesaplama yöntemini kullanarak yıllık (8760 saat için) hesaplama yapmaktadır. Bu hesaplamalar saatlik iklim verileri kullanılarak yapılmaktadır. Bu program aracılığıyla binin üzerinde zon ve iklimlendirme sistemi modellenenbilmektedir. Özellikle yeni kullanıcılar için programın basit ve detaylı kullanımına yönelik oldukça fazla sayıda ve kolay anlaşılır eğitim dokümanı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra dört yüzün üzerinde EnergyPlus kullanılarak modellenmiş örnek bina enerji modeline programın indirilmesi ile kolaylıkla ulaşılabilmektedir. Dünya'nın farklı şehirlerine ait binin üzerinde iklim verisine de programı indirerek kolayca erişilebilmektedir [39]. EnergyPlus yazılımının program yapısı Şekil 3.7.'de ve enerji simülasyon yöneticisinin yapısı Şekil 3.8.'de gösterilmiştir [40].

EnergyPlus programına bina yapısı, iklim verileri, ısıtma, soğutma verileri vb. girişler programın IDF Editor kısmıyla yapılmaktadır. Programa bu girişlerin EnergyPlus

programında uzun sürmesi sebebiyle programcılar tarafından DesignBuilder, EP-Quick vb. ara yüz programları geliştirilerek işlemler ve uygulamalar daha kullanışlı hale getirilmiştir.



Şekil 3.7. EnergyPlus yazılımının program yapısı [40]

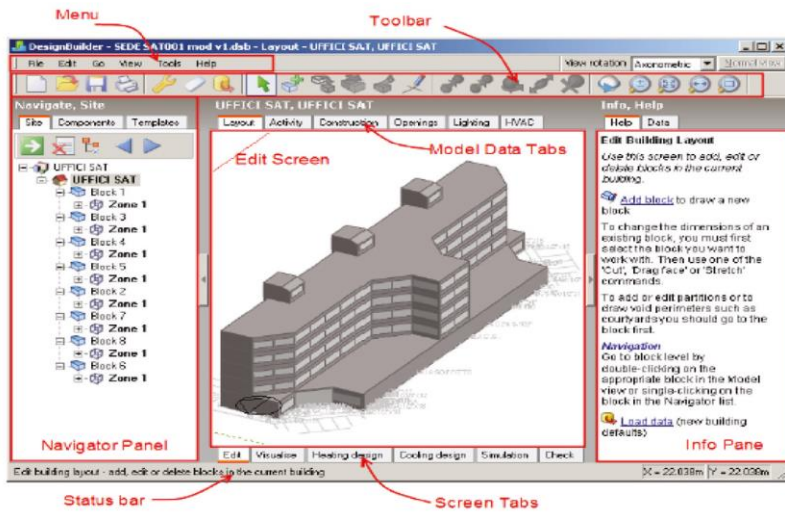


Şekil 3.8. EnergyPlus yazılımının simülasyon yöneticisi yapısı [40]

DesignBuilder

DesignBuilder EnergyPlus'ın en sık kullanılan ara yüz programıdır. EnergyPlus programında bulunan kullanılabilirliği zor veri girişleri ve bölümler geliştirilmiş ve DesignBuilder programında kullanım kolaylığı sunulmuştur. 2 veya 3 boyutlu programlarda oluşturulmuş bina çizimlerinin modellenmesini desteklemekte ve binanın en ayrıntılı şekilde tasarımı yapılabilir. Ardından kullanışlı girişlerinden binanın konum bilgileri, iklimsel veriler vb. değerler tanımlanmaktadır. Bünyesinde bulundurduğu geniş kütüphanesinde yer alan yapı malzemeleri, aydınlatma çeşitleri, HVAC ekipmanları vb. veri girişleri yapılarak istenen düzeyde enerji tüketim değerleri, çevresel değerlendirmeler yıllık, aylık, günlük ve saatlik aralıklarda ayrıntılı bir biçimde raporlanarak çıktılar alınabilmektedir. Modellemenin doğru yapılması ve veri girişlerinin gerçeğe yakın olması durumunda binanın gerçek kullanımı ile ilgili yakın değerlere simülasyon programı üzerinden ulaşılabilir.

DesignBuilder, farklı modüllere sahip paketler içinde sunulan lisanslı bir programdır. İnternet adresi üzerinden programın satın alma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Farklı programlardan gbXML ve DXF formatında kaydedilen bina verileri kolaylıkla DesignBuilder'a aktarılarak kullanılabilir. Başka programların yardımına gerek kalmadan binanın mimari ve mekanik olarak modellenmesi, analiz edilmesi ve sonuç alınması oldukça hızlı ve basittir. DesignBuilder programının ekran görüntüsü ve komutlarına ait bir örnek Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. DesignBuilder programı ekran görüntüsü ve komutları [38]

Untitled

Layout Location Region

Location Template

Template LONDON/GATWICK ARPT

Site Location

Latitude (°) 51.2

Longitude (°) -0.2

Site Details

Elevation above sea level (m) 62.0

Exposure to wind 2-Normal

Site orientation (°) 0

Ground

Construction Cultivated clay soil (0.5m)

Surface reflectance 0.20

Texture Dark grey

Monthly Temperatures

Jan (°C) 16.0

Feb (°C) 16.0

Mar (°C) 16.0

Şekil 3.10. İklim ve arazi verilerinin seçilmesi [38]

Bina geometrisi oldukça geniş kapsamlı ve kolay uygulanan çizim teknikleri sayesinde en basitten en karmaşık tasarımlı binalara kadar rahatça modellenebilmektedir. Şablonlarda bulunan oldukça geniş kapsamlı yapı malzemesi stokundan faydalanılarak ya da bu yapı malzemelerinin kullanıcı tarafından oluşturulması ile istenilen her katmanlaşmaya uygun duvar, çatı, döşeme ve pencere modellenebilir. İklim ve arazi verilerinin programa girişi ile ilgili menüye ait görüntü Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Layers Surface properties Image Calculated

General

Name Example Wall

Source

Category Walls

Region INDIA

Layers

Number of layers 4

Outermost layer

Material Brick - Brickwork, Outer Leaf

Thickness (m) 0.1000

Bridged?

Layer 2

Material XPS Extruded Polystyrene - CO

Thickness (m) 0.2

Bridged? 1. Switch off bridging

Layer 3

Material Concrete Block (Medium)

Thickness (m) 0.1000

Bridged?

Innermost layer

Material Gypsum Plastering

Thickness (m) 0.0130

Bridged? 2. Set the U-value to bridged value

Şekil 3.11. Yapı bileşenlerinin modellenmesi [38]

TS 825, ASHRAE 90.1 gibi ulusal ve uluslararası bina standartlarında geçen iklim bölgelerine göre uygun ısı geçirgenliğine sahip yapı bileşenlerinin modellenmesi de mümkündür. Yapı bileşenlerinin modellenmesine ait menü görüntüsü Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Bunların dışında DesignBuilder ile duvarların nemlilik analizi de yapılabilmektedir. Kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma ve ekipman yükleri uygun zaman takvimleri ile kolayca modelde tanımlanabilir. Ayrıca programda farklı bina tiplerine göre hazırlanmış çok sayıda zaman takvimi ile şablonlardan çok sayıda aydınlatma armatür seçimi ve buna bağlı olarak aydınlatma yükü tanımı yapılabilir. Belirlenen zamanlarda bina içindeki ve dışındaki değişkenlere göre binada doğal havalandırma yapmak mümkündür. Design Builder, kullanıcılarına farklı 3 tip yöntemle mekanik sistem modelleme seçeneği sunmaktadır. Basit Sistem ile Mekanik Sistem Modellemesi, Kompakt Sistem ile Mekanik Sistem Modellemesi ve Detaylı Yöntem ile Mekanik Sistem Modellemesi olarak sıralayabiliriz.

Tez kapsamında örnek mevcut kamu hizmet binasının modellenmesinde ve simülasyonlarının yapılması işlemlerinde DesignBuilder simülasyon programı satın alınarak işlemler yapılmıştır. DesignBuilder Türkiye distribütörü Altensis firması tarafından ücretli olarak sunulan ve yıllık bazda kullanım hakkı verilen student mode kullanılmıştır. Ayrıca söz konusu firma tarafından yılın belirli periyotlarında programa ilişkin eğitimler düzenlenmekte ve programın yaygınlaşması için çalışmalar yapılmaktadır [41].

4. ÖRNEK BİNANIN SEÇİLMESİ, MODELLENMESİ VE ENERJİ SİMÜLASYONUNUN YAPILMASI

4.1. Örnek Binanın Seçilmesi

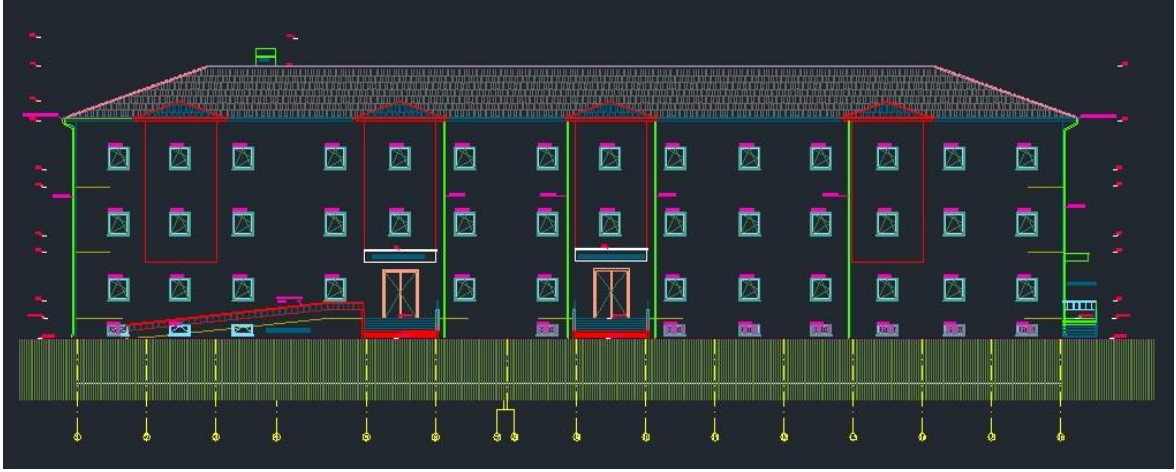
4.1.1. Genel bilgiler

AB, EBPD kapsamında kamu sektöründeki sifıra yakın enerjili binaların yaygınlaştırılması için, 2014 yılından itibaren bazı ülkelere yönelik üretilen projeler kapsamında fonlarla destekleme yapmaktadır. Benzer şekilde ekonomik olarak desteklenecek projeler ile adaylık sürecinde olan ülkemizde öncü olarak kamu kuruluşlarına ait binaların, direktif doğrultusunda eskilerinin iyileştirilmesi ve yeni yapılanların belirlenen standartlara yakın değerlerde imal edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde kamu binalarına yönelik NZEB ile ilgili fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple kamu kurumunun tip kamu binalarının NZEB haline getirilmesine yönelik çalışma örnek teşkil edecektir.

Örnek bina olarak Malatya ilinde bulunan kamu hizmet binasının seçilme sebebi son birkaç yıla ait elektrik, su, doğalgaz vb. gibi bina kullanımıyla ilgili ölçülen gerçek değerlerin düzenli olarak kayıt altında ve erişilebilir olmasıdır. Ayrıca; bina kabuk detayları ve yapı malzemeleri incelendiğinde konvansiyonel yöntemlerle inşa edilmiş olması örnek NZEB değerleri ile karşılaştırılması adına avantaj olarak görülmüştür. Kurumun uygulamalarında tip proje olarak kullanılması diğer bölgelerde yapılacak uygulamalara ışık tutacaktır.

Örnek olarak seçilen bina Malatya şehir merkezinde betonarme olarak inşa edilmiştir. Bina kamuya aittir ve hizmet binası olarak kullanılmaktadır. Yapı; bodrum, zemin ve 1 ile 2. kattan oluşan toplam 4 katlı ve 840 m² oturma alanına sahiptir.

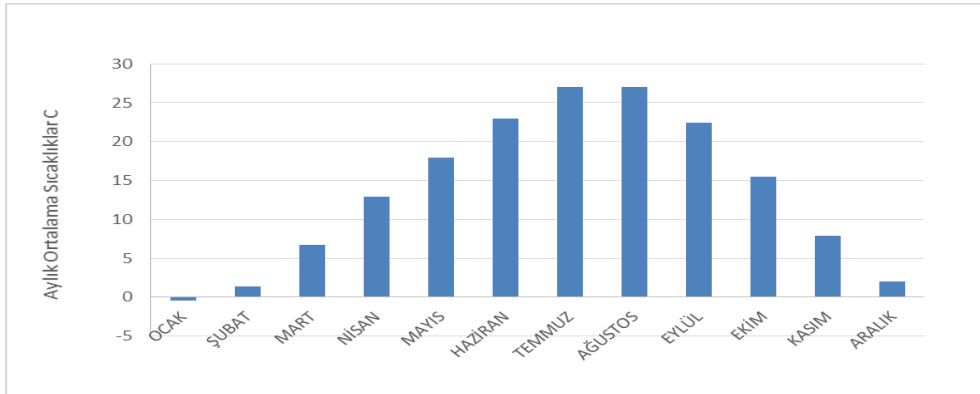
Bina bodrum katında; kazan dairesi, sığınak, depolar, salon, arşivler, berber, kuaför, WC, zemin katta; arşiv, bekleme salonu, danışma, depo, duş, mutfak, odalar, WC'ler, birinci katta; arşivler, bekleme salonu, evrak kayıt, odalar, ofisler, yönetici odaları, WC'ler; ikinci katta; brifing salonu, çay ocağı, depolar, mutfak, ofisler, yönetici odaları, yemekhane, WC vb. mahaller bulunmaktadır. Örnek kamu hizmet binasına ait genel görünüm Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Örnek kamu hizmet binası ön cephe görünümü

4.1.2. İklimsel durum

Malatya ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunuyor olmasına rağmen çevresindeki bölgelerin rejimlerinin etkisi sebebiyle daha az soğuk olan karasal iklim özelliğine sahiptir. İl iklimi gözlemlendiğinde yıl içinde uzun süreli kurak iklim etkisi görülmektedir. Malatya ilinde meteoroloji istasyonundan 1927 yılından bu yana yapılan gözlemler incelenmiştir. 90 yıla ait (1927-2017) gözlem sonuçlarına göre; ilde en sıcak ay ortalaması 19,2 °C, en soğuk ay ortalaması 6,8 °C, en yüksek sıcaklık 41 °C, en düşük sıcaklık -24,9 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık yağış miktarı yaklaşık 387 mm'dir. En az yağış alan dönemi yaz dönemidir. Bölge en çok yağışını ilkbahar ve kış döneminde almaktadır. Malatya iline ait 1927-2017 yılları arasında ölçülen ortalama hava sıcaklığı değeri Şekil 4.2'de gösterilmiştir [42].



Şekil 4.2. Malatya iline ait ortalama sıcaklık değerleri [42]

Örnek kamu hizmet binasının simülasyonu EnergyPlus programı ile yapılmıştır. EnergyPlus programı bu işlemleri kendi kütüphanesinde olan, ASHRAE tarafından üretilen IWEK verilerini kullanarak gerçekleştirmektedir. EnergyPlus simülasyon programına uygun hava durumu verileri sağlayan özel kaynaklardan bazıları weather bank, national center for enviromental information, weather source, meteonorm, wthite box technologies'dir. EnergyPlus, ABD'deki tüm milli hava durumu raporlama istasyonlarından ve dünyadaki diğer konumlardan gelen saatlik ve günlük geçmişe ait veri kayıtlarını tutar. Hava durumu verilerini gerçek zamanlı olarak arşivlerler ve belirli güncellemeler saatlik olarak yapılır. EnergyPlus simülasyon programı tarafından Türkiye için İstanbul, Ankara ve İzmir illerine ait iklimsel istatistik verileri kullanıcılara programla birlikte sunulmaktadır. Örnek binamızın Malatya ilinde bulunması sebebiyle yukarıda açıklanmış olan iklim verilerinin temin edildiği kaynaklardan Malatya için ihtiyaç duyulan IWEK verileri elde edilmiş ve simülasyon programında uygulanmıştır [41].

4.1.3. Bina dış yüzey özellikleri

Örnek kamu hizmet binası konumu itibariyle rüzgâr tesirine açıktır. İzolasyonlu tuğla duvar kullanılarak perde duvar ile inşa edilmiştir. Özel birleştirilmiş çift camlı pencereler ve alüminyum doğrama kapılar kullanılmıştır. TS825 standartları doğrultusunda ısı geçirgenlik katsayıları hesaplamalara dâhil edilmiştir. Örnek kamu hizmet binası dış yüzeyinde yer almakta olan bileşenler aşağıda yer alan Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Örnek binaya ait yapı detayları

DIŞ DUVAR-1	DIŞ DUVAR-2	DIŞ DUVAR-3
Kireç Harcı, Kireç Çimento Harcı (2 cm)	Alçı Harcı, Kireçli Alçı Harcı (3 cm)	Alçı Harcı, Kireçli Alçı Harcı (3 cm)
Yatay Delikli Tuğla (19 cm)	Donatılı Beton (30 cm)	Donatılı Beton (30 cm)
Çimento Harcı (3 mm)	Mineral ve Bitkisel Lifli Isı Yalıtım Malzemesi (6 cm)	Ekstrüde Polistren Köpük (5 cm)
Mineral ve Bitkisel Lifli Isı Yalıtım Malzemesi (6 cm)	Çimento Harçlı Şap (1 cm)	Çimento Harçlı Şap (1 cm)
Çimento Harçlı Şap (1 cm)		Yatay Delikli Tuğla (19 cm)

Çizelge 4.1. (devam) Örnek binaya ait yapı detayları

DÖŞEME	ÇATI	PENCERELER
Mermer (2cm)	Kireç Harcı, Kireç Çimento Harcı (2,5 cm)	4 mm Cam
Çimento Harçlı Şap (3cm)	Donatılı Beton (15 cm)	15 mm Hava
Donatılı Beton (30 cm)	Çimento Harçlı Şap (3 cm)	4 mm Cam
Ekstrüde Polistren Köpük (6 cm)	Mineral ve Bitkisel Lifli Isı Yalıtım Malzemesi (12 cm)	
Donatılı Beton (10 cm)		
Kum, Kum Çakıl (30 cm)		

4.1.4. HVAC sistemi

Binada ısıtma tesisatı, havalandırma ve klima tesisatı bulunmaktadır. Soğutma ile ilgili Malatya iklim verileri değerlendirilerek genel bir sistem kurma ihtiyacı duyulmamıştır. İhtiyaç duyulan mahallerde lokal çözümler getirilmiştir.

Isıtma sistemi; doğalgaz yakıtlı üç geçişli, skoç tip çelik sıcak su kazanı ile üretilen 80/60°C sıcak suyun, cebri olarak panel radyatörlerde sirkülasyonu esasına göre yapılmıştır. Hesaplamalarda Türkiye'nin 3. ısı bölgesinde yer almakta olan Malatya iline ait Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü istatistiki verileri kullanılmıştır. Isı kaybı hesapları DIN-4701 infiltrasyon ve MMO'nun 84 No'lu yayını kullanılarak yapılmıştır.

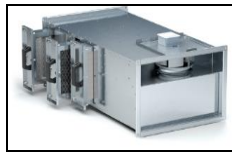
Havalandırma; brifing salonu için ısı geri kazanım cihazı, sığınak havalandırması için taze hava santrali, egzost fanları ile aspiratörler kullanılmıştır. Binada kullanılan ve Resim 4.1.'de gösterilen HVAC ekipmanlarının detayları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Örnek kamu hizmet binası HVAC ekipmanları

No	EKİPMAN	KAPASİTE	ADET
1	Fuel-Oil ve Doğalgaz ile Çalışabilen Skoç Tipi Kazan	250.000 kcal/h / Tg-Tç 60-80 °C 3 Atm konstrüksiyon basıncında	1
2	Pencere Tipi WC Aspiratörü	150 m3/h	1
3	Pencere Tipi WC Aspiratörü	200 m3/h	1
4	Pencere Tipi WC Aspiratörü	400 m3/h	1
5	Kanal Tipi WC Aspiratörü	400 m3/h	1
6	Kanal Tipi WC Aspiratörü	500 m3/h	1
7	Kanal Tipi WC Aspiratörü	800 m3/h	1
8	Kanal Tipi WC Aspiratörü	900 m3/h	4
9	Kanal Tipi WC Aspiratörü	1050 m3/h	1
10	Pencere Tipi WC Aspiratörü	400 m3/h	1
11	Kanal Tipi Davlumbaz Aspiratörü	1750 m3/h	3
12	Kanal Tipi WC Aspiratörü	900 m3/h	7
13	Pencere Tipi WC Aspiratörü	760 m3/h	5
14	Sığınak Taze Hava Vantilatörü	600 m3/h	1
15	Sığınak Duman Egzost Fanı	1680 m3/h	1
16	Sığınak Kanal Tipi Taze Egzost Fanı	540 m3/h	1
17	Sığınak WC - Kanal Tipi WC Aspiratörü	150 m3/h	1
18	Duvar Tipi Multi Split İç Ünite	7000 Btu/h	1
19	Duvar Tipi Multi Split İç Ünite	9000 Btu/h	2
20	Multi Split Dış Ünite	16000 Btu/h	1
21	Salon Tipi Split Klima	24000 Btu/h	5
22	Salon Tipi Split Klima	36000 Btu/h	4
23	Plakalı Eşanjörlü Elektrikli Isıtıcı	1100 m3/h	1



Sıcak Su Kazanı



Taze Hava Vantilatörü



Duman Egzost Fanı



Kanal Tipi Mutfak Aspiratörü



WC Aspiratörü



Kanal Tipi WC Aspiratörü

Resim 4.1. Örnek kamu hizmet binası ısıtma sistemi elemanları [43]



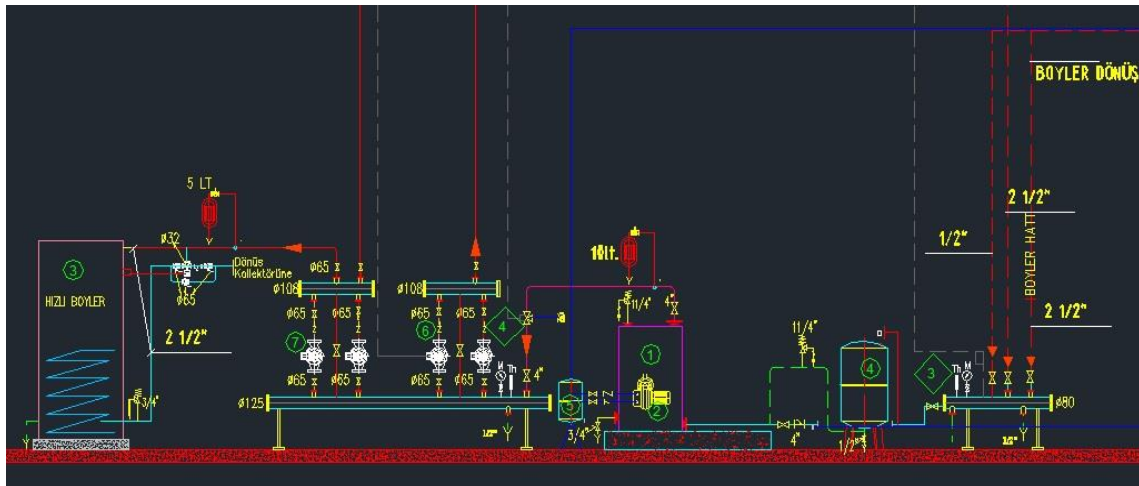
Duvar Tipi Split Klima



Salon Tipi Split Klima

Resim 4.1. (devam) Örnek kamu hizmet binası ısıtma sistemi elemanları [43]

Örnek kamu hizmet binasının ısıtma sistemi ile ilgili ekipmanlar Şekil 4.3'te yer almaktadır. Projede hesaplanan ısıtma yükleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Örnek kamu hizmet binası ısıtma sistemi

Çizelge 4.3. Projede hesaplanan ısıtma yükleri

PROJEDE HESAPLANAN ISITMA YÜKLERİ	
BODRUM KAT	23.839,3 kcal/h
ZEMİN KAT	38.919,9 kcal/h
BİRİNCİ KAT	30.527,3 kcal/h
İKİNCİ KAT	39.556,1 kcal/h
TOPLAM	132.842,6 kcal/h

Ayrıca; binada sıcak su ihtiyacına yönelik 47 adet lavabo ve 5 adet duş bulunmaktadır. Mutfak, çay ocağı ve bulaşıkhanne alanlarında ise toplam 6 adet eviye tesisatı yer almaktadır. Projelendirme sırasında yapılan hesaplamalar sonucu 72.500 kcal/h boyler ısıtma kapasitesi öngörülerek 500 lt'lik bir tank seçilmiştir.

Bina sistem pompaları ile ilgili projelendirme aşamasında radyatör devresi hesabı yapılarak; 140.000 kcal/h olarak alınan ısı yükünü sıcaklık farkına bölünmesi ile 7000 lt/h debide, basınç kaybı hesabıyla 3 mSS dikkate alınarak; 8 m³/h debide ve 3 mss basınçlı, 1450 d/d düz boruya takılan ıslak rotorlu, frekans konvertörlü 1 asıl ve 1 yedek olarak 2 adet sirkülasyon pompası seçilmiştir. Ayrıca boyler içinde benzer hesaplama ile sirkülasyon pompası seçimi yapılmıştır. Kullanılan pompalara ait bilgiler Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Sirkülasyon pompası özellikleri

No	SİRKÜLASYON POMPASI	KAPASİTE	ADET
1	Radyatör sirkülasyon pompası	8 m ³ /h, 3 mSS, N:1.5 kW	2
2	Boyer Primer Devre Sirkülasyon Pompası	4 m ³ /h, 6 mSS, N:0.8 kW	2

4.1.5. Aydınlatma sistemi

Örnek kamu hizmet binasının aydınlatılmasında floresan armatürler kullanılmıştır. Kullanılan aydınlatma armatürlerine ait bilgiler Çizelge 4.5 te verilmektedir.

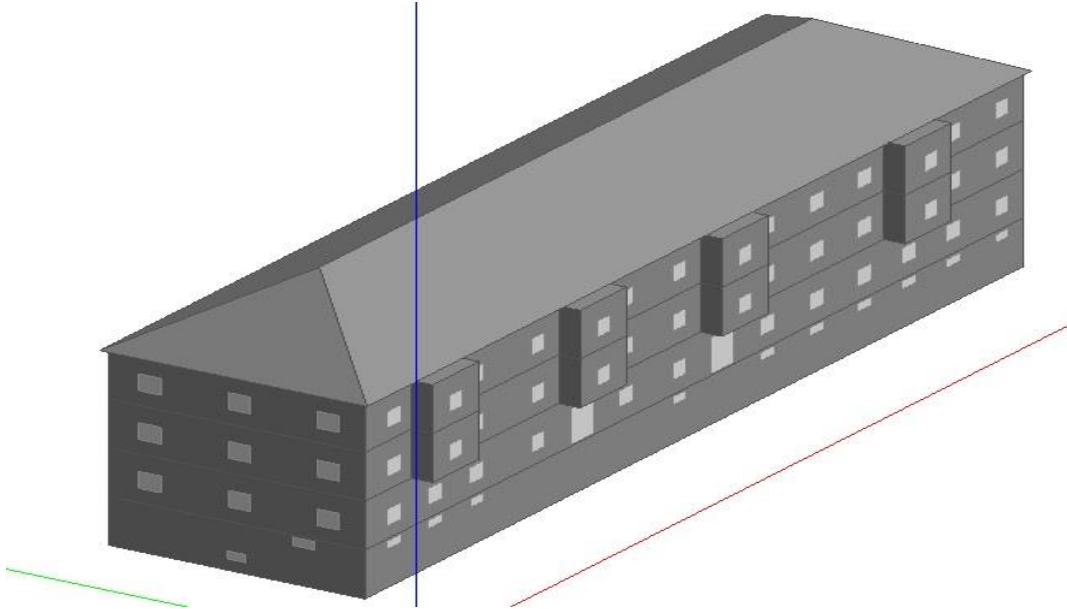
Çizelge 4.5. Aydınlatma armatürleri özellikleri

ARMATÜR TİPİ	ADET
4x18 ATY1 Tip Elektronik Balastlı Armatür	18
4x18 ATY4 Tip Elektronik Balastlı Armatür	70
2x11 W Armatür (Elektronik Balastlı)	1
2x36 W U1 Tip Armatür (Elektronik Balastlı)	75
1x18W T1 Tip Armatür (Elektronik Balastlı)	57
2x50 W Acil Kilitli Armatür (3 Saat Süreli Kesintide Yanan Tip)	1
1x8 W Acil Kilitli Armatür (3 Saat Süreli Kesintide Yanan Tip)	1

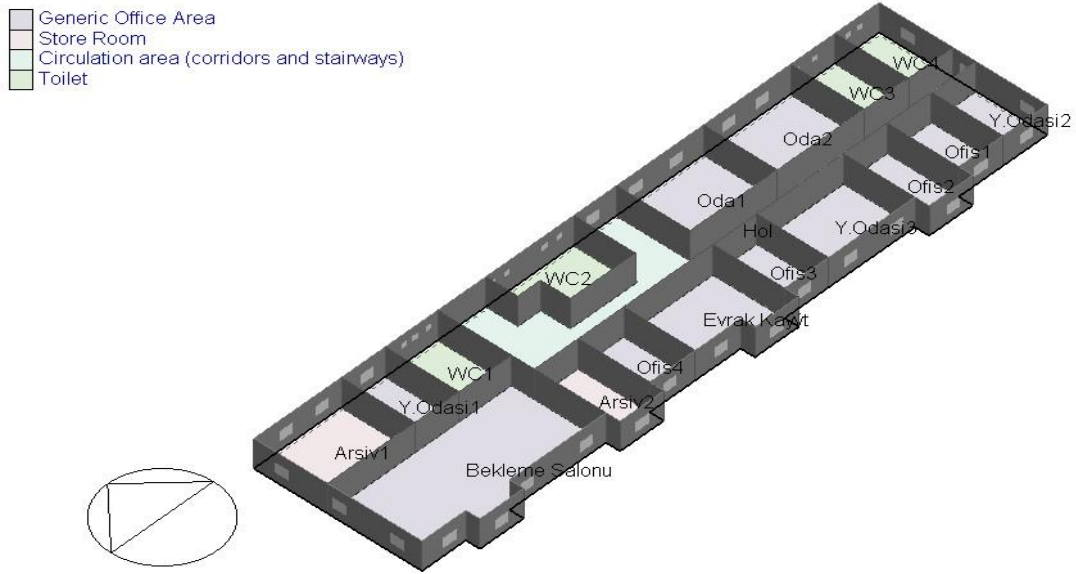
4.2. Örnek Binanın Modellenmesi

Örnek kamu hizmet binasının enerji performans analizini elde yapabilmek için DesignBuilder programı kullanılmıştır. Bina modellemesi DesignBuilder v5 ve EnergyPlus v8.5 bina enerji simülasyon programlarıyla yapılmıştır.

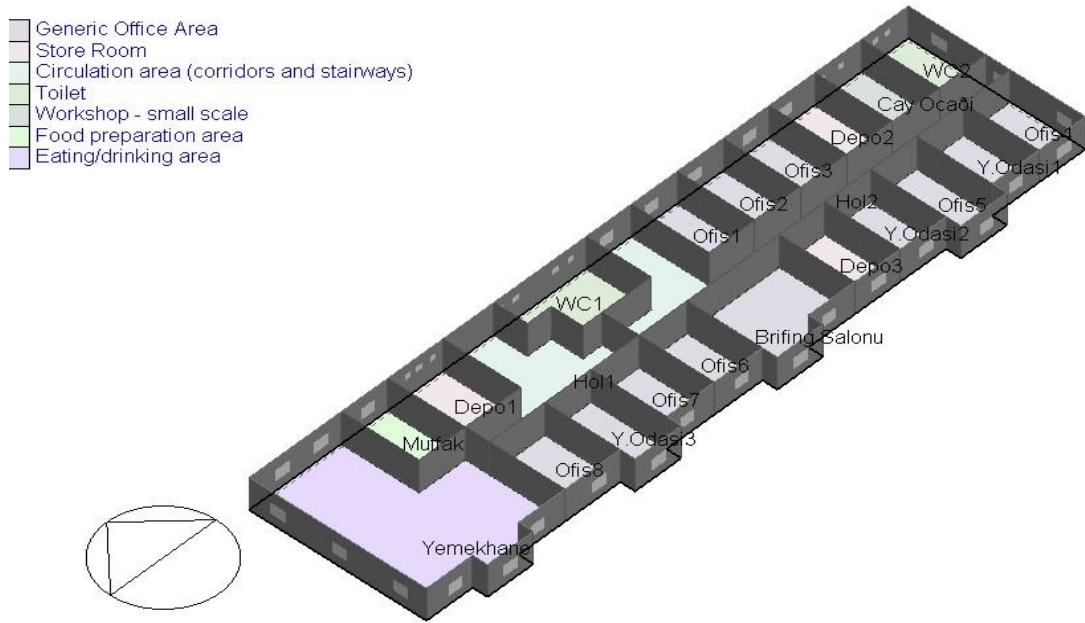
Örnek kamu hizmet binası bodrum, kat, birinci ve ikinci kattan oluşmaktadır. DesignBuilder ile modelleme yapılırken binanın gerçekte kullanılan mahalleri ve projesine bağlı kalınmış, yalnızca benzer mahallerde birleştirmeler yapılmıştır. Gerçek değerlere olabildiğince yaklaşmak maksadıyla genel olarak mahallerin birleştirilmesi yoluyla yapılan zonlama işleminden farklı olarak bodrum kat 20, zemin kat 24, birinci kat 18 ve ikinci kat 22 zona ayrılarak ayrıntılı şekilde zonlama yapılmıştır. DesignBuilder programı ile oluşturulmuş örnek binaya ait 3 boyutlu görüntü ve oluşturulan katlar ile zonlar Şekil 4.4., Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Örnek kamu hizmet binasının 3 boyutlu model görüntüsü



Şekil 4.7. Örnek kamun binası birinci kat modeli



Şekil 4.8. Örnek kamun binasının ikinci kat modeli

Mevcut kullanılmakta olan örnek seçilmiş kamuya ait hizmet binasına ait proje dokümanlarından yararlanılmak suretiyle DesignBuilder programında modelleme yapılarak veriler girilmiştir. Binanın projesinde yer alan ve mevcut durumda kullanılan bölümleri ve değişiklikler hakkında kullanıcıdan detaylı bilgi alınmıştır.

Binanın modellenmesi tamamlandıktan sonra HVAC ve aydınlatma sistemlerinin özellikleri, yapı bileşenleri, iklim verileri vb. DesignBuilder programında bulunan sekmelerden ilgili veriler programa girilmiştir. Model simülasyona hazır duruma getirilmiştir.

4.3. Örnek Binanın Mevcut Durumunun Enerji Simülasyonun Yapılması

EnergyPlus, programında saatlik iklim verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Örnek kamu hizmet binasının modellenmesi DesignBuilder v5 ile yapılmıştır. Oluşturulan modele sisteme ait özellikler tanımlanmıştır. Daha sonra DesignBuilder programı içerisinde entegre olarak çalışmakta olan EnergyPlus v8.5 ile binanın enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

EnergyPlus programından ısıtma-soğutma dizaynları, simülasyon yapılması, hız, basınç, gün ışığı dağılımları ve simülasyonları gibi işlemler yapılarak sonuçları elde edilebilmektedir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için alınan ısıtma ve soğutma verileri aşağıda gösterilmiştir. Mevcut örnek kamu hizmet binasının tasarımında en düşük sıcaklık -12 °C alınmış olduğundan programın ilgili bölümüne manuel olarak girilmiştir.

DesignBuilder programının hazır iklim şartlarında Türkiye bölümünde sadece Ankara, İstanbul ve İzmir iline ait veriler yer almaktadır. Çalışma kapsamında Malatya ilinde bulunan örnek bir kamu hizmet binasının olması sebebiyle programın Türkiye distirübitörü olan Altensis firmasından Malatya iline ait iklim verileri elde edilmiştir. Bu veriler .epw uzantılı olup “weather data” dosyasının girilerek programa tanıtılmış müteakiben aşağıda verilen şekildeki gibi program genel girişinde yer alan lokasyon bölümünden veriler tanımlanmıştır. Tanımlanan verilere ilişkin DesignBuilder görüntüsü Şekil 4.9.’da gösterilmiştir.

Örnek Kamu Binası

Layout Location Region

Template MALATYA/ERHAC

Site Location

Latitude (°) 38,43

Longitude (°) 38,08

ASHRAE climate zone 5A

Site Details

Time and Daylight Saving

Simulation Weather Data

Hourly weather data MALATYA ERHAC

Day of week for start day 8-Use weather file

Winter Design Weather Data

☐ Heating 99.6% coverage

☒ Heating 99% coverage

Outside design temperature (°C) -12,0

Wind speed (m/s) 10,3

Wind direction (°) 0,0

Summer Design Weather Data

Temperature Range Modifiers

Wind Data

Design Temperature Period

Yearly Design Temperatures

☒ 0.4% dry-bulb cooling design temperature

Max dry-bulb temperature (°C) 37,9

Coincident wet-bulb temperature (°C) 19,6

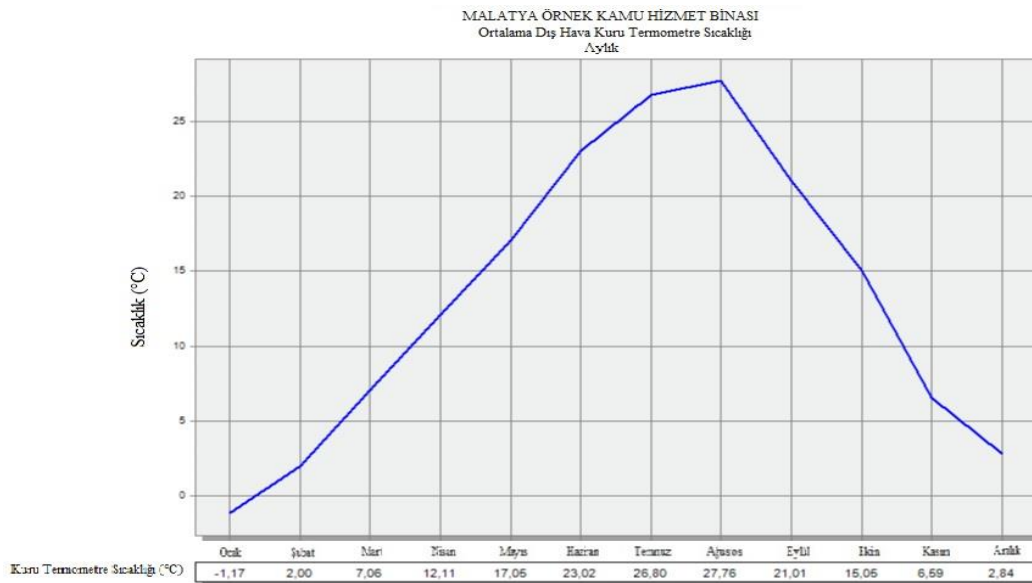
Min dry-bulb temperature (°C) 22,3

☐ 1% dry-bulb cooling design temperature

Edit Visualise Heating design Cooling design Simulation CFD Daylighting Cost and Carbon

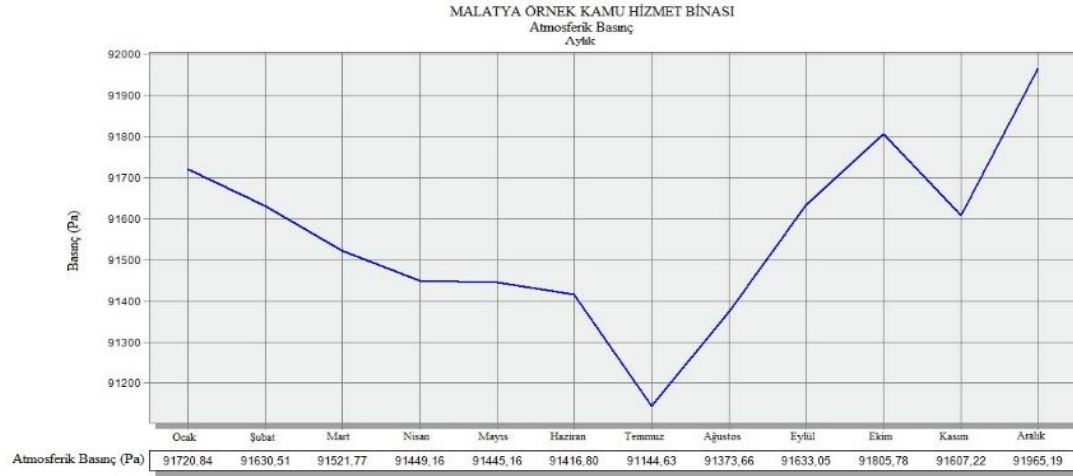
Şekil 4.9. Lokasyon ve iklim verilerinin DesignBuilder görüntüsü

Malatya ilinde bulunan örnek kamu hizmet binasının 38,43 enlem ve 39,08 boylam konuşlanmasına ve DesignBuilder programı iklim verilerine yüklenen .epw uzantılı iklim verilerine göre belirlenen ortalama dış hava kuru termometre sıcaklığı Şekil 4.10., atmosferik basınç Şekil 4.11., rüzgar hızı Şekil 4.12. ve güneş enerjisi miktarı Şekil 4.13.'te gösterilmiştir.



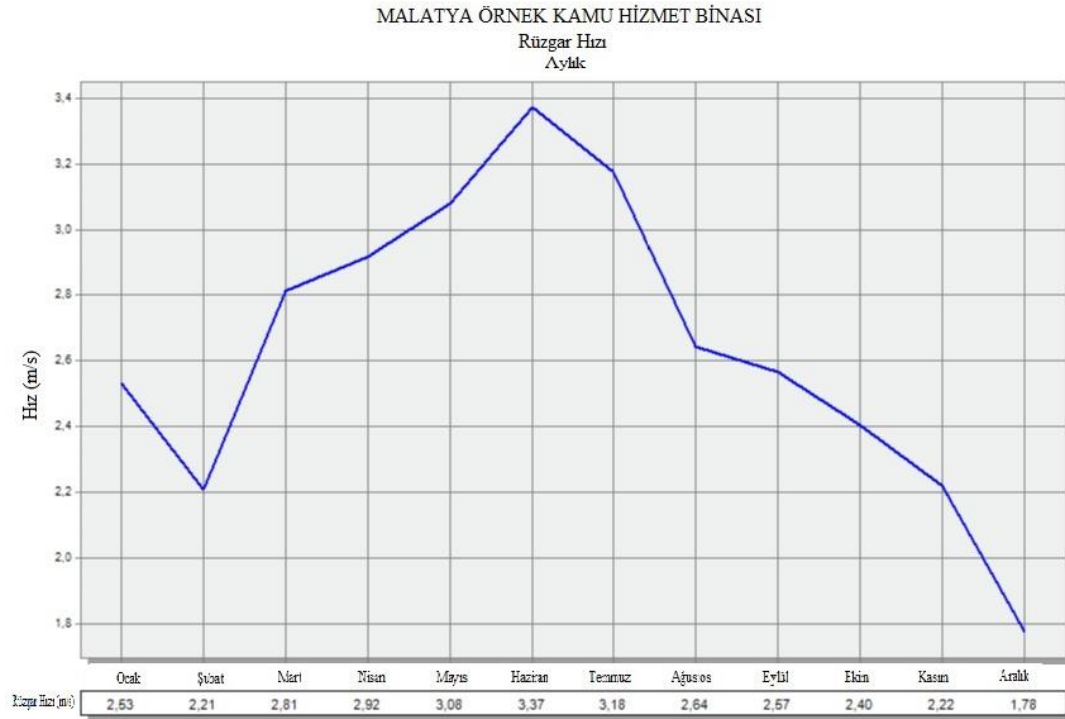
Şekil 4.10. Ortalama dış hava kuru termometre sıcaklığı

Şekil 4.10.'de görüleceği üzere en düşük dış hava kuru termometre sıcaklığı en düşük ocak ayında $-1,17^{\circ}\text{C}$ ve en yüksek 27°C ile ağustos ayında olduğu görülmektedir.



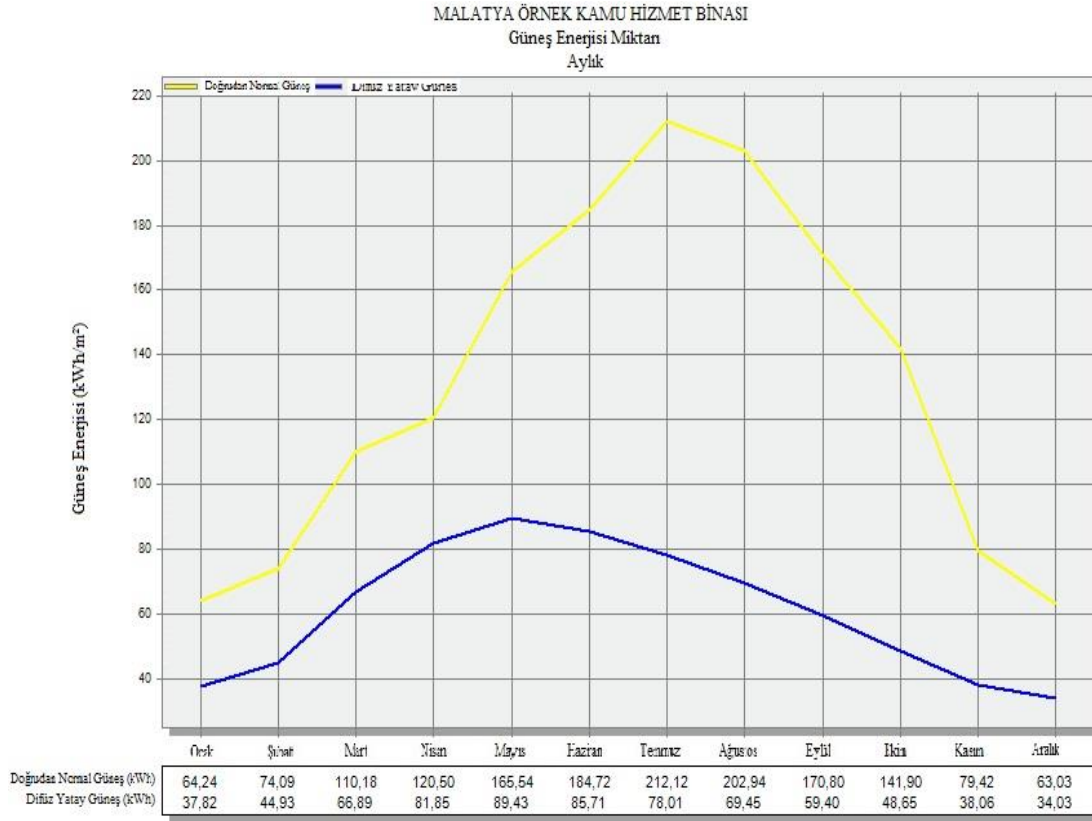
Şekil 4.11. Aylara göre atmosferik basınç değişimi

Şekil 4.11'de atmosferik basıncın aylara göre değişimi gösterilmektedir. En düşük temmuz ayında ve en yüksek aralık ayında olduğu dağılımdan görülmektedir.



Şekil 4.12. Aylara göre rüzgar hızı değişimi

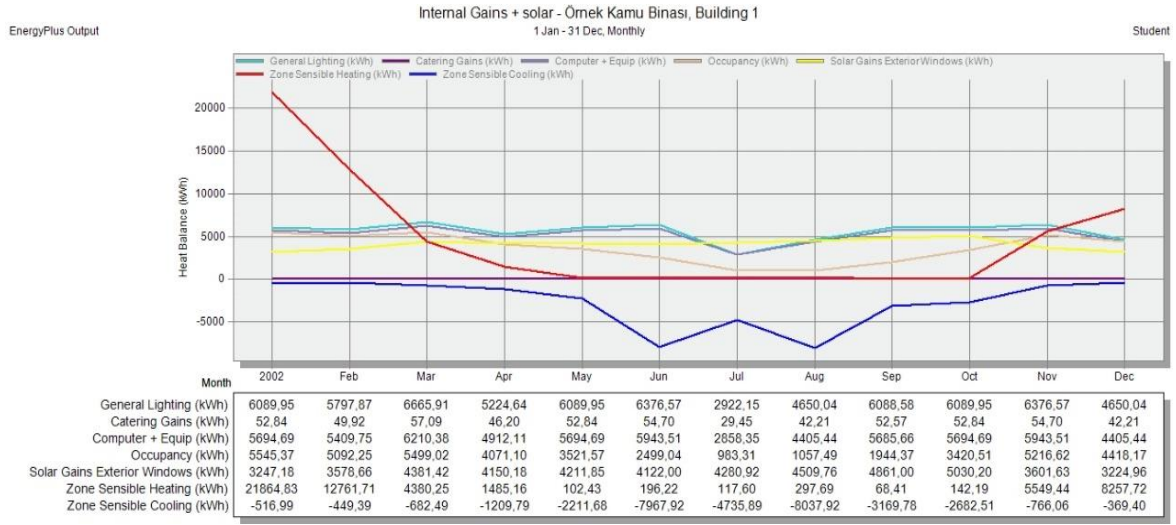
Şekil 4.12.'de rüzgar hızı ortalamalarının dağılımı gösterilmiştir. Buna göre aralık ayında 1,78 m/s ile en düşük değerler görülürken haziran ayında bu değer 3,37 m/s ile en yüksek seviyeye çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.13. Aylara göre güneş miktarı değişimi

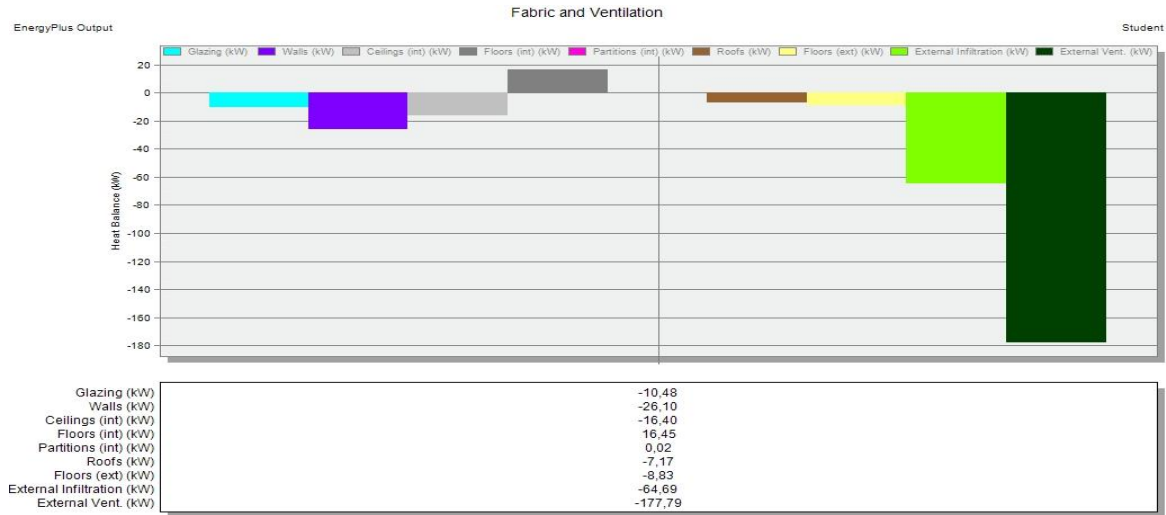
Şekil 4.13.'te Malatya örnek kamu hizmet binasına gelen güneş miktarının aylara göre değişimi gösterilmektedir. DesignBuilder programında doğrudan normal güneş enerjisi ve difüz yatay güneş enerjisi olmak üzere iki farklı seçenekle güneş miktarı verilmektedir. Doğrudan normal güneş enerjisi temmuz ayında en yüksek seviyeye ulaşarak 212,12 kWh/m² olmuştur. Difüz yatay güneş enerjisi ise ilkbahar aylarında yükselerek mayıs ayında 89,434 kWh/m² seviyesine gelmiştir.

Şekil 4.14.'te örnek kamu hizmet binasına ait iç ısı kazançlarının aylara göre değişimi yer almaktadır. Simülasyon sonucu en fazla ısı kazancının genel aydınlatma kaynaklı olduğu görülmektedir. Ayrıca; bilgisayar ve cihazlar, dış pencere kaynaklı ve insanlardan kaynaklı ısı kazançları değerlerinin de aylık olarak değişimi şekilde sunulmuştur.



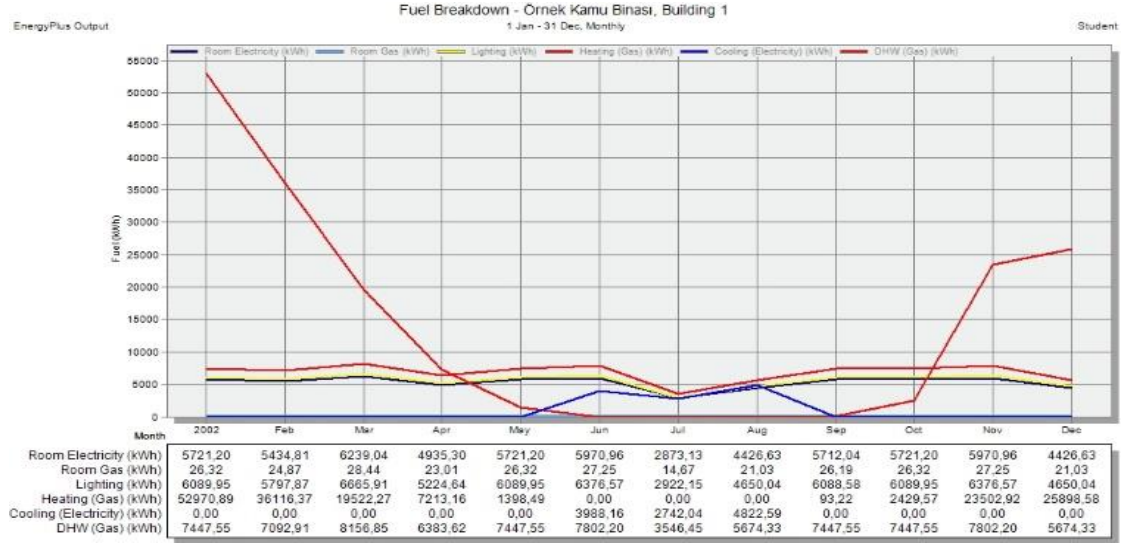
Şekil 4.14. İç ısı kazançlarının aylara göre değişimi

En yüksek zon duyulur ısıtma değerine ocak ayında 21.8 mWh ile ulaşılmıştır. Şekilden görüleceği üzere yaz aylarında zon duyulur ısıtma yükü sıfıra yaklaşmaktadır. Zon duyulur soğutma yükleri ise yaz aylarında yükselmektedir.



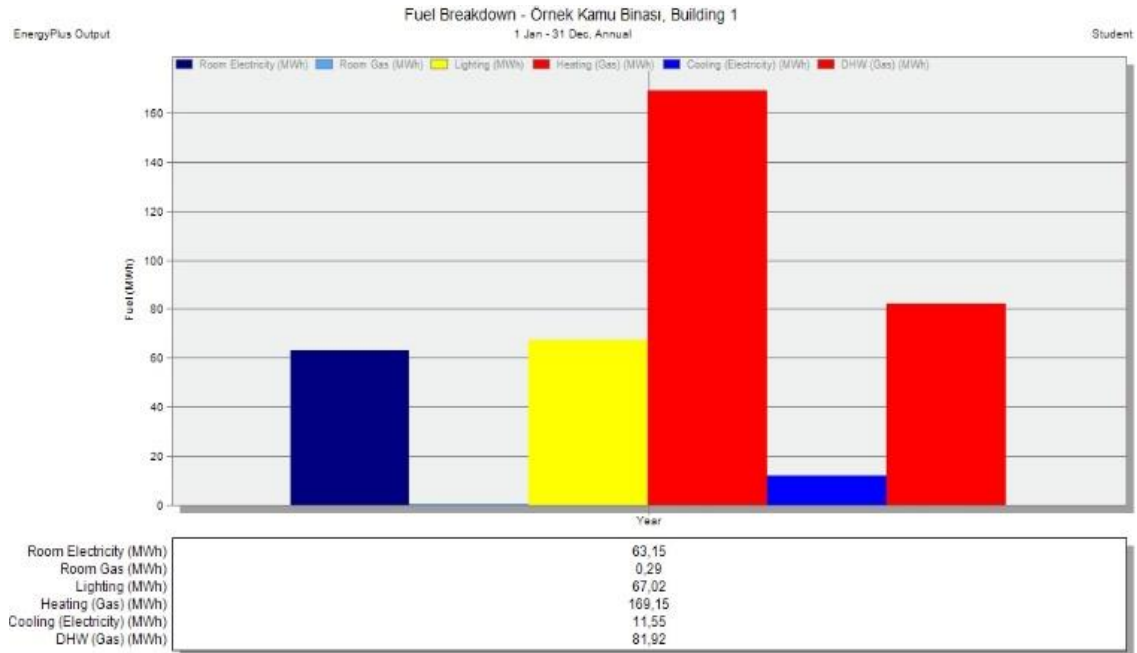
Şekil 4.15. Dizayn günü için örnek kamu hizmet binasının ısı kayıpları

Şekil 4.15.'te programın dizayn günü için örnek kamu hizmet binasının ısı kayıpları görülmektedir. Dizayn günü, dış hava kuru termometre sıcaklığının en düşük seviyede olduğu gündür. En fazla ısı kaybı havalandırma için gerçekleşmektedir. İnfiltrasyon, duvarlar, pencereler ve çatıda da oluşan kayıplar şekilde görülmektedir.



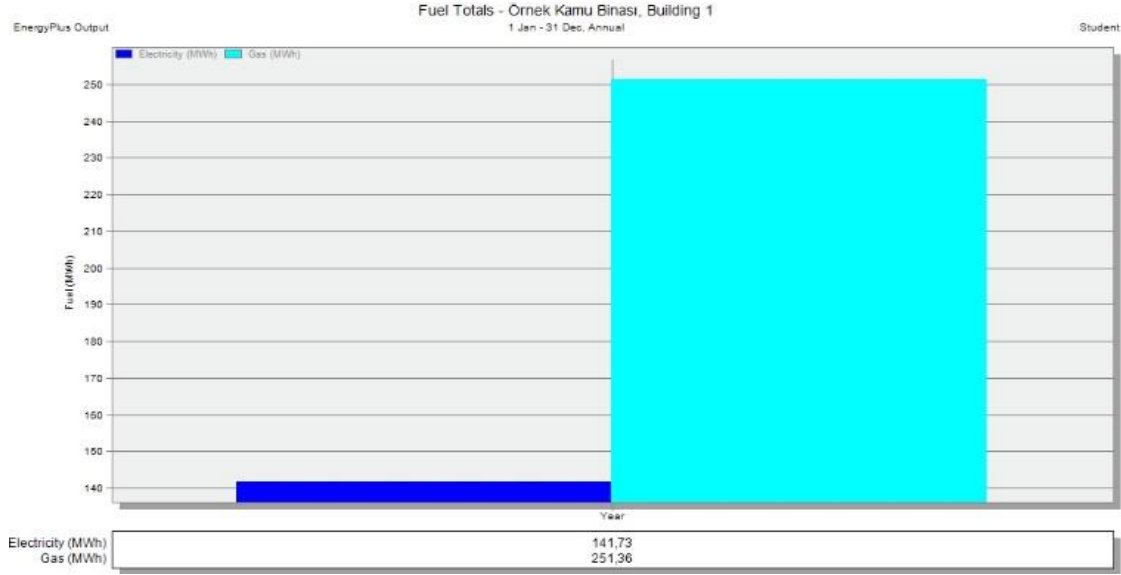
Şekil 4.16. Enerji tüketim miktarlarının aylık olarak değişimi

Sistemlerdeki enerji tüketim miktarlarının aylık olarak değişimi belirlenmiştir. En çok enerji tüketimi 52,9 mWh ile ocak ayında ısıtma için harcanan enerjide oluşmaktadır. Ayrıca şekilden aydınlatma, soğutma, sıhhi sıcak su vb. sistemlere ait enerji tüketimlerinin aylık değişim değerleri de görülmektedir. Yaz aylarında ısıtma için tüketilen enerji minimum düzeylere inmekte ve soğutma için artmaktadır. Diğer sistemler yıl boyunca belirli bir aralıkta devamlı ihtiyaç olarak tüketilmektedir (Şekil 4.16.).



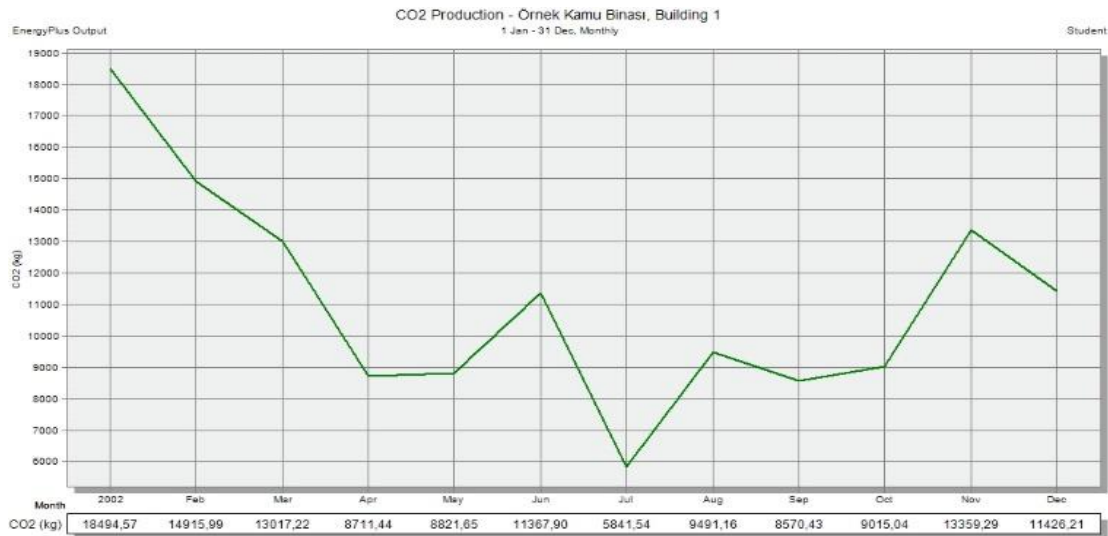
Şekil 4.17. Örnek kamu hizmet binasının yıllık enerji tüketim değerleri

Örnek kamu hizmet binasının sistemler bazında yıllık enerji tüketim değerleri bulunmuştur. En fazla tüketimin ısıtma için harcandığı ayrıca, sıhhi sıcak su ve aydınlatma için harcandığı görülmektedir. Isıtma için tüketilen enerji 169.146 kWh, sıhhi sıcak su için 81.923 kWh ve aydınlatma için 67.022 kWh'tır (Şekil 4.17).



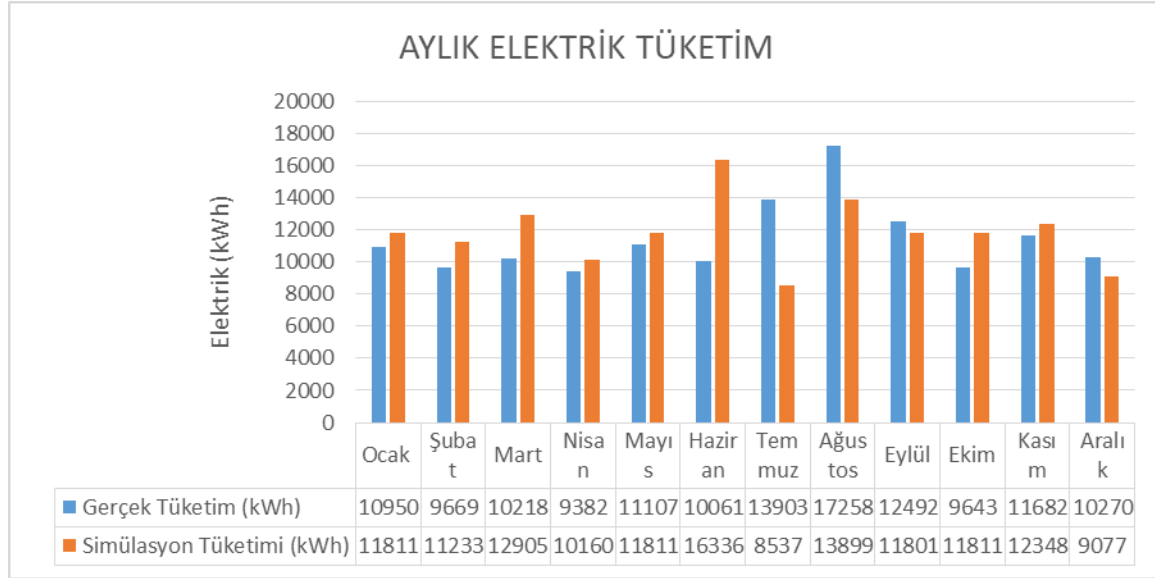
Şekil 4.18. Yıllık toplam elektrik ve doğalgaz enerji tüketim değerleri

Şekil 4.18.'de örnek kamu hizmet binasının yıllık olarak simüle edilmiş toplam elektrik ve doğalgaz tüketim değerleri yer almaktadır. Binaya ait yıllık doğalgaz tüketimi 251.361 kWh ve elektrik tüketimi 141.728 kWh olarak simüle edilmiştir.



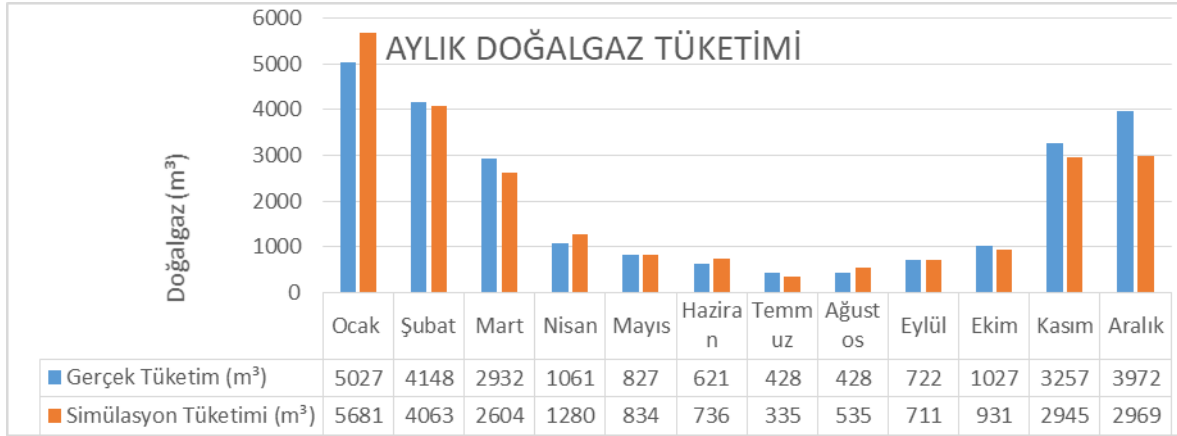
Şekil 4.19. Aylık CO2 üretim değerleri

Binanın CO₂ üretiminin kış aylarında daha yüksek yaz aylarında daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Toplamda yıllık CO₂ üretimi 133.033 kg olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19.).



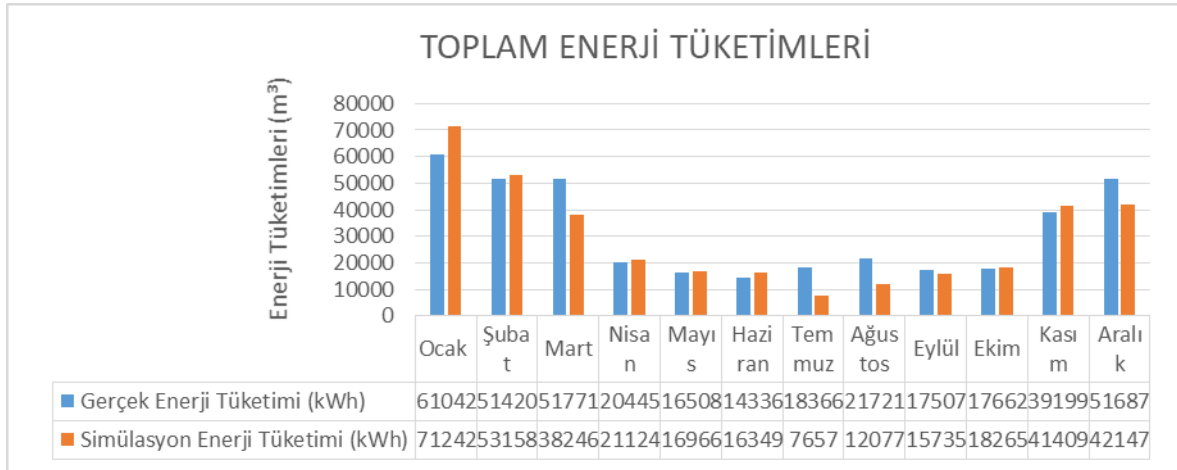
Şekil 4.20. Aylık elektrik tüketiminin karşılaştırılması

Aylık olarak örnek kamu hizmet binasına ait ölçülmüş ve kaydedilmiş gerçek elektrik tüketim değerleri ile simülasyon sonucu elde edilmiş aylık elektrik tüketim değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır (Şekil 4.20.). Grafikten de görüleceği üzere gerçek ve simülasyon değerleri arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Gerçek çalışma değerleri ile simüle edilen çalışma değerleri hiçbir zaman tamamen aynı değildir. Farklılıklar oluşmasının sebebi, modelleme esnasındaki yapı detayları, bina geometrisi, bilgisayar vb. ekipmanların sayıları, ısıtma soğutma ekipmanlarının kullanım durumları, aydınlatma ekipmanlarının kullanım durumları vb. gibi birçok parametreden kaynaklı olabilmektedir. HVAC ve aydınlatma sistemlerinin gerçek çalışma koşullarının, sıcak su kullanım oranlarının, elektrikli cihazlardan ve insanlardan kaynaklı kazanımların net bir şekilde tespit edilememesinden kaynaklı bu tür farklılıklar oluşabilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı örnek kamu hizmet binasının gerçek elektrik tüketim değerleri ile simülasyonu yapılmış elektrik tüketim değerleri farklılık göstermiştir. Yıllık olarak değerlendirildiğinde; simülasyon sonucu elde edilen elektrik tüketim değeri gerçek ölçülmüş elektrik değerinden %3 daha yüksek çıkmıştır.



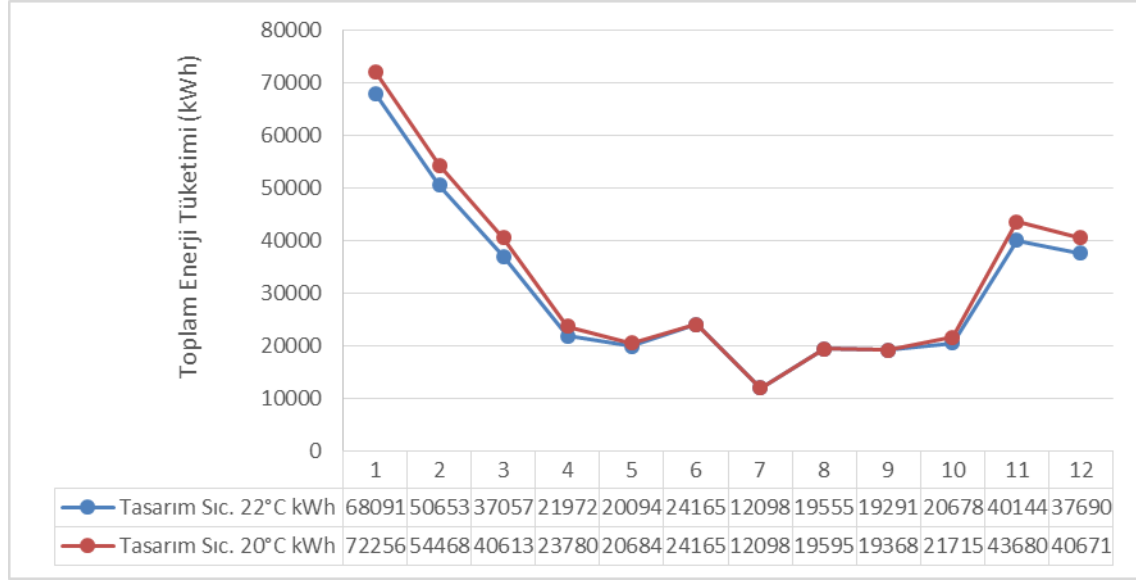
Şekil 4.21. Aylık doğalgaz tüketiminin karşılaştırılması

Benzer şekilde Şekil 4.21.'de simüle edilen doğalgaz tüketim değerleri ile gerçek ölçülmüş doğalgaz tüketim değerlerinin karşılaştırılması grafikte görülmektedir. Gerçek doğalgaz tüketim değeri simülasyon sonucu elde edilmiş doğalgaz tüketim değerinde %3,4 daha yüksek çıkmıştır. Elektrik tüketim değerleri karşılaştırmasında belirtildiği üzere doğalgaz tüketim değerleri karşılaştırmasında meydana gelen farklılıklar benzerlik arz etmektedir. Ayrıca tespitler haricinde öngörülemeyen durumlarda bu farklılıklara yol açabilmektedir.



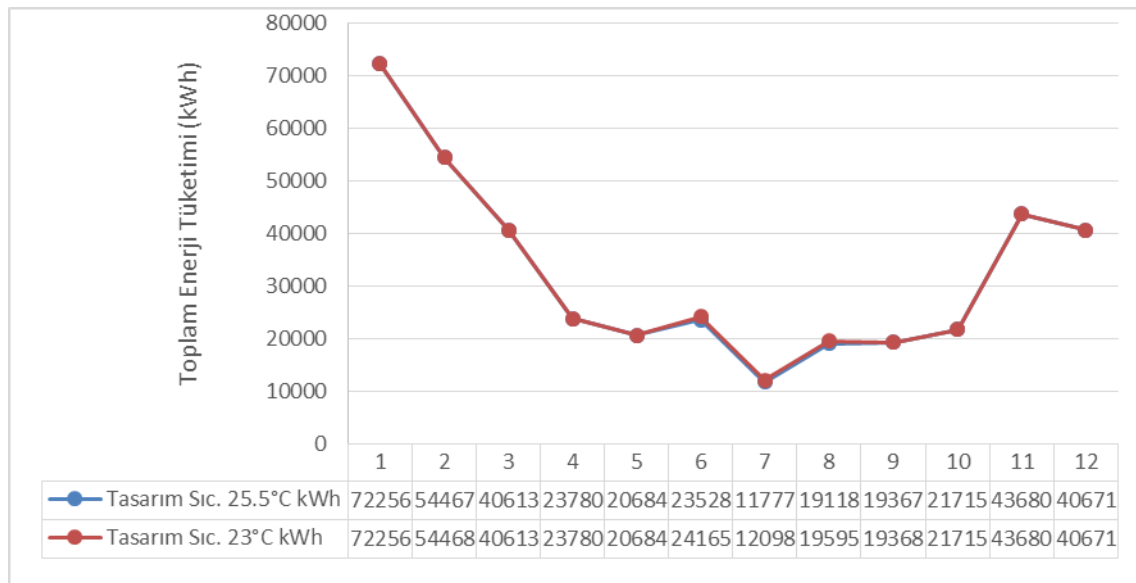
Şekil 4.22. Toplam enerji tüketim karşılaştırılması

Örnek kamu hizmet binasına ait aylık enerji tüketim miktarlarının ölçülen gerçek değerler ve simülasyon sonucu elde edilen değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.22.). Sonuç olarak yıllık enerji tüketim miktarı olarak ölçülen gerçek değerler 396.763 kWh iken simülasyon sonucu elde edilen değerler 393.091 kWh olarak belirlenmiştir. Çalışmanın detaylı olarak ele alınması sonuçların gerçeğe yakınlık değerini yansıtmaktadır.



Şekil 4.23. Farklı ısıtma tasarım sıcaklıklarına göre toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması

Isıtma tasarım sıcaklığı ofis odaları ve salonlar için 22°C'den 20°C'ye düşürülerek tekrar simülasyon yapılmıştır. Söz konusu alanlardaki tasarım sıcaklığının düşürülmesi ile bina toplam enerji yükü azalmıştır. Toplam tüketim 393.091 kWh'ten 371.487 kWh'e düşmüştür (Şekil 4.23.). Benzer şekilde Şekil 4.23.'te görüleceği üzere soğutma tasarım sıcaklığı 23°C'den 25.5 °C'ye yükseltilmiş ve simülasyon tekrar yapılmıştır. Toplam tüketim 391.654 kWh'e düşmüştür. Örnek kamu hizmet binasında kapsamlı bir soğutma sistemi olmaması farkın bu derece az olmasının sebebidir.



Şekil 4.24. Farklı soğutma tasarım sıcaklıklarına göre toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması

5. BİNANIN NZEB DURUMUNA GETİRİLMESİ

5.1. Enerji Tüketiminin Minimize Edilmesi

Örnek kamu hizmet binasının gerçek durumunun DesignBuilder programında modellenmesi ve EnergyPlus enerji simülasyon programı ile binaya ait enerji analizleri gerçekleştirilmiştir. NZEB'ler ile ilgili AB EPBD gereği genel geçer ifadeler bulunmakla birlikte iyileştirmeler ile ilgili net değerler direktifte yer almamaktadır. Üye ülkelerin bulundukları konumlar ile ilgili milli tanımlamalarını ve uygulamalarını yapmaları beklenmektedir. Bu kapsamda; üye devletlerdeki örnek NZEB uygulamalarını incelemek, NZEB'lerin yaygın hale getirilmesi ile pratik ve deneyimleme adına önem arz etmektedir. Örnekler ile bu tarz binaların nasıl görüldüğü, maliyetleri, kullanılan teknolojik vb. insanların zihninde merak uyandıran sorular cevap bulacaktır. Bu amaçla EPBD Uyum Eylem planı kapsamında seçilen NZEB binaları hangi ülkelerde nasıl uygulamalar yapıldığı, konut ve konut dışı binalarda nelere odaklanıldığı, ulusal enerji ihtiyaçlarına göre bu binaların ne düzeyde verimli olduğu, ne çeşit yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığı ve bu binaların pazarlanma konseptleri vb. parametreler ulusal çalışmalarını geliştiren üye ülkelere örnek teşkil etmektedir.

Örnek NZEB'ler üzerinde yapılan incelemelerde bina kabuğu ile ilgili; duvarlarda genellikle tuğla, beton ya da ahşap kullanıldığı görülmektedir. Camlar; çift cam, low-e kaplamalı veya low-e üçlü camdan oluşmaktadır. Çatılar büyük ölçüde betonarme olmakla birlikte ahşap kullanılan örneklerde mevcuttur. Zemin döşemelerine genellikle izolasyon yapılmıştır. Genel itibariyle çok düşük U değerleri sağlanmaktadır. Örnek NZEB uygulamaları esas alınarak oluşturulmuş U değerleri Çizelge 5.1.'de görülmektedir. Isınma genellikle ısı pompası, gaz kazanları veya merkezi ısıtma sistemi ile yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından çoğunlukla elektrik üretimine destek olması adına PV paneller, güneş panelleri ve ısı pompaları kullanılmaktadır [9].

Çizelge 5.1. AB’de bulunan örnek NZEB yapılarına ait ortalama U değerleri [9]

Bina Bileşenleri	U (W/m ² K)		
	En Düşük	Ortalama	En Yüksek
Duvar	0,065	0,29	1,97
Pencere	0,7	1,16	4,5
Çatı	0,06	0,14	0,55
Zemin	0,07	0,29	1,97
Kapı	0,68	0,98	2,19

5.1.1. Yalıtım malzemelerinin iyileştirilmesi

Örnek kamu hizmet binasının enerji tüketiminin minimize edilmesi kapsamında DesignBuilder programı simülasyon sonuçları sonucu bina kabuğundaki enerji kayıplarına yönelik iyileştirmeler yapılacaktır. Örnek kamu hizmet binasının mevcut durumunun simülasyonu sonucu ortaya çıkan ısı kayıp miktarları Çizelge 5.2.’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Simülasyon sonucu ortaya çıkan ısı kayıpları

YAPI BİLEŞENLERİ	ISI KAYIPLARI (kW)
Duvarlar	-26,1
Tavan	-16,4
Zemin	-8,83
Çatı	-7,17

Türkiye’de uygulanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standartlarında tavsiye edilen U değerleri ile sıfıra yakın enerjili bina uygulamalarının örneklerinde yer alan U değerleri arasında ciddi derecede fark bulunmaktadır. Türkiye’de yeterli görülen standart tavsiye değerleri NZEB’ler için yetersizdir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standartlarında tavsiye edilen U değerleri Çizelge 5.3.’de gösterilmiştir [11].

Çizelge 5.3. TS 825’e göre tavsiye edilen U değerleri [11]

TS 825’E GÖRE TAVSİYE EDİLEN U DEĞERLERİ				
W/m ² K	U _{DUVAR}	U _{TAVAN}	U _{TABAN}	U _{PENCERE}
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,40
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,40
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,40
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,40

Örnek kamu hizmet binasının mevcut durumunun projelendirilmesi sırasında U değerleri TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standartları esas alınarak yapılmıştır. Ancak; bu tez

kapsamında aynı binanın NZEB olma durumu incelendiğinden AB’de bulunan uygulamalar üzerinden alınan ortalama değerlerin kullanılması ile elde edilecek simülasyon sonuçları ile mevcut durumun karşılaştırılması yapılacaktır. Dış duvarlar, tavan ve taban yalıtımlarına yönelik farklı cins malzemelerin ve kalınlıkların kullanılması durumları ile ilgili ayrı ayrı simülasyon programına veriler girilerek enerji ve maliyet analizleri yapılacaktır.

Malatya ilinde bulunan örnek kamu hizmet binası 3. Isı bölgesinde yer almaktadır. Binanın projelendirilmesi sırasında seçilen malzemeler sonucu ortaya çıkan U değerleri Çizelge 5.4.’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Örnek kamu hizmet binasının mevcut durumuna ait U değerleri

ÖRNEK KAMU HİZMET BİNASININ MEVCUT DURUMU	
YAPI BİLEŞENLERİ	U [W/m ² .K]
Duvar	0,428
Pencere	2,708
Çatı	0,276
Zemin	0,389

Örnek Kamu hizmet binasının doğalgaz ve elektrik yıllık tüketim değerleri aylık olarak kaydedilmektedir. Son yıllara ait enerji tüketim değerlerinin aylık olarak kayıtları kullanıcıdan elde edilmiş ve Çizelge 5.5.’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Örnek kamu hizmet binasının ölçülen ortalama enerji tüketim değerleri

ÖRNEK KAMU BİNASI ÖLÇÜLEN ORTALAMA ENERJİ TÜKETİM DEĞERLERİ		
AY	ELEKTRİK (kWh)	DOĞALGAZ (kWh)
Ocak	10.950	53.487
Şubat	9.669	44.135
Mart	10.218	31.196
Nisan	9.382	11.289
Mayıs	11.107	8.799
Haziran	10.061	6.607
Temmuz	13.903	4.554
Ağustos	17.258	4.554
Eylül	12.492	7.682
Ekim	9.643	10.297
Kasım	11.682	34.654
Aralık	10.270	42.262
TOPLAM	136.635	260.148

5.1.2. Pencereilerin iyileştirilmesi

Mevcut rnek kamu binasının DesignBuilder enerji simülasyon programı ile enerji analizlerinin yapılması sonucu pencerelerde ortaya çıkan ısı kaybı 10,84 kW'tır. Bu doğrultuda AB'de uygulanmış rnek NZEB binaları için alınan ortalama U değerleri doğrultusunda pencerelere yönelik cam sayısı, cam kalınlıkları, iki cam arası gaz cinsi, ara boşluk kalınlıkları ve cam güneş geçirgenliği gibi değerler ayrı ayrı detaylı şekilde DesignBuilder programında analiz edilerek optimum çözüm analizler sonucunda ortaya çıkacaktır.

5.1.3. İklimlendirme sistemlerinin iyileştirilmesi

Sürdürülebilir binaların en önemli şartlarından birisi de insan memnuniyeti ve üretkenliğinin artırılmasıdır. Bu nedenle binalarda i mekân kalitesi ve üretkenliğin artırılması, sürdürülebilir tasarımın bir parçası olarak dikkate alınmalıdır. Genel anlamda konfor kişiden kişiye göre değişen, göreceli bir kavramdır. ISO 7730 Standardına göre konfor durumu mekân ierisindekilerin % 90'ının kabul ettiği öngörüsüyle (ASHRAE-55) oluşturulur.

HVAC sistemlerinin meknlarda kurulumu ile insanların daha konforlu ortamlarda bulunmaları hedeflenmektedir. Ortam içerisindeki canlının uygun şartlarda yaşamlarını sürdürebilmeleri için teknolojik ve endüstriyel sistemlerden yararlanılması gerekmektedir. Ortama uygun şartların sağlanması işlemlerinde oksijen oranının, nem oranının vb. etkenlerin istenen düzeyde tutulması ortama eşit şekilde dağılımı önem arz etmektedir. Bu sistemlerin kurulumu sırasında çevreye karşı zararları ve ekonomiklik hususları da dikkate alınmalıdır.

Kaliteli i mekânlar çalışanların verimlilikleri üzerinde etkin rol oynamaktadır. Sürdürülebilir binaları olan firmalarda yapılan araştırmalara göre; üretimde artış gözlenirken, işe devamsızlık oranlarında azalışlar söz konusu olmuştur.

Isıl konforu belirleyen parametreler; dış iklimsel etkenler (hava sıcaklığı, hava nemi vb.), yapı elemanlarının özellikleri ve nitelikleri (i yüzey sıcaklığı, hacimdeki dış duvar ve pencere sayısı ile bunların boyutları, yalıtım, infiltrasyon vb.), yapı konfor bileşenleri

(ısıtma/soğutma sistemleri vb.), yapı çevresi (çevre iklimini etkileyen parametreler, gölgeleme vb.), yapı içindeki insanın aktivite düzeyi (giysi, yaş, cinsiyet gibi insanla ilgili parametreler) birçok etken olarak sıralanabilir [44]

Bu kapsamda; iklimlendirme sisteminin tekrar değerlendirilmesi için ısıtma-soğutma tasarım sıcaklıklarının ASHRAE doğrultusunda seçilerek sonucun değerlendirilmesi, infiltrasyon için yapılacak seçimler ile yeniden değerlendirilmesi ve mevcut sıcak su kazanının durumunun değerlendirilmesi işlemleri yapılacaktır.

5.1.4. Aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi

Örnek kamu hizmet binasının aydınlatılmasında floresan armatürler kullanılmıştır. DesignBuilder programında mevcut binaya ait floresan armatürler girilmiş ve aydınlatma değerleri hesaplanmıştır. Bu armatürlerin yerine LED ve kontrol edilebilir armatür kullanılması durumuna göre değerlendirme yapılacaktır. Mevcut binanın DesignBuilder programında elde edilen simülasyonu sonucunda yıllık aydınlatma için elektrik tüketim değeri 67.022 kWh'tır.

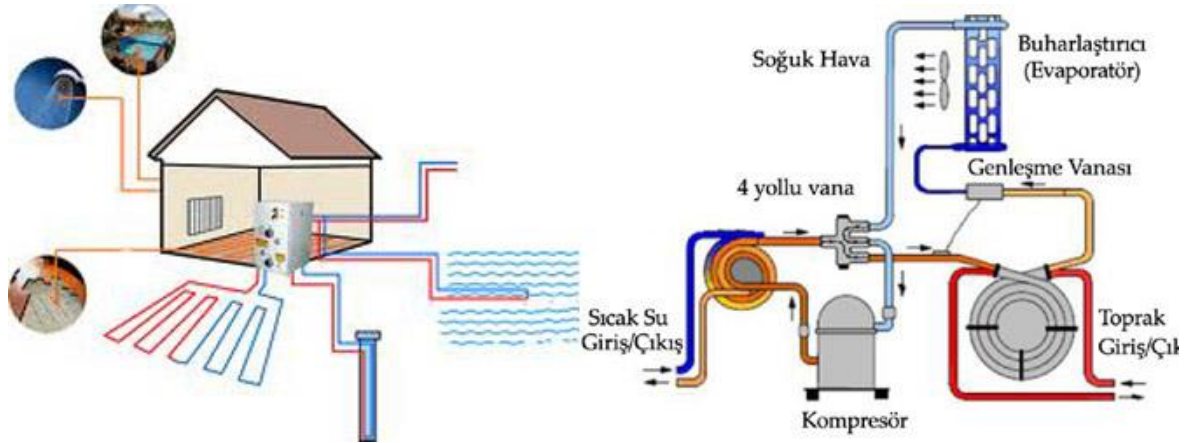
Mevcut aydınlatma sistemi yerine LED aydınlatma sistemi ve kontrol edilebilir aydınlatma sistemi kullanılması durumunda ortaya çıkacak sonuçlar değerlendirilecektir.

5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması

Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere 3. iklim bölgesinde yer alan Malatya ilinde bulunan örnek kamu hizmet binası ile ilgili mevcut iyileştirmeler ile ilgili değerlendirmeler simülasyon programı aracılığıyla yapılmıştır. EPBD gereği iyileştirmeler sonrası geriye kalan enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması örnek binanın mevcut konumunda konuşlandığı şartlar değerlendirilerek yapılmış ve inceleme neticesinde ısı pompası kullanımının toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması durumunda avantajlı olacağı ve elektrik enerjisi ihtiyacına katkı sunacak şekilde mevcut çatı şartlarında kullanılacak fotovoltaik destekli elektrik üretiminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda; bu iki konu ile ilgili yapılan çalışmalar sunulmuştur.

5.2.1. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması

Isı Pompaları, farklı ortamlar arasında enerji transferi gerçekleştiren cihazlardır. Kaynak olarak toprak, hava veya su kullanılmaktadır. Genel çalışma prensiplerine yönelik gösterim Resim 5.1.'de yer almaktadır.

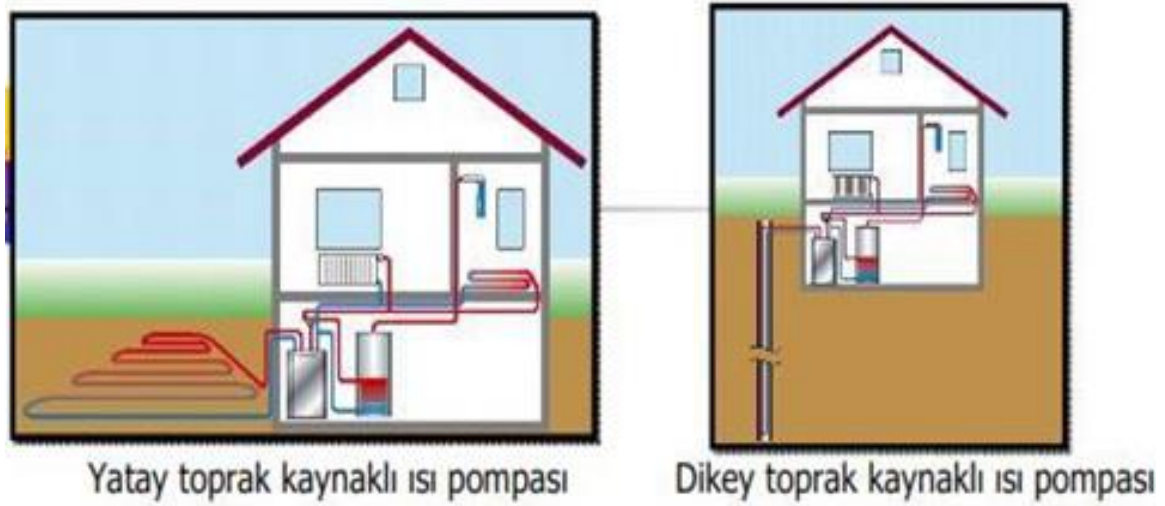


Resim 5.1. Isı pompaları ve çalışma prensibi [45]

Gazın faz değişimi, enerjinin alınması veya taşınması yollarıyla ısıtma veya soğutma işlemleri gerçekleştirilir. Bu enerji transferleri için belirli miktarda enerji harcanmaktadır. Harcanan bu enerji miktarları doğada yer alan bu tükenmez kaynaklardan enerji edilmesinin yanında göz ardı edilecek düzeydedir [45].

Tez kapsamında incelenen Malatya ilinde bulunan örnek kamu hizmet binasının konumu, özellikleri ve iklim verilerinin değerlendirilmesi sonucu ısı pompaları için yapılan fizibilite çalışmalarında en uygun ve verimli ısı pompası olarak toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması olduğu sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda çalışmalarda toprak kaynaklı ısı pompası tercih edilmiştir.

Güneş dünyanın enerji kaynağıdır ve dünyaya güneşten gelen enerjinin yaklaşık yarısı dünya kütleinde tutulmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı ile dünya kütleinde tutulan bu enerjiden faydalanılır. Kış döneminde toprak havadan daha sıcak ve yazın toprak havadan daha düşük sıcaklıktadır. Yıl bazında düşünüldüğünde toprakta kararlı bir enerji kaynağı olarak yaklaşık sıcaklık değerlerinde süreklilik arz etmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompaları ile ilgili Resim 5.2’de çizimler gösterilmiştir [46].



Resim 5.2. Yatay ve dikey kaynaklı ısı pompaları [46]

Yatay ve dikey olarak toprak kaynaklı ısı pompaları uygulamaları bulunmaktadır. Her iki uygulamanın da ihtiyaç doğrultusunda avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yatayda COP değerlerinin yüksek olması ve uygun maliyetler avantaj olarak görülürken, dikey uygulamada alan sıkıntısı olan yapılarda az yer işgal etmesi ve daha güvenilir olması avantaj olarak görülmektedir. Dezavantajları karşılaştırıldığında; yatay uygulamalarda hassas uygulama tekniklerine ihtiyaç duyulması, hava problemleri, daha çok alana ihtiyaç duyulması problemleri görülürken, dikey uygulamalarda ilk yatırım maliyetlerindeki yüksek miktarlar, zemin sorunları vb. problemlerle karşılaşılmaktadır.

5.2.2. Fotovoltaik panellerin kullanılması

Binalarda yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimlerinin başında solar PV panelleri kullanılarak yapılan uygulamalar gelir. Solar güneş panelleri ile üretilen elektrik enerjisi bataryalar yardımıyla belirli ölçüde depolanabilir. Solar güneş panelleri ile elektrik üretimi için ihtiyaç duyulan panellerin son yıllarda tasarım ve üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması sonucu maliyetlerin de gün geçtikçe azalma yönünde eğilimi uygulanmasını kolaylaştırmaktadır [19].

Örnek kamu hizmet binasının NZEB olarak dönüştürülmesi kapsamında binanın sisteminde toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması durumunun analizi yapılacaktır.

6. BİNANIN NZEB DURUMUNUN ENERJİ SİMÜLASYONUNUN YAPILMASI

Örnek kamu hizmet binasının NZEB standartlarına getirilmesi maksadıyla; öncelikle mevcut binanın enerji talebinin minimize edilmesi için uygulanabilecek hususlar değerlendirilmiştir. Simülasyon sonucunda enerji tüketimlerinin kaynakları belirlenmiştir. Örneğin; duvarlar, pencereler, aydınlatma vb. yapılarda uygulanabilecek iyileştirmeler maliyetler göz önüne alınarak incelenmiştir.

Ayrıca; örnek kamu hizmet binasının NZEB duruma getirilmesi için AB EPBD’de gösterildiği üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapılması ve ısı pompası ile ısıtma yapılması sonucu enerji tüketim değerleri hesaplanarak örnek kamu hizmet binasının NZEB durumuna getirilmesinin değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda; örnek kamu hizmet binasının NZEB’e dönüştürülmesi için bina kabuğunun iyileştirilmesi, aydınlatma sisteminde kontrollü LED armatürler kullanılması, pencerelerde üç camlı Low-e sistemin uygulanması durumları incelenmiştir. Ayrıca; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak maksadıyla PV paneller ile elektrik üretimi yapılması ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanılması işlemleri uygulanarak örnek kamu hizmet binasının konvansiyonel yöntemlerle inşa edilmiş mevcut durumu ile karşılaştırma yapılmıştır.

6.1. Enerji Tüketiminin Minimize Edilmesi

6.1.1. Yalıtım malzemelerinin değerlendirilmesi

Örnek kamu hizmet binasının tasarımında bina dış duvarlarında 6 cm taş yünü levhalar kullanılmıştır. DesignBuilder programında yalıtım malzemesi cinsi ve kalınlıklarında değişiklikler yapılarak simülasyon yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Analizi yapılan yalıtım malzemeleri ve teknik özellikleri Çizelge 6.1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklara göre U değerleri

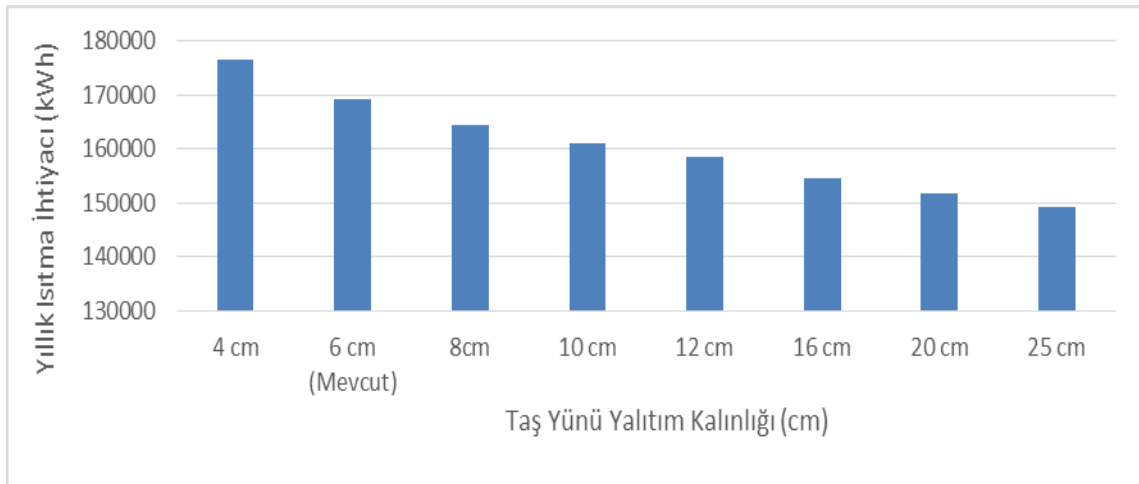
DIŞ DUVARLAR					
		YALITIM MALZEMELERİ			
		TAŞ YÜNÜ	CAM YÜNÜ	XPS	EPS
TEMEL ÖZELLİKLER	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	0,035	0,035	0,035	0,035
	Yoğunluk (kg/m ³)	30	30	35	35
	Özgül Isı (J/kgK)	840	840	1400	1400
U (W/m ² K)	4 cm	0,567			
	6 cm (mevcut)	0,428			
	8 cm	0,344			
	10 cm	0,288			
	12 cm	0,247			
	16 cm	0,193			
	20 cm	0,158			
	25 cm	0,129			
YAPISAL ÖZELLİKLER	Yanıcılık	Yanmaz	Yanmaz	Yanıcı	Yanıcı
	Organik/İnorganik	İnorganik	İnorganik	Organik	Organik
	Elastik/Kırılğan	Elastik	Elastik	Kırılğan	Kırılğan
	Zamanla Boyutsal Değişim	Hayır	Hayır	Evet	Evet
	Güneşten Etkilenme	Hayır	Hayır	Evet	Evet
	Sıcaklık Dayanımı	750-1000°C	250-550°C	70-80°C	75-85°C
	Ses Yalıtım Kabiliyeti	Çok İyi	Çok İyi	Kötü	Kötü

Örnek kamu hizmet binası tasarımında kullanılan taş yünü ve benzer özellikteki diğer yalıtım malzemelerinin farklı kalınlıklarda kullanılması durumunda ısıtma enerjisi tüketimine etkileri incelenmiş sonuçlar Çizelge 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklara göre yıllık ısıtma giderleri

DIŞ DUVARLAR					
		YALITIM MALZEMELERİ			
		TAŞ YÜNÜ	CAM YÜNÜ	XPS	EPS
TEMEL ÖZELLİKLER	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	0,035	0,035	0,035	0,035
	Yoğunluk (kg/m ³)	30	30	35	35
	Özgül Isı (J/kgK)	840	840	1400	1400
YILLIK ISITMA İHTİYACI TÜKETİM DEĞERLERİ (kWh)	Yalıtımsız	325.855			
	4 cm	176.473	175.689	175.891	178.878
	6 cm (mevcut)	169.146	168.625	168.854	168.838
	8 cm	164.475	163.392	163.968	163.948
	10 cm	161.156	160.640	160.679	160.657
	12 cm	158.603	158.074	158.115	158.090
	16 cm	154.493	154.286	154.326	154.304
	20 cm	151.642	151.498	151.534	151.515
	25 cm	149.248	148.749	148.781	148.766

DesignBuilder programında farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklar için yapılan simülasyon sonucu elde edilen yıllık ısıtma tüketim değerleri görülmektedir. Birbirine yakın sonuçlar elde edildiğinden ve kurumun yangın yönetmeliği ile ses yalıtım kabiliyetleri önceliklerini dikkate alarak dış duvarlarda taş yünü tercih etmesi sebebi ile dış duvarda örnek kamu hizmet binasının NZEB durumuna getirilmesi için farklı kalınlıklarda taş yünü kullanılarak maliyet ve değerlendirmeler yapılmış ve Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Taş yünü kalınlıklarına göre yıllık ısıtma ihtiyacı

Çizelge 6.3. Dış duvar taş yünü uygulamaları için ısıtma enerjisi miktarı ve tasarruf oranları

YALITIM MALZEMESİ	KALINLIK (cm)	ISITMA ENERJİSİ (kWh/yıl)	TASARRUF ORANI (%)
Dış Duvar Taş Yünü	Yalıtımsız	325.855	-
	4	176.473	-
	6 (mevcut)	169.146	-
	8	164.475	2,76
	10	161.156	4,72
	12	158.603	6,23
	16	154.493	8,66
	20	151.642	10,35
	25	149.248	11,76

Çizelge 6.3.'te görüleceği üzere yalıtım kalınlıklarının yıllık ısıtma ihtiyaçlarına etkisi görülmektedir. Binanın dış duvarının herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmadan yapılması durumu en çok ihtiyacın olduğu durumdur. Mevcut durumunda 6 cm'lik taş yünü kullanılmıştır. TS 825 standartlarına göre yeterli olmasına rağmen sifıra yakın enerjili binaların ortalama değerinin üzerinde kalmaktadır. AB ülkelerinde daha önce uygulanan NZEB'lerin ortalama duvar U değeri Çizelge 5.1.'de 0,29 olduğundan dış duvarlarda 10 cm yalıtım kalınlığı kullanılarak işlemler yapılmıştır.

Isı yalıtım malzemesinin 10 cm olarak dış duvarlarda uygulanması durumunda binanın enerji tüketimine ve enerji giderine etkisi Çizelge 6.4.'deki gibi olacaktır.

Çizelge 6.4. Dış duvar taş yünü uygulamaları için enerji tüketim maliyetleri

DİŞ DUVAR	Doğalgaz Tüketimi (kWh)	Elektrik Tüketimi (kWh)	Doğalgaz Tüketim Maliyeti (TL)	Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	Toplam Enerji Tüketim Maliyeti (TL)
Mevcut Durum 6 cm taş yünü	251.361	141.728	28.113	90.309	118.422
NZEB için 10 cm taş yünü	245.518	140.641	27.459	89.616	117.075
AKSA Doğalgaz 2019 Yılı KDV Dahil m ³ Fiyatı 1,19 TL ve FIRAT AKSA Elektrik 2019 Yılı Tic. KDV Dahil kWh Fiyatı 0,6372 TL alınmıştır. (1 m ³ doğalgaz 10,64 m ³)					

Çizelge 6.4.'te görüleceği üzere mevcut kamu hizmet binasında uygulanan 6 cm taş yünü yerine 10 cm taş yünü uygulanması yıllık olarak toplam enerji giderlerinde 1.347 TL avantaj sağlayacaktır. Isı yalıtım malzemesi olarak 6 cm taş taş yünü yerine 10 cm taş yünü kullanılması taş yünü için dış duvar yüzey alanında uygulanacak maliyeti açısından incelendiğinde Çizelge 6.5.'de gösterilen fark oluşmaktadır. Malzeme fiyatında 33.842 TL'lik ekstra gider ortaya çıkmaktadır. Taş yünü kalınlığı artırılarak uygulama yapıldığında maliyet açısından amortisman süresi avantajlı olmayacaktır.

Çizelge 6.5. Dış duvar taş yünü uygulamaları için maliyet karşılaştırması

DIŞ DUVAR	Birim Fiyatı (TL/m ²)	Miktarı (m ²)	Maliyet Tutarı (TL)
Mevcut Durum 6 cm taş yünü	26,61	2053	54.630
NZEB için 10 cm taş yünü	42,89	2053	88.053
Maliyet tutarı hesaplanırken birim fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı Birim Fiyat Kitabından alınmıştır. Bu kitapta bulunmayan imalatların fiyatları piyasadan araştırılmıştır.			

Benzer şekilde örnek kamu hizmet binasının tavanı için mevcutta 12 cm'lik taş yünü malzeme kullanılmıştır. Çizelge 6.6.'da görüleceği üzere farklı kalınlıktaki taş yünü malzeme kullanılması durumu DesignBuilder programı ile simüle edilmiş ve tasarruf oranları gösterilmiştir. Örnek NZEB binalarının tavan uygulamaları incelendiğinde; Çizelge 5.1.'den NZEB binalarının tavanları için ortalama U değerinin 0,14 değeri olduğu görülmektedir. 0,14 değerinin sağlanması için Çizelge 6.6.'da farklı kalınlıklara ait U değerlerine bakıldığında 25 cm taş yünü kullanarak NZEB binalarının ortalama tavan uygulamalarının sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 6.6. Tavan taş yünü uygulamaları için ısıtma enerjisi miktarları ve tasarruf oranı

YALITIM MALZEMESİ	U [w/m ² K]	KALINLIK (cm)	ISITMA ENERJİSİ (kWh/yıl)	TASARRUF ORANI (%)
Tavan Taş Yünü	0,567	4	176.540	-
	0,428	6	173.458	-
	0,344	8	171.472	-
	0,288	10	170.125	-
	0,247	12(mevcut)	169.146	-
	0,193	16	167.764	0,81
	0,158	20	166.780	1,39
	0,136	25	165.872	1,93

25 cm'lik taş yünü uygulanması durumu mevcut uygulama ile doğalgaz ve elektrik enerji tüketimleri açısından karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma Çizelge 6.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Tavan taş yünü uygulamaları için enerji tüketim karşılaştırmaları

TAVAN	Doğalgaz Tüketimi (kWh)	Elektrik Tüketimi (kWh)	Doğalgaz Tüketimi (TL)	Elektrik Tüketimi (TL)	Toplam Enerji Tüketimi (TL)
Mevcut Durum 12 cm taş yünü	251.361	141.728	28.113	90.309	118.422
NZEB için 25 cm taş yünü	248.087	141.666	27.746	90.269	118.015
AKSA Doğalgaz 2019 Yılı KDV Dahil m ³ Fiyatı 1,19 TL ve FIRAT AKSA Elektrik 2019 Yılı Tic. KDV Dahil kWh Fiyatı 0,6372 TL alınmıştır. (1 m ³ doğalgaz 10,64 m ³)					

Örnek kamu hizmet binasında çatı döşemesinde kullanılan 12 cm taş yünü yerine 25 cm taş yünü uygulanması durumunda elektrik ve doğalgaz toplam tüketim değerlerinde yıllık olarak 407 TL avantaj sağlanacaktır.

Çizelge 6.8. Tavan taş yünü uygulamaları için maliyet karşılaştırması

TAVAN	Birim Fiyatı (TL /m ²)	Miktarı (m ²)	Maliyet Tutarı (TL)
Mevcut Durum 12 cm taş yünü	167,33	1043	174.525
NZEB için 25 cm taş yünü	338,26	1043	325.805
Maliyet tutarı hesaplanırken birim fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı Birim Fiyat Kitabından alınmıştır. Bu kitapta bulunmayan imalatların fiyatları piyasadan araştırılmıştır.			

Çizelge 6.8.'de görüleceği üzere örnek kamu hizmet binasının tavan bölümünde mevcut durumda 12 cm uygulanan taş yünü yerine 25 cm taş yünü kullanılması durumunda yıllık 407 TL toplam enerji tüketim giderlerinde avantaj sağlanırken 151.280 TL artı ilk yatırım maliyetine sebep olmaktadır.

Örnek kamu hizmet binasının toprağa temas eden taban bölümünde mevcut durumda 6 cm XPS kullanılmıştır. Örnek kamu hizmet binasının taban bölümünde mevcutta kullanılan 6 cm XPS yerine NZEB binası ortalamalarında görüleceği üzere 0,29 U değerinin sağlanması için 10 cm XPS kullanılırsa oluşacak tasarruf oranları Çizelge 6.9.'da gösterilmiştir. Yıllık olarak 356 TL avantaj sağlanacağı Çizelge 6.10.'da görülmektedir.

Çizelge 6.9. Taban XPS uygulamaları ısıtma enerjisi miktarı ve tasarruf oranı

YALITIM MALZEMESİ	U [w/m²K]	KALINLIK (cm)	ISITMA ENERJİSİ (kWh/yıl)	TASARRUF ORANI (%)
Taban XPS	0,526	4	172.389	-
	0,389	6 (mevcut)	169.146	-
	0,309	8	167.190	1,16
	0,256	10	165.841	1,95
	0,219	12	164.804	2,57
	0,169	16	163.354	3,42
	0,138	20	162.384	4,00
	0,112	25	161.538	4,50

Çizelge 6.10. Taban XPS uygulamaları için enerji tüketim karşılaştırmaları

TABAN	Doğalgaz Tüketimi (kWh)	Elektrik Tüketimi (kWh)	Doğalgaz Tüketimi (TL)	Elektrik Tüketimi (TL)	Toplam Enerji Tüketimi (TL)
Mevcut Durum 6 cm XPS	251.361	141.728	28.113	90.309	118.422
NZEB için 10 cm XPS	248.057	141.751	27.743	90.323	118.066
AKSA Doğalgaz 2019 Yılı KDV Dahil m³ Fiyatı 1,19 TL ve FIRAT AKSA Elektrik 2019 Yılı Tic. KDV Dahil kWh Fiyatı 0,6372 TL alınmıştır. (1 m³ doğalgaz 10,64 m³)					

Çizelge 6.11. Taban XPS uygulamaları için maliyet karşılaştırması

TAVAN	Birim Fiyatı (TL/m²)	Miktarı (m²)	Maliyet Tutarı (TL)
Mevcut Durum 6 cm XPS	26,61	1043	27.754
NZEB için 10 cm XPS	42,89	1043	44.734
Maliyet tutarı hesaplanırken birim fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı Birim Fiyat Kitabından alınmıştır. Bu kitapta bulunmayan imalatların fiyatları piyasadan araştırılmıştır.			

Örnek kamu hizmet binasının tabanı için 6 cm XPS yerine 10 cm XPS uygulanması durumunda 16.890 TL ilk yatırım maliyeti farkı olacaktır. Bu durum Çizelge 6.11.'de gösterilmektedir.

Bina dış kabuğunda yapılacak iyileştirmeler sonucu ısıtma soğutma ekipman kapasitelerinde farklılıklar olacaktır. Ancak örnek binamızın kullanım hacminin ve kapasitesinin düşük olması sebebiyle yapılacak iyileştirmelerin ekonomik olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. İlk yatırım maliyetleri ile elde edilen yıllık avantajlar karşılaştırıldığında ve bina kullanım ömürleri göz önüne alındığında değişikliklerin ekonomik ve akılcı olmayacağı görülmektedir. Ancak AB tarafından birçok ülkede NZEB binalarının yaygınlaştırılması adına milli mevzuatlar geliştirilmeye devam etmekte ve ekstra maliyetlerin karşılanabilmesi adına AB fonlarından destek bütçeler oluşturulmaktadır.

6.1.2. Pencereilerin değeriendirilmesi

Örnek kamu hizmet binasının dış cephesinde dış ortama bakan pencerelerin DesignBuilder programında farklı durumları için simülasyonu yapılmıştır.

Cam adedi, 2 cam arası gaz boşlukları, iki cam arasında kullanılan gazların cinsi, camlı yüzey alanlarının toplam dış cephe yüzeyindeki alanları vb. durumlara bakılarak değeriendirmeler yapılmıştır. Örnek kamu hizmet binasının mevcut iklim durumu da düşünülerek 135.66 m² %6,61 oranla bina dış yüzeyinde pencereler yer almaktadır. Bu pencerelerin ve camların enerji tüketim değeriilerine etkisi incelenmiştir.

Cam Sayısı

Mevcut bina analizi değeriştirildiğinde pencerelerden kaynaklı 10,64 kWh ısı kaybının olduğu görülmektedir. NZEB binalarının ortalama değerilerinde pencereler için Çizelge 5.1'de 1,16 U değeri bulunmaktadır. Mevcut bina proje tasarımında 4+16+4 hava boşluklu iki camlı alüminyum kanatlı pencereler kullanılmıştır.

Çizelge 6.12. Cam sayısı ve gaz boşluğuna göre U değerlerinin karşılaştırılması

CAM	U (W/m ² K)	SHGC	GAZ BOŞLUĞU (mm)	CAM KALINLIĞI (mm)
Tek Cam	5,806	0.847	-	4
İki Cam (mevcut)	2.708	0.703	16	4+4
Üç Cam	1,027	0,488	16+16	4+4+4

Çizelge 6.13. Cam sayısı ve gaz boşluğuna göre ısıtma-soğutma değerlerinin karşılaştırılması

CAM	Isıtma İhtiyacı (kWh/yıl)	Soğutma İhtiyacı (kWh/yıl)
Tek Cam	173.406	11.738
İki Cam (mevcut)	169.146	11.553
Üç Cam	168.131	11.258

Çizelge 6.12. ve Çizelge 6.13.'de görüleceği üzere mevcut bina dış yüzey alanında pencere boyutlarının küçük seçilmesi sebebiyle pencerelerin iyileştirmeye etkisi daha düşük olmaktadır.

İki Cam Arası Gaz Cinsi

Mevcut kamu hizmet binasında daha önce incelediğimiz üzere yalıtım malzemelerinin doğru kalınlıklarda kullanılması ve pencere boyutları olarak iklim koşulları dikkate alınarak küçük seçilmesi sebebiyle incelenen mevcut iki camlı ve alüminyum çerçeveli pencerenin ısıtma etkisinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Ara boşluklarda kullanılan hava ile argon ve kripton gazları olması durumu incelenmiştir.

Çizelge 6.14. Gaz cinsine göre U değerleri

ARA BOŞLUK	U (W/m ² K)	SHGC	GAZ BOŞLUĞU (mm)	CAM KALINLIĞI (mm)
Hava	2.708	0.703	16	4+4
Argon	2.587	0.703	16	4+4
Kripton	2,540	0.703	16	4+4

Çizelge 6.15. Gaz cinsine göre ısıtma-soğutma ihtiyaçları

ARA BOŞLUK	Isıtma İhtiyacı (kWh/yıl)	Soğutma İhtiyacı (kWh/yıl)
Hava	169.146	11.552
Argon	168.716	11.565
Kripton	168.470	11.575

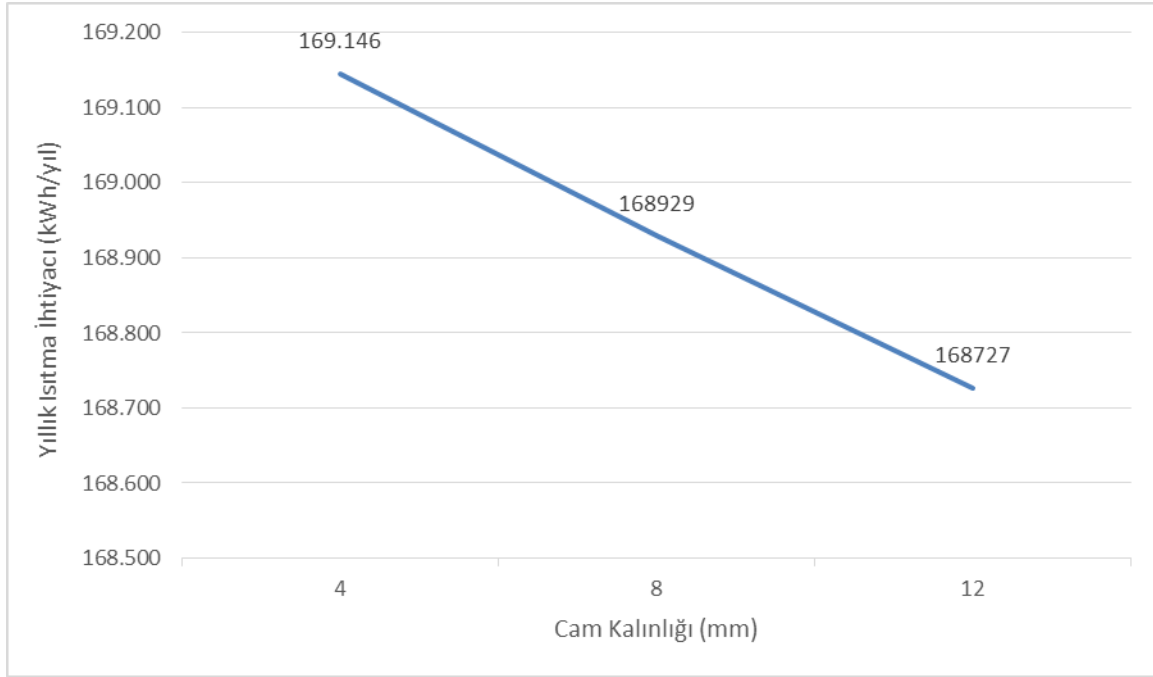
Üç ayrı alternatif için durum değerlendirmesi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6.14. ve Çizelge 6.15.'de gösterilmiştir. Asal gazlar havaya oranla daha düşük ısı iletkenlik değerine ve daha yüksek viskoziteye sahip olduklarından, kullanıldıklarında ısı transferi azalmaktadır. En yüksek performans kripton gazı kullanılarak elde edilmektedir, Ancak; ülkemizde dâhil en yaygın kullanılan gaz argon gazıdır. Isıtma ihtiyacı azalırken soğutma ihtiyacında da artış gözlenmiştir. Mevcut binada kullanılan hava yerine argon kullanılması durumunda ısıtma ihtiyacında % 0,25 azalış ve soğutma ihtiyacında % 0,11 artış meydana gelecektir. Kripton gazı kullanılması durumunda ısıtma ihtiyacında % 0,4 azalış ve soğutma ihtiyacında % 0,2 artış meydana gelecektir. Mali açıdan değerlendirildiğinde mevcut bina için kullanılan hava boşluklu cam tipinin uygun olduğu görülmektedir. Ancak; mevcut binamızın NZEB olması durumu için üç camlı sistemde kripton ara boşluklarda kripton kullanılması enerji ihtiyaçlarını minimum düzeye indirecektir.

Cam Kalınlıkları

Mevcut binamızda kullanılan 4+16+4 cam sistemi için cam kalınlıkları farklılaştırılarak değerlendirme yapılmış ve sonuçlar Şekil 6.2. ile Çizelge 6.16.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.16. Cam kalınlığına göre ısıtma-soğutma ihtiyaçları

CAM	SHGC	U (W/m ² K)	Isıtma İhtiyacı (kWh/yıl)	Soğutma İhtiyacı (kWh/yıl)
4 (mevcut)	0.703	2,708	169.146	11.553
8	0.703	2,662	168.929	11.560
12	0.703	2.601	168.727	11.568

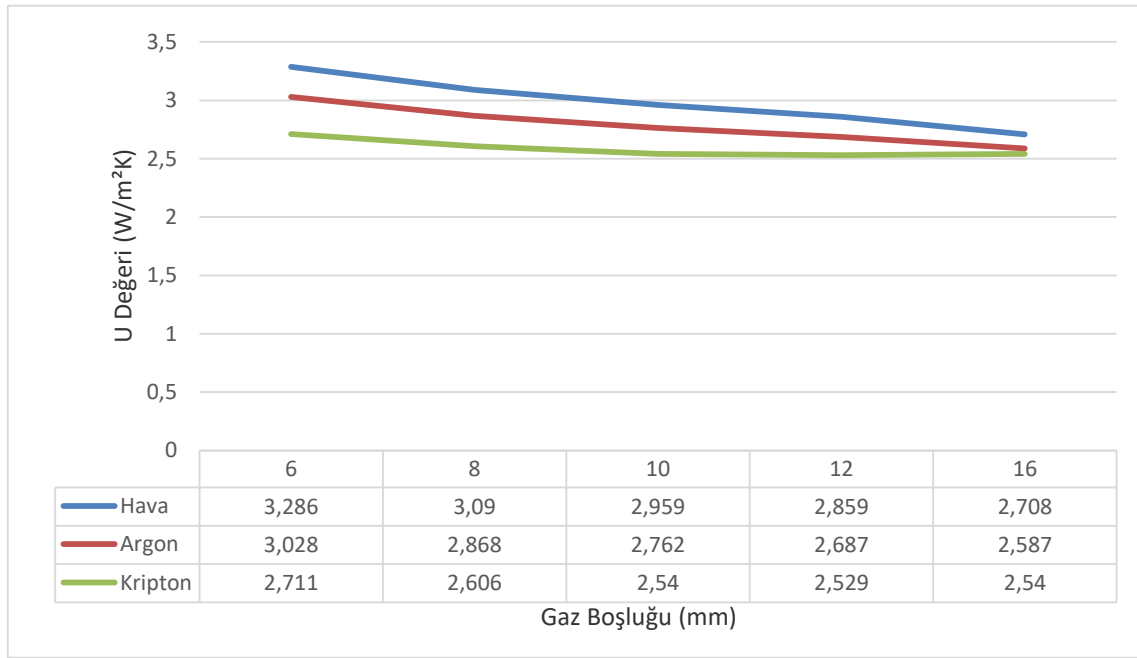


Şekil 6.2. Cam kalınlığının yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi

Cam kalınlığının ısıtma ve soğutma ihtiyaçları üzerindeki etkisi incelenmiş ve tasarruf oranının çok düşük olduğu görülmüştür.

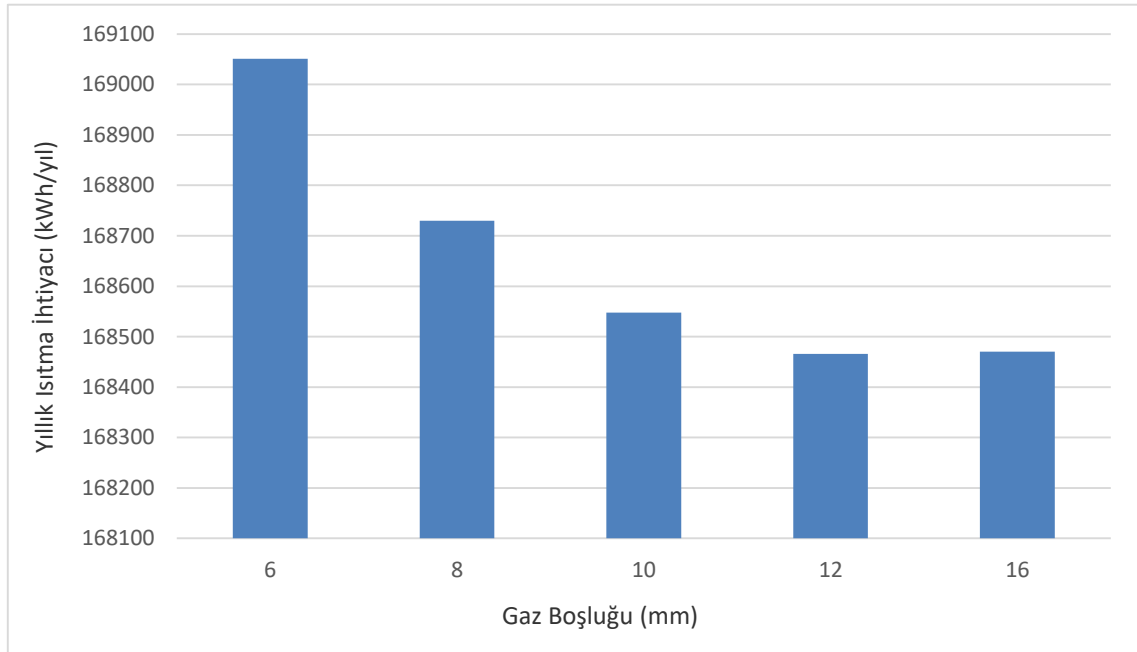
Ara Boşluk Kalınlıkları

Mevcut bina için 4+16+4 cam kullanılmıştır. Ara boşlukta 16 cm ve hava tercih edilmiştir. Gaz boşluğunun değişiminin tüketim değerlerini ne ölçüde etkilediği incelenmiştir. Farklı ara boşluklar için (6, 9, 12 ve 16 mm) inceleme yapılmıştır. Bu değişikliklerin ısıtma ihtiyacı üzerindeki etkisi Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Gaz cinsine farklı göre ara boşluk U değerleri

Şekil 6.3.'ten görüleceği üzere U değeri olarak kripton gazı belirli bir ara boşluktan sonra değişikliğe yol açmamaktadır ve düşük bir kalınlıkta aynı değeri vermektedir. Kripton gazı kullanılarak mevcut farklı ara boşluklar için ısıtma giderleri karşılaştırılacaktır.



Şekil 6.4. Gaz boşluğunun yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi

Şekil 6.4'ten de görüleceği üzere 12 mm kripton gazlı ve dörder mm camlı sistemden sonra gaz boşluğu artsa da ısıtma ihtiyacında bir avantaj sağlamamaktadır. Soğutma yükünde ise ara boşluk arttıkça ihmal edilebilir düzeyde çok az artış meydana gelmektedir. (yıllık 21 kWh)

Cam Güneş Geçirgenliği (SHGC)

Amerikan Standartlarında SHGC cam güneş geçirgenliği katsayısıdır. Toplam güneş enerjisinin camdan içeriye giren yüzdesini ifade etmektedir. Bu konudaki standart EN 410'dur. Sıcak hava durumlarında minimum ve soğuk hava durumlarında maksimum ölçüde güneş enerjisinden faydalanmak isteriz. Isınmanın az olacağı cephelerde geçirgenliği daha yüksek cam kullanmak mantıklı olacaktır. Geçirgenliğin soğuk bölgelerde 0.55'ten büyük, sıcak iklimlerde ise 0.4'den az olması önerilmektedir [50].

Bunun dışında cam performans kriterlerinde U ve SHGC değerleri dışında, gölgeleme katsayısı seçicilik oranı, renk sadakati, ultraviyole geçirgenliği, gürültü kontrolü vb. özellikler de bulunmaktadır.

Cam yüzeyinden ısının yansıtılabilmesi özelliği camlarda Low-E emisyonu düşük camlar olarak tanımlanmaktadır. Yüzeye yapılan kaplamalar gözle görünmeyecek derecede incedir. Low-e kaplamalı camlar ısıyı absorbe ederken kızılötesi enerjileri yansıtır. Pencereelerde oluşan ısı kayıp değerleri 'U Faktörü' olarak tanımlanır. 'U Faktörü' ne göre ısı akışına karşı direnç belirlenir. Low-E cam tercihi sıcak ve soğuk havalardaki özelliğiyle enerji verimliliğine olumlu katkı sağlamaktadır [19].

Farklı 3 durum için 4+16+4 sisteminde ara boşluğu kripton gaz ile doldurulmuş alüminyum çerçeveli pencereler için ısıtma ve soğutma ihtiyaçları simüle edilmiştir. 1. Durum yüksek SHGC'li camlı, 2. Durum düşük SHGC'li camlı ve 3. Durum Low-e kaplamalı camlar ile uygulanmış ve ısıtma ile soğutma ihtiyaçlarına yönelik değerler bulunmuştur. Bulunan değerler Çizelge 6.17.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.17. Farklı senaryolar için ısıtma-soğutma ihtiyacı karşılaştırması

SENARYO	SHGC	U (W/m ² K)	Isıtma İhtiyacı (kWh/yıl)	Soğutma İhtiyacı (kWh/yıl)
1	0.743	2,535	167.666	11.645
2	0.545	2,535	172.439	11.560
3	0.593	1.265	167.374	11.359

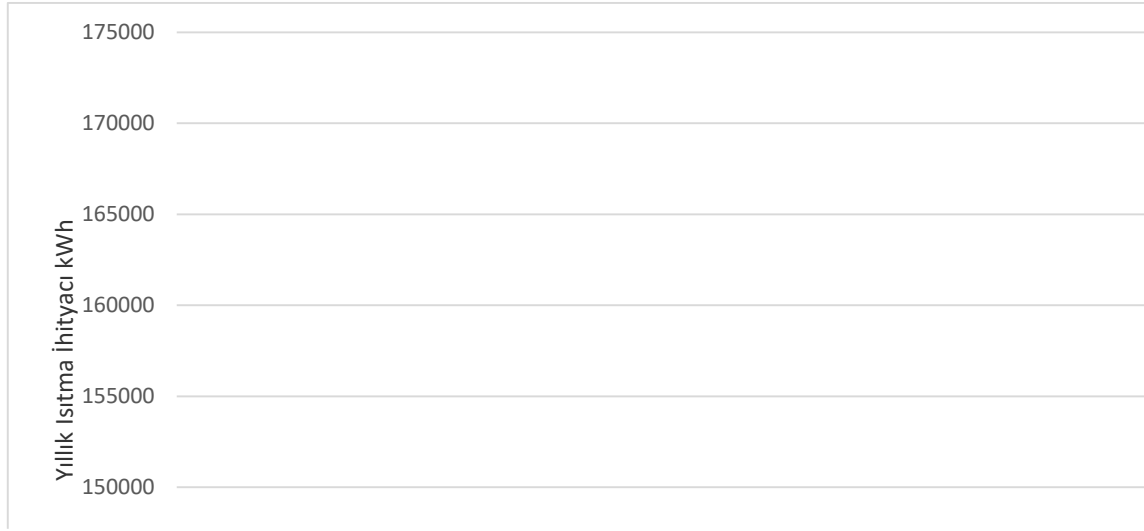
Yapılan inceleme neticesinde SHGC değeri yüksek olan durumda ısıtma ihtiyacında düşük olana göre tasarruf sağlandığı görülmüştür. Ancak; en avantajlı durum Low-E kaplamalı cam kullanıldığı durumda elde edilmektedir. Örnek kamu hizmet binasında dış duvarlarda yer alan pencerelerin küçük olması ve fazla alan kaplamaması sebebiyle farklılıklar çok büyük olmamaktadır.

6.1.3. İklimlendirme sisteminin değerlendirilmesi

Bu bilgiler ışığında iklimlendirme sistemi adına örnek kamu binamıza kullanılan mevcut cihazlardan ve iklim verilerinden yola çıkarak binamızın NZEB binası olması durumu için aşağıdaki işlemler yapılarak simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir.

Isıtma Tasarım Sıcaklıklarının Değiştirilmesi

Örnek bina tasarım sıcaklıkları mevcut durum için tasarım esnasındaki değerler alınarak simülasyon yapılmış ve mevcut durum yakalanmıştır. Bu bölümde ASHRAE55-2010 standardında belirtilen sıcaklıklar için değerlendirmeler yapılmıştır. ASHRAE55-2010 standardında göre ofis, büro, salon vb. mekânlar için kış tasarım sıcaklıkları 20°C düşürülmüştür. Bu değişiklik sonucu bina yıllık doğalgaz tüketim değişimi gözlemlenmiştir (Şekil 6.5.).



Şekil 6.5. Farklı tasarım sıcaklıkları için yıllık ısıtma ihtiyaçları

Çizelge 6.18.'de görüldüğü üzere ısıtma sıcaklığı 22°C'den 20°C'ye düşürüldüğünde yıllık ısıtma ihtiyacı %13 düşmektedir. Ayrıca; yıllık olarak 25.659 TL doğalgaz tüketim gelirinden avantaj sağlanacaktır.

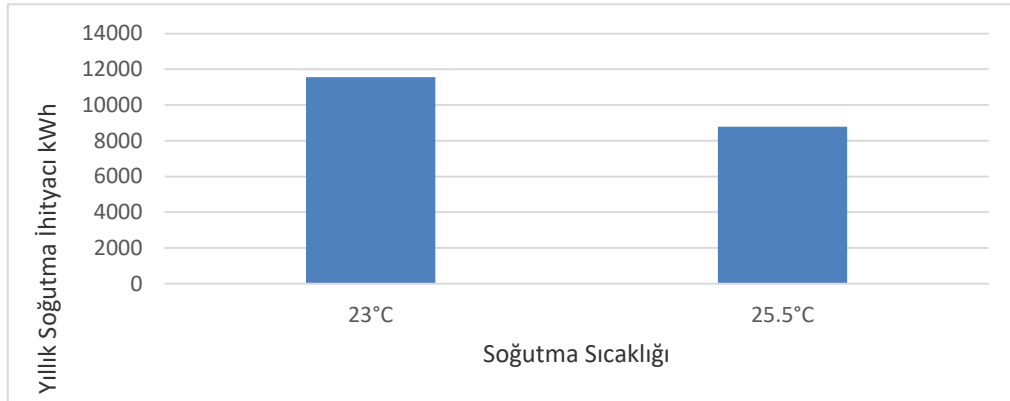
Çizelge 6.18. Farklı tasarım sıcaklıkları için doğalgaz tüketim değerleri

Tasarım Sıcaklığı (°C)	Isıtma Doğalgaz Tüketimi (kWh/yıl)	Doğalgaz Tüketimi (TL)
Isıtma Sıcaklığı 22°C	169.146	201.284
Isıtma Sıcaklığı 20°C	147.584	175.624
AKSA Doğalgaz 2019 Yılı KDV Dahil m ³ Fiyatı 1,19 TL alınmıştır. (1 m ³ doğalgaz 10,64 kWh)		

Söz konusu değişim uygulandığında m² başına yıllık doğalgaz tüketimi 44,9 kWh'tan 39,2 kWh'e düşecektir. Enerji tüketimlerinde meydana gelen azalma sonucu HVAC ekipmanları daha küçük kapasitelerde olacak ve ilk yatırım maliyetleri ile işletme giderlerinde tasarruf sağlanacaktır.

Soğutma Tasarım Sıcaklıklarının Değiştirilmesi

Isıtma tasarım sıcaklıkları ASHRAE 55-2010 standartlarında belirtilen seviyelere düşürülmüştür. Müteakiben soğutma sıcaklıkları da tasarlanmış olduğu 23°C'den 25.5°C'ye yükseltilebilir. (Şekil 6.6.) Böylece;



Şekil 6.6. Farklı soğutma tasarım sıcaklıkları için yıllık soğutma ihtiyaçları

Çizelge 6.19. Farklı tasarım sıcaklıkları için elektrik tüketim değerleri

Tasarım Sıcaklıkları (°C)	Soğutma Elektrik Tüketimi(kWh/yıl)	Elektrik Tüketimi (TL)
Soğutma Sıcaklığı 23°C	11.553	7.362
Soğutma Sıcaklığı 25.5°C	8.777	5.593
FIRAT AKSA Elektrik 2019 Yılı Tic. KDV Dahil kWh Fiyatı 0,6372 TL alınmıştır.		

Çizelge 6.19.'da görüleceği üzere soğutma sıcaklığı 23°C'den 25.5°C'ye yükseltildiğinde yıllık soğutma için elektrik ihtiyacı %24 düşmektedir. Ayrıca; yıllık olarak 1769 TL elektrik tüketim gelirinden avantaj sağlanacaktır. Söz konusu değişim uygulandığında m² başına yıllık elektrik tüketimi 3,07 kWh'tan 2,33 kWh'a düşecektir. Enerji tüketimlerinde meydana gelen azalma sonucu HVAC ekipmanları daha küçük kapasitelerde olacak ve ilk yatırım maliyetleri ile işletme giderlerinde tasarruf sağlanacaktır.

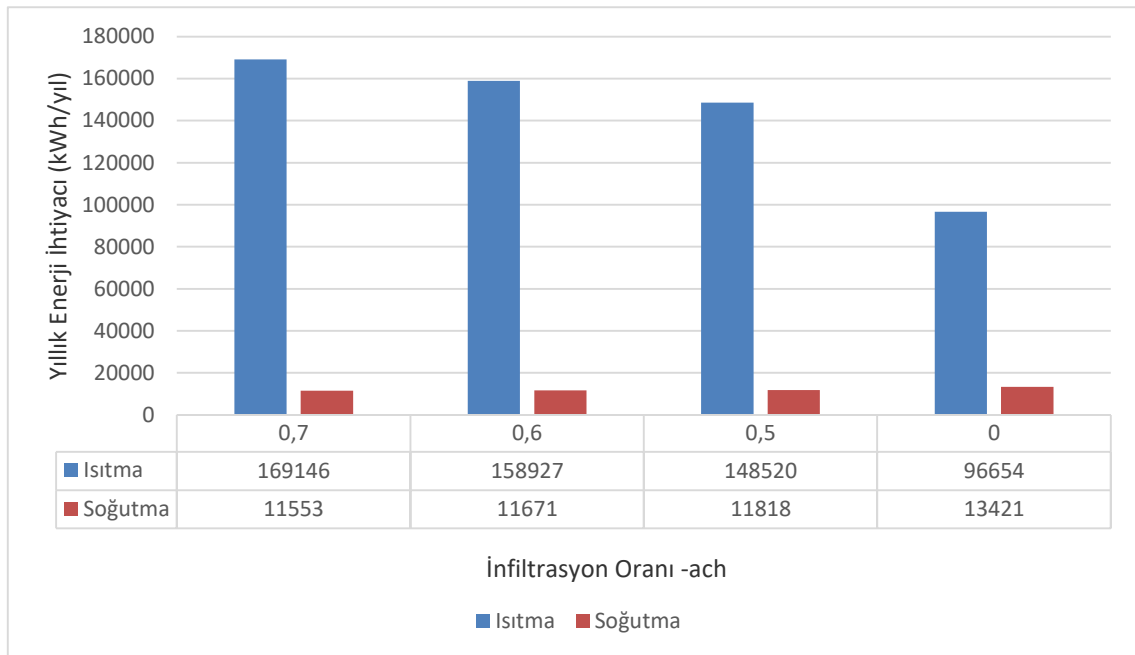
İnfiltrasyon

Isı yükü hesaplamalarında önemli faktörlerden biri de infiltrasyondur. İnfiltrasyonu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Binalardan dış ortama açılan pencere, cam vb. diğer parametreler bunlardan bazılarıdır. Bu elemanların tasarım aşamasında uygun malzemelerden seçilmesi hava sızıntılarının düşük bir oranda tutulmasını sağlayacaktır. Böylece bu durum paralel şekilde enerji tüketim değerlerini de düşürmektedir. Hava değişim oranları EN 15251'e göre Şekil 6.7.'de verilmiştir. [47]

Kategori	Hava Değişim Oranı		Yatak ve Oturma Odası (Dış Hava)		Egzoz Havası (L/s)		
	L / s, m ²	ach	L / s, kişi	L / s / m ²	Mutfak	Banyo	Tuvalet
A	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
B	0,42	0,6	7	1	20	15	10
C	0,35	0,5	4	0,4	10	10	7

Şekil 6.7. EN 15251 hava değişim oranları [47]

Mevcut binaya ait simülasyon veri girişinde referans infiltrasyon değeri 0,7 ach olarak alınmıştır. Bu bölümde sızıntı değerinin 0,6 ve 0,5'e azaltılması sonucu enerji tüketimlerine etkisi incelenmiştir.



Şekil 6.8. İnfiltrasyon değişiminin ısıtma soğutma enerji ihtiyaçlarına etkisi

İnfiltrasyon Şekil 6.8’de görüleceği üzere en çok ısıtma enerjisini etkilemektedir. 0,7 ach infiltrasyon oranı ile 0 olması durumunda %43’lük oranda ısıtma enerjisi tüketiminde azalma olmaktadır.

Sıcak Su Kazanı

Örnek Kamu hizmet binasında mevcutta üç geçişli, skoç tip çelik sıcak su kazanı kullanılmıştır. Isıtma sisteminin en önemli unsuru olarak durmaktadır. Kazan veriminin yüksek olması gerekmektedir. Verimi; eksik yanma, baca gazı sıcaklığı, hava fazlalığı, brülör, kazan yükü vb. birçok etken etkilemektedir. Optimum düzeyde bu bileşenlerin etkileriyle kazan maksimum düzeyde verimlilikle çalışmaktadır.

Kazan kapasite hesabı yapılırken mahallerin hacimleri doğru hesaplanmalıdır. Kapasitenin yüksek veya düşük seçilmesi verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Kazanın ısı verimi, brülör seçimi ve baca hesapları önemli parametrelerdir. Ayrıca ürünler için servis bakım hizmetleri kolaylığına dikkat edilmelidir.

Mevcut binada 250.000 kcal/h kapasiteli doğalgaz kazanı kullanılmaktadır. Kullanım tecrübeleri ışığında verimi artırmaya yönelik bir işleme gerek duyulmadığı, kazanın uygun olarak seçildiği ve kazan tipine yönelik yapılacak değişimin ekonomik olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

6.1.4. Aydınlatma sisteminin değerlendirilmesi

Örnek kamu hizmet binasının aydınlatılmasında floresan armatürler kullanılmıştır. DesignBuilder programında mevcut binaya ait floresan armatürler girilmiş ve aydınlatma değerleri hesaplanmıştır. Bu armatürlerin yerine LED ve kontrol edilebilir armatür kullanılması durumuna göre değerlendirme yapılacaktır. Mevcut binanın DesignBuilder programında elde edilen simülasyonu sonucunda yıllık aydınlatma için elektrik tüketim değeri 67.022 kWh’tır. Floresan armatürlerin LED ve kontrol edilebilir armatürler ile değiştirilmesi sonucu programda yapılan simülasyonda yeni durum için yıllık elektrik tüketim değeri 38.694 kWh olacaktır. Mevcut aydınlatma armatürlerinin LED aydınlatma kontrollü armatürler ile değiştirilmesinin elektrik ve doğalgaz tüketim değerlerine etkisi Çizelge 6.25.’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.20. Farklı armatürlerin enerji tüketim değerlerine etkisi

SENARYO	Doğalgaz Tüketimi (kWh/yıl)	Elektrik Tüketimi (kWh/yıl)	Doğalgaz Tüketimi (TL)	Elektrik Tüketimi (TL)	Elektrik Tüketimi (TL)
Floresan-Aydınlatma Kontrolü yok	251.361	141.728	28.113	90.309	118.422
LED Aydınlatma ve Aydınlatma Kontrollü	262.553	112.183	29.364	71.483	100.847
AKSA Doğalgaz 2019 Yılı KDV Dahil m ³ Fiyatı 1,19 TL ve FIRAT AKSA Elektrik 2019 Yılı Tic. KDV Dahil kWh Fiyatı 0,6372 TL alınmıştır. (1 m ³ doğalgaz 10,64 m ³)					

Çizelge 6.25.'ten anlaşılacağı üzere mevcut floresan sistemi kullanıldığına göre LED armatürlü ve aydınlatma kontrollü sistem kullanıldığında yıllık toplam elektrik tüketim değeri %20.8 azalarak 112.183 kWh'a düşerken, yıllık doğalgaz tüketim değeri %4,45 artarak 29.364 kWh olmaktadır. Doğalgaz tüketimindeki artışın sebebi aydınlatma kaynaklı iç kazançların azalmasıdır.

Örnek kamu hizmet binasında enerji tüketimi minimize etmeye yönelik uygulanabilecek işlemler incelenmiştir. Bazı iyileştirmeler tüketimi minimize etmeye yönelik olsa da ekonomik olmaması sebebiyle olumlu karşılanmamaktadır. AB fonlarıyla desteklenecek örnek bir projenin NZEB özelliklerini sağlaması yönünde işlemler mevcut binaya uygulanmıştır. Geriye kalan enerji ihtiyacı için NZEB ana fikri gereği yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlere kullanılmıştır.

Örnek kamu hizmet binasının mevcut hali incelendiğinde kullanılan sistemler ve seçilen malzemeler ile Türkiye şartlarında verimli çalışan bir bina olduğu görülmüştür. Mevcut binada yapılacak iyileştirmeler ve kullanılacak uygun yenilenebilir enerji kaynakları ile sifıra yakın enerjili hale yaklaştırılacaktır. Mevcut bina DesignBuilder programında simülasyonu yapıldığında doğalgaz için birincil enerji faktörü 1 ve elektrik için 2,5 alındığında; 161 kWh/m²-yıl toplam enerji tüketimi olan bir bina olarak değerlendirilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucu enerji tüketim değeri 127 kWh/m²-yıl değerine kadar gerilemiştir.

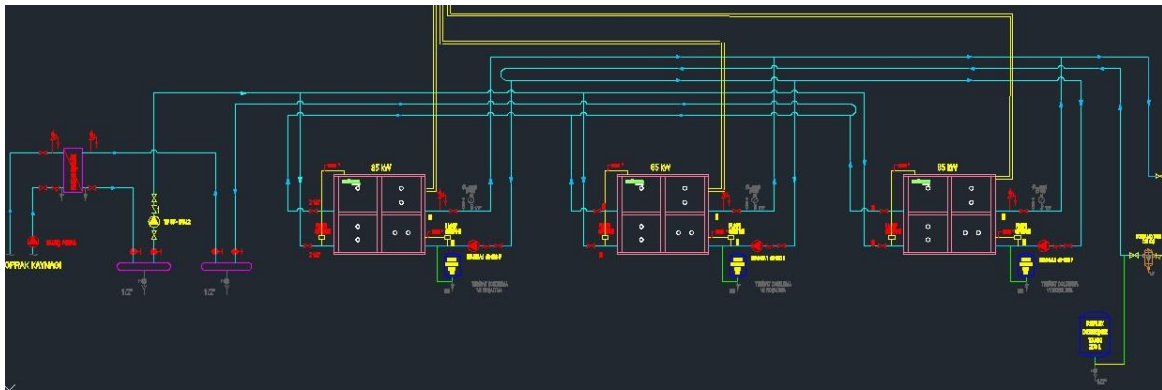
6.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılmasının Değerlendirilmesi

6.2.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Kullanımının Değerlendirilmesi

Malatya ilinde yer alan örnek kamu hizmet binasına toprak kaynaklı ısı pompasının uygulanması incelenmiştir. Isıtma sisteminin yerine kullanılması durumu ile ilgili hesaplamalar yapılmış ve iki durum karşılaştırılmıştır.

Malatya için $38^{\circ}22'14''$ Kuzey, $38^{\circ}20'42''$ doğu koordinatları alınarak ve 930 m yükseklik kabulleriyle fotovoltaik sistem çalışılmıştır. Sistem için ürünleri kullanılarak tasarım yapılan üreticinin kullanmış olduğu PVGIS online solar fotovoltaik enerji hesaplama modülü kullanılmıştır.

Mevcut durumda kullanılmakta olan 250.000 kcal'lik skoç tipi sıvı ve gaz yakıtlı paket kazanın toprak kaynaklı ısı pompasına dönüştürülmesi ile ilgili 262 kW kapasiteye ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan 262 kW kapasite yararlanılan ürün olan RES Enerji markasına ait 85 kW kapasitede 3 adet ısı pompası ile çözümlenebilmektedir. Havadan suya ısı pompası seçildiği takdirde Malatya iline ait iklim verileri göz önünde bulundurulduğunda verimin yarı yarıya düşebileceği öngörülmektedir. Söz konusu dönüşüm sonrası sistem Şekil 6.9.'da gösterilmiştir. Ayrıca; sistem dönüşümü ile ilgili hesaplar EK-1'de sunulmuştur.



Şekil 6.9. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kurulumunun genel görünümü

Bu sistemin ihtiyacın tamamını karşılamaya yönelik ısıtma sisteminin tamamen dönüştürülmesi bir kısmının dönüştürülmesine nazaran daha ekonomik olacaktır.

Sürdürülebilir bir yapı için 250.000 kcal kapasitedeki ekipmanları hariç bir kazanın 2019 birim fiyatları ile maliyeti 17.043 TL iken, sistemin toprak kaynaklı ısı pompası ile çözümlenmesi 26.523 avro değerinde bir maliyet gerektirecektir.

6.2.2. Fotovoltaik Panellerin Kullanımının Değerlendirilmesi

Solar PV panelleri elektrik üretir. Elektrik, elektrik yüklerini temel almak için kullanılabilir veya batarya teknolojisi kullanılarak depolanabilir. Bunlar, hızlı bir şekilde tasarlanıp kurulabildiklerinden ve zaman içinde daha az bakım gerektirdiğinden, kullanılabilir en yalın teknolojidir. Ayrıca, bina içinde daha fazla uygulama ile daha esnek bir enerji kaynağı olan elektrik üretirler.

Malatya için 38°22'14" Kuzey, 38°20'42" Doğu koordinatları alınarak ve 930 m yükseklik kabulleriyle PV sistem incelenmiştir. Sistem için PVGIS online solar fotovoltaik enerji hesaplama modülü kullanılmıştır. Sisteme yönelik yapılan hesaplamalar EK-2'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda örnek kamu hizmet binasının güneşe bakan konumu dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu PV sistemi için Çizelge 6.21'de verilen imalatlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 6.21. PV sistem için ihtiyaç duyulan malzeme listesi

Yaklaşık 60 kw peak kurulu güçte şebekeyle paralel çalışan, depolamasız off-grid bir sistem için gerekli olan iş ve malzeme listesi					
		BİRİM	MİKTARI		TEKNİK ÖZELLİKLER
1	SOLAR PANEL	ADET	200	Tip	Monokristal
				Panel gücü	300 Wp
				Panel Hücre Sayısı	60
				Boyut	1640 x 992 x 40 mm
2	ON-GRID İNVERTÖR (şebekeye akım göndermeyi önleyen ARCB cihazıyla birlikte)	ADET	2	Tip	Şebeke İnvertörü
				Çıkış Gücü	25000 W
				Montaj Tipi	Duvar
				Giriş Gerilimi	1000 V DC
				Çıkış Gerilimi	230 VAC
				MPPT Sayısı	2

Çizelge 6.21. (devam) PV sistem için ihtiyaç duyulan malzeme listesi

3	SOLAR KABLO (6 mm ²)	METRE	400	Solar Kablo Kesiti	6 mm ²
4	PANEL SEHPALARI	TAKIM	1		Kiremit çatıya uygun alüminyum ray

Yapılan hesaplamalar ve analiz sonucunda örnek kamu hizmet binasının mevcut elektrik ihtiyacını karşılamak maksadıyla yaklaşık 60 kW kapasitede PV sistemi eklenmesi için 46.200 TL ilave maliyete ihtiyaç duyulacaktır. Yapının sürekliliği ve elektrik enerjisi ihtiyacına katkısı düşünüldüğünde ilk yatırım maliyetinin karşılanması ile faydalı olacaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında; Malatya ilinde bulunan ve hizmet binası olarak kullanılan örnek bir kamu binasının DesignBuilder v4.5 programı ile modellenmesi yapılmıştır. Müteakiben; EnergyPlus v8.3 programı ile örnek kamu hizmet binasının mevcut durumu ve NZEB olma durumunun detaylı enerji analizi yapılmıştır. Çalışma sonrasında ulaşılan temel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Simülasyon sonucu en fazla enerji tüketiminin ısıtma yükü için harcandığı tespit edilmiştir. Isıtma için tüketilen enerji 169.146 kWh, sıcak su için tüketilen enerji 81.923 kWh ve aydınlatma için tüketilen enerjinin 67.022 kWh olduğu görülmüştür.

Program verileri doğrultusunda ısı kazançlarının sırasıyla; aydınlatma, dış pencere güneş kazancı, insanlar, bilgisayar, cihazlar ve pişirme kaynaklı kazançlar olduğu belirlenmiştir. Isı kayıplarının ise sırasıyla; havalandırma, pencereler, çatı, dış duvarlar ve infiltrasyon kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Simülasyon sonucu elde edilen enerji tüketim değerleri ile binanın ölçülmüş gerçek enerji tüketim değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Yıllık olarak değerlendirildiğinde; simülasyon sonucu elde edilen elektrik tüketim değeri gerçek ölçülmüş elektrik değerinden %3 yüksektir. Gerçek doğalgaz tüketim değeri ise simülasyon sonucu elde edilmiş doğalgaz tüketim değerinden %3,4 yüksek çıkmıştır.

Örnek kamu hizmet binasının dış kabuğu ile ilgili AB’de bulunan NZEB’lere ait ortalama U değerleri dikkate alınarak, bina kabuk elemanlarına yönelik yapılan iyileştirmeler incelenmiştir. Mevcut dış duvarlarda kullanılan 6 cm taş yünü yerine 10 cm taş yünü kullanılması durumunda, %4.72 oranında enerji tasarrufu ve yıllık 1347 TL avantaj elde edilmiş fakat 33.842 TL ilave maliyete ihtiyaç duyulmuştur. Benzer şekilde; tavanda kullanılan 12 cm taş yünü yerine 25 cm taş yünü kullanılması durumunda, %1.93 oranında enerji tasarrufu ve yıllık 407 TL avantaj elde edilmiş, 33.842 TL ilave maliyete de ihtiyaç duyulmuştur. Taban için kullanılan 6 cm XPS yerine 10 cm XPS kullanılması durumunda, %1.95 oranında enerji tasarrufu ve yıllık 356 TL avantaj elde edilmiş, 16.890 TL ilave maliyete ihtiyaç duyulmuştur. Örnek kamu hizmet binasında enerji tüketim değerlerini azaltmak için AB NZEB binalarındaki ortalama veriler kullanılarak iyileştirmeler

yapılması durumunda enerji tüketim değerlerinin azaldığı görülmüştür. Ancak; bina kabuk elemanlarının malzeme fiyatlarının yüksek olması ve elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda bina kabuk uygulamalarının dezavantajlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Aydınlatma sistemi için mevcutta kullanılmakta olan floresan sistemi yerine, LED armatürlü ve aydınlatma kontrollü sistem kullanılması durumunda yıllık toplam elektrik tüketim değerinin %20.8 azalacağı ve yıllık doğalgaz tüketim değerinin ise %4,45 artacağı görülmüştür.

Örnek kamu hizmet binasında, mevcut iklim koşulları dikkate alınarak bina dış yüzeyinde pencerelerin 135.66 m² %6,61 oranla yer kaplaması sebebiyle farklı parametrelerle yapılan simülasyonlarda enerji tüketimi ile ilgili yakın sonuçlar bulunmuştur. Mevcutta bulunan 4+16+4 hava boşluklu camların, cam sayısı, iki cam arası gaz cinsi, cam kalınlıkları, ara boşluk kalınlıkları ve cam güneş geçirgenliği parametreleri değiştirilerek karşılaştırmaları yapılmış ve sonuç olarak mevcut sistemin Low-e kaplamalı sistem ile değiştirilmesi en ekonomik çözüm olarak elde edilmiştir.

Bina kabuk elemanlarının AB örnek NZEB uygulamaları U değerleri doğrultusunda iyileştirilmesi, aydınlatma sisteminin LED armatürlü ve aydınlatma kontrollü olması, mevcut pencerelerin Low-e kaplamalı olanlarla değiştirilmesi durumları birlikte simüle edildiğinde; 161 kWh/m²-yıl olan toplam enerji tüketim değeri 127 kWh/m²-yıl değerine kadar gerilemiştir.

Ayrıca; iklimlendirme sisteminde ısıtma tasarım sıcaklıklarında, soğutma tasarım sıcaklıklarında ve infiltrasyon değerinde yapılacak değişiklikler sonucu elde edilebilecek olası enerji tüketim değerleri bulunmuştur. Isıtma sıcaklığı 22°C'den 20°C'ye düşürüldüğünde yıllık ısıtma ihtiyacı %13 düşmektedir. Ayrıca; yıllık olarak 25.659 TL doğalgaz tüketim gelirinden avantaj sağlanmaktadır. Söz konusu değişimin yapılması durumunda m² başına yıllık doğalgaz tüketimi 44,9 kWh'tan 39,2 kWh'a düşmektedir. Soğutma sıcaklığı 23°C'den 25.5°C'ye yükseltildiğinde ise yıllık soğutma için elektrik ihtiyacı %24'e düşmektedir. Ayrıca; yıllık olarak 1769 TL elektrik tüketiminden avantaj sağlanmaktadır. 0,7 ach infiltrasyon oranı ile 0 ach oranı aralığı detaylı olarak incelenmiş, %43'lük oranda ısıtma enerjisi tüketiminde azalma olduğu görülmüştür.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması incelendiğinde; mevcutta kullanılan 250.000 kcal'lik skoç tipi sıvı ve gaz yakıtlı paket kazanın toprak kaynaklı ısı pompasına dönüştürülmesi ile ilgili 262 kW kapasitede bir sisteme ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. 2019 birim fiyatları ile 250.000 kcal kapasitedeki bir kazanın maliyeti 17.043 TL iken, sistemin toprak kaynaklı ısı pompası ile çözümlenmesi 26.523 avro değerinde bir maliyet gerektirmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası kurulumunun ekonomik olmadığı sonucu elde edilmiştir.

Yaklaşık 60 kW kurulu güçte şebekeyle paralel çalışan, depolanmayan bir PV sistemi için 46.200 \$ ilk yatırım maliyetine ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Sürdürülebilir ve ekonomik olması sebebiyle ilk yatırım maliyetinin karşılanabilmesi durumunda sistemin kurulumunun olumlu olacağı görülmüştür.

Tezde elde edilen sonuçlar dikkate alınarak aşağıdaki önerilerin değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

DesignBuilder ve EnergyPlus programları gibi çalışan farklı modelleme ve enerji simülasyon programları kullanılarak yeni çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar, kamu sektörünün ile birlikte farklı sektörler için de geliştirilebilir.

Bu çalışmanın, farklı iklim şartları ve konumlarda tasarlanacak NZEB uygulamalarına yol göstereceği düşünülmektedir. Özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesi iklim şartları gibi düşük ısıtma ihtiyacı yanında yüksek soğutma talebine yönelik modeller üzerinde farklı analizler yapılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

Malatya ilinde bulunan mevcut bir kamu hizmet binasında yapılan bu çalışma ile ortaya çıkan sonuçlar ışığında yeni olarak inşa edilecek binalarda binanın konumu, yönü, bina iç hacim bölgelerinin kullanıma göre optimum düzeyde dizayn edilmesi, bina kabuk elemanlarının seçimi vb. hususlar fizibilite aşamasında değerlendirilerek maksimum düzeyde ve optimum maliyetler içerisinde yeni binalar yapılarak yaygınlaştırılabilir.

Başta AB olmak üzere, dünyadaki örnek uygulamalar incelenerek; ülkemizde devlet kurumları, malzeme üreticileri, mimarlar, mühendisler vb. sektörün tarafları

bilgilendirilmeli ve devlet tarafından çıkarılacak yasalar ile enerji tüketimleri düşük binaların yapılması yaygınlaştırılmalıdır.

Sonuç olarak; ülkemizde NZEB uygulamalarının yaygınlaştırılması; enerji tüketimini minimize edecek, enerji kaynaklarının optimum kullanılması ile kaynakların verimli kullanılmasını sağlayacak, çevrenin daha fazla kirlenmesinin önüne geçecek ve sürdürülebilir yapıların kullanımına katkı sunacaktır. Konvansiyonel yöntemlerle inşa edilen yapılar yerine AB aday ülkesi konumundaki ülkemizde NZEB'lerin yaygınlaştırılmasına yönelik yapı malzemelerinin kolay ulaşılabilir ve uygun maliyetlerde üretilmesi, yönetimlerin teşvikler ile destek olması ve uygulamaların daha ekonomik duruma gelmesi büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Enerji Atlası. Türkiye elektrik tüketimi. URL: <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-tuketimi>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019.
2. İnternet: Enerji Atlası. Türkiye doğalgaz tüketimi. URL: <http://www.enerjiatlasi.com/dogalgaz-tuketimi>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019.
3. İnternet: Türkiye birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında dağılımı. URL: <https://docplayer.biz.tr/13310426-Grafik-16-turkiye-de-elektrik-uretiminin-kaynaklara-dagilimi.html>, Erişim Tarihi: 18.10.2019.
4. İnternet: Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı, URL: <http://ozgurgurbuz.blogspot.com/2018/01/turkiyenin-bas-petrolle-belada.html>, Erişim Tarihi: 18.10.2019.
5. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Binalarda Enerji Performansını Geliştirmek için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kurumsal Kapasitesini Geliştirme Projesi, URL: <http://yapiisleri.csb.gov.tr/binalarda-enerji-performansini-gelistirmek-icin-bayindirlik-ve-iskan-bakanligi-kurumsal-kapasitesini-guclendirme-projesi>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019.
6. Buildings Performance Institute Europe. (2015). *Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe*. Brussel: Buildings Performance Institute Europe, 4-5.
7. Official Journal Of The European Communities. (2003). *Directive 2002/91/EC Of The European Parliament And Of The Council Of 16 December 2002 On The Energy Performance Of Buildings*. Brussel, 65-71.
8. Official Journal Of The European Communities. (2003). *Directive 2010/31/EC Of The European Parliament And Of The Council Of 19 May 2010 On The Energy Performance Of Buildings (recast)*. Brussel, 13-34.
9. Erhorn, H. (2014, Sep). Selected Examples of Nearly Zero-Energy Buildings Detailed Report. *Concerted Action Energy Performance Of Buildings*, 1-8.
10. Official Journal of the European Union. (2016). *Commission Recommendation (EU) 2016/1318*. Brussel, 48-57.
11. Türk Standartları Enstitüsü. (2010). *TS EN 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
12. İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji verimliliği kanunu. URL: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019.
13. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği. URL: <https://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bep.gov.tr%2FBEPTRWEB%2FDefault.aspx%23.WPJe-0Xydh&date=2017-04-15>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019.

14. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Binalarda enerji performansı. URL: <https://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bep.gov.tr%2FBEPTWEB%2FDefault.aspx%23.WPJe-0Xyhdh&date=2017-04-15>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
15. Javani, N., Adıgüzel, E. (2015). Güneş Termal Enerjili ve Fotovoltaik Destekli “Neredeyse Sıfır Enerjili Binaların” Enerji ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 87-99.
16. Wawerka, R. (2015). *Nearly Zero-Energy Retrofitting Case Study of a Conventioanl Single-Family House in Denmark*, Doktora Tezi, Brno Teknoloji Üniversitesi, Brno, 1-36.
17. Corgnati, S. , Barthelmes , V.M. , Becchio, C. (2015). Towards Nearly Zero Energy Building: Challange of Mediterranean Region. *TESKON 2015 – Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu*, 1209-1225.
18. Ören, C. (2010). *Ofis Binalarında Yıllık Enerji Tüketimini Azaltan Parametrelerin İncelenmesi ve Pasif Yöntemlerin Enerji İhtiyaçlarına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-113.
19. Yıldız, Ö.F. (2017). *Erzurum Havaalanı Terminal Binasının Enerji Analizi ve Net Sıfır Enerjili Bina Formuna Dönüştürülmesinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1-184.
20. Eskin, N., Gür, M., Özkaya, I., Cömert, Ç. Yildizeli, A. (2017). İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Binasının Isıl Konfor Şartlarına Bağlı Enerji Analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (159), 33-44.
21. Sağlam, B. (2015). *Farklı İklim Tipleri İçin Sıfır Enerjili Bina Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-77.
22. İnternet: Çakmanus, İ. Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar. URL: https://slidex.tips/download/_yaklak-sfr-enerjili-binalar-ve-entegre-tasarm-dr-brahim-akmanus-1 , Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
23. Tıkır, A (2009). *İstanbul’da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-113.
24. Erdoğan, A (2012). *Malatya’da Örnek Bir Binada Enerji Simülasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Malatya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 1-67.
25. Ceyhan Zeren, F (2010). *Adnan Menderes Havalimanının Enerji Performans Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Üniversitesi, İzmir, 1-55.
26. Gül Nihal, G., Aydınalp Köksal, M. (2019). Müstakil bir konutun enerji tüketiminin azaltılmasında kullanılan yöntemlerinin ekonomik değerlendirmesi. *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 215-234.

27. Fazlıoğlu, Ö., Baydar, E. (2017). Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Binasının Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (162), 20-31.
28. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Binalarda Enerji Performansını Geliştirmek için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kurumsal Kapasitesini Geliştirme Projesi, URL: <https://yapiisleri.csb.gov.tr/binalarda-enerji-performansini-gelistirmek-icin-bayindirlik-ve-iskan-bakanligi-kurumsal-kapasitesini-guclendirme-projesi-haber-400>, Son Erişim Tarihi: 16.08.2019.
29. İnternet: Horizon 2020 Programme of the European Union. Train to NZEB, URL: <http://www.train-to-nzeb.com/>, Son Erişim Tarihi: 16.08.2019.
30. İnternet: Eveko. Pasif evler. URL: <https://evkoeu.com/pasif-ev-nedir/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
31. İnternet: Yeşilist Dergisi. Artı enerjili evler URL: <https://www.yesilist.com/tukettigin-de-n-fazlasini-ureten-8-arti-enerji-ev/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
32. İnternet: Enerjimag. Yeşil evler. URL: <http://www.enerjimag.com/yesil-ev-projesi/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
33. İnternet: LEED Yeşil Bina Sertifika Sistemi. URL: <http://www.xn--leedsertifika-jgc.com/index.html>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
34. İnternet: BRREAM Sertifika Sistemi. URL: <http://surdurulebilirmimarlik.blogspot.com/2010/10/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
35. Buildings Performance Institute Europe. (2015). *Overview of national applications of the Nearly Zero-Energy Building (NZEB) definition Detailed report*. Brussel: Buildings Performance Institute Europe, 1-14.
36. Kurnitski, J., Corgnati, S., Buso, T. (2014, March). NZEB definitions in Europe. *REHVA Journal*, 6-9.
37. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Bep-Tr URL: <http://www.bep.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 15.04.2019.
38. Ulukavak Harputlugil, G. (2014). Bina Enerji Performansı Değerlendirme Araçları- Enerji Simülasyonu, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (144), 23-32.
39. Akgüç, A. (2017). EnergyPlus ve DesignBuilder simülasyon araçlarının işlevi ve kullanımına yönelik genel bir bakış. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, (111) 1-14.
40. Aktacir, M.A., Nacar, M.A., Yeşilata, B., (2011). Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Yazılımlar Üzerine Kısa Bir Değerlendirme. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 853-862.

41. İnternet: Altensis. Design Builder. URL: <https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
42. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Malatya iline ait ortalama sıcaklık değerleri. URL: <https://www.mgm.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
43. İnternet: Ayaz Yapı. Isıtma sistemi elemanları. URL: <http://ayazyapi.com.tr/>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
44. Çakmanus, İ. (2016). TOBB Üniversitesi. İklimlendirme ve iç mekan kalitesi ders notları.
45. İnternet: Isı Pompası Çalışma Prensibi. URL: <https://www.tesisat.org/isi-pompasi-nedir-isi-pompasi-nasil-calisir.html>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
46. İnternet: Kıncay, O. Isı Pompaları. URL: <https://docplayer.biz.tr/6794988-Isi-pompalari-prof-dr-olcay-kincay.html>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019.
47. Çakmanus, İ. (2014). Konutlarda Havalandırma. *Yeşil Bina Dergisi*, (24). 66-74.

EKLER

EK-1. Toprak kaynaklı ısı pompası hesapları

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI HESAPLARI (RESTHERMA)

Tüm yıl boyunca yıllık ortalama da 1,2-1,5 m derinlikteki toprakla altına yapılmış bir uygulamada yıllık 10-35 W/m² enerji alınabilir. Ortalama olarak 25 W kabulü yapılmıştır. Isısı alınan toprağın rejenerasyonu iyi olduğunda her zaman sistem en üst seviyede çalışacaktır. Toprak altı boru döşemelerinde döşeme noktalarına köklü bitki dikilmesi ve üzerinin toprakla (kumlu olması) kaplanması önerilmez. Kazısı yapılan toprak veya ona benzer toprak ile kapatılmalıdır. Toprak altı kolektörlerde hattın uzunluğu 100 m'yi geçmemelidir. Toprak altı değil kuyu uygulaması yapılırsa her bir kuyu arası 5 m olacak şekilde planlanmalıdır. Eğer kuyu uygulaması yapılacaksa Primer devre eşanjörü paslanmaz çelik planlanmalıdır. Isı pompası konulacak yerde ses yalıtımı yapılmasını tavsiye ederiz. Sıvı ve Gaz Yakıtlı Çelik Kazanların dönüşümlerinde verim farkı sebebiyle total kapasite 0.9 ile çarpılır.

250000 kCal'lık Sıvı ve Gaz Yakıtlı Çelik Kazanın Isı Pompasına Dönüştürülmesi

250000 kCal 'lık kazan seçimi yapılırken boyler hesabı göz önünde bulundurulduğu için ek olarak ısı pompası hesabına dahil etmeye gerek yok.

$$250.000 \text{ kCal} \times 0.9 = 225.000 \text{ kCal}$$

$$225.000 \text{ kCal} / 860 = 262 \text{ kW}$$

3 Adet Isı Pompası Gerekli (85 kW)

Pompa Hesapları

Boiler Pompası Hesapları

$$1,45 \times 1000 \times (60 - 10) = 72.500 \text{ kCal}$$

$$72.500 \text{ kCal} / (80 - 60) = 3.625 \text{ lt/h}$$

$$Q = 4 \text{ m}^3 \quad H = 6 \text{ mSS}$$

MAGNA 1 25 – 80 Islak Rotorlu Frekans Kontrollü Sirkülasyon Pompası seçilmiştir.

Isıtma Devresi Hesapları

$$140.000 \text{ kCal} = m \times 1000 \times (80 - 60)$$

$$m = 7 \text{ m}^3 \quad H = 3 \text{ mSS}$$

MAGNA 1 40 - 60 F Islak Rotorlu Frekans Kontrollü Sirkülasyon Pompası seçilmiştir.

Resirkülasyon Devresi Hesapları

$$Q = 1 \text{ m}^3 \quad H = 3 \text{ mSS}$$

MAGNA 1 25-60 N Islak Rotorlu Frekans Kontrollü Paslanmaz Çelik Sirkülasyon Pompası seçilmiştir.

Isı Pompası Primer Devre Hesapları

$$Q = 85 \text{ kW} \times 3 = 255 \text{ kW} = 219.300 \text{ kCal}$$

$$219.300 = m \times 1000 \times (12 - 7)$$

$$Q = 43,86 \quad H = \text{Isı Pompası Basınç Kaybı} + \text{Boru, Dirsek Basınç Kayıpları} + \text{Çek valf} = 10 \text{ mSS}$$

TP 65-170 / 2 Kuru Rotorlu Sirkülasyon Pompası seçildi.

Isı Pompası Sekonder Devre Hesapları

$$Q = 85 \text{ kW} \times 860 = 73100 \text{ kCal}$$

$$73100 = m \times 1000 \times (12 - 7)$$

$$Q = 14,62 \quad H = \text{Isı Pompası Basınç Kaybı} + \text{Boru, Dirsek Basınç Kayıpları} + \text{Çek valf, Pislik Tutucu} = 5 \text{ mSS}$$

MAGNA 1 40 - 100 F Islak Rotorlu Frekans Kontrollü Sirkülasyon Pompası seçilmiştir.

Toprak Altı Kolektörü

Kumlu kuru zemin 10-15 W/m²

Kumlu yaş zemin 15-20 W/m²

EK-1. (devam) Toprak kaynaklı ısı pompası hesapları

Killi kuru zemin 20-25 W/m²

Killi yağ zemin 25-30 W/m²

Yer altı sulu zemin 30-35 W/m²

Buna göre gerekli alan hesabı için PE 32 boru kullanılırsa; her biri 100 m boru döngüsü ortalama $q_e = 25 \text{ W/m}^2$

$$F_e = 262.000 \text{ W} / 25 \text{ W/m}^2 = 10.480 \text{ m}^2$$

$$\text{Döngü sayısı } n = 10.480 \text{ m}^2 \times 1,5 / 100 = 158$$

Yaklaşık 10.480 m² de PE 32 boru ile 158 boru döngüsü, her bir döngü 100 m PE 32 boru 0,531 lt alır.

Glikollü sıvı debisi = boru döngü sayısı $\times$ 100 $\times$ boru hattı hacmi

$$V = 158 \times 100 \text{ m} \times 0,531 \text{ lt} + 10 \text{ m} \times 0,531 \text{ lt}$$

$$V = 15800 + 5,31 \text{ lt} \Rightarrow 15805,31 \text{ lt ve boru direncine göre primer devre pompa seçilmiştir.}$$

Toprak Altı Sondası

Burada açılacak kuyuya plastik U boru döngüsü yerleştirilir. Kuyuya indirilen borular bentonit ile doldurulmalıdır.

Kötü zeminde 20 w/m

Taşlı doymuş sulu zeminde 50 W/m

Isı iletim katsayısı yüksek taşlı zemin 70 W/m

Gerekli sonda uzunluğu;

$$l = G_k / q_e \quad (\text{PE 32 } \times 2,9 \text{ U boru ile hesaplanmıştır.})$$

$q_e = 50 \text{ w/m}$ kabul Malatya'nın bulunduğu arazi şartları göze alındığında

$$l = 262.000 \text{ W} / 50 \text{ W/m} = 5240 \text{ m}$$

Sonda borusu; 0,531 lt PE 32

5240 m $\times$ 58 $\times$ 90 m (Boru uzunluğu) Sonda uzunluğu

$$V = 2 \times \text{sonda uzunluğu } L \times 2 \times \text{Boru hattı hacmi} + \text{besleme hattı uzunluğu } \times \text{boru hattı hacmi}$$

$$V = 2 \times 90 \times 2 \times 0,531 + 10 \text{ m} \times 0,531$$

$$V = 191,6 + 5,331 \Rightarrow 196 \text{ lt}$$

Malatya'nın toprak altı sıcaklığı 3 derece olarak kabul edilmiştir. Eşanjörün primer tarafında 3 - 6 ($\Delta T = 3$) olarak çalıştırılacağı düşünülmüştür.

EK-2. Fotovoltaik panel hesapları

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation (PVGIS © European Communities, 2001-2012)

Location: 38°22'14" North, 38°20'42" East, Elevation: 930 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 11.1% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 25.6%

Sabit sistem: eğim 35°, Oryantasyon=0°

AY	E_d	E_m	H_d	H_m
OCAK	2.39	74.0	2.95	91.6
ŞUBAT	2.92	81.6	3.64	102
MART	4.02	125	5.25	163
NİSAN	4.36	131	5.74	172
MAYIS	4.67	145	6.37	198
HAZİRAN	5.21	156	7.25	217
TEMMUZ	5.30	164	7.53	233
AĞUSTOS	5.29	164	7.51	233
EYLÜL	5.09	153	7.14	214
EKİM	4.28	133	5.74	178
KASIM	3.27	98.1	4.22	127
ARALIK	2.32	72.0	2.91	90.1
Yıllık Ortalama	4.10	125	5.53	168
Yıllık Toplam	1500		2020	

EK-2. (devam) Fotovoltaik panel hesapları

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YILDIRIM Hasan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 21.10.1984, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (541) 695 49 74
 e-mail : hasanyildirim@outlook.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Makine Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Kırıkkale Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2007
Lise	Etimesgut Anadolu Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-Halen	Milli Savunma Bakanlığı	Makine Mühendisi
2008-2010	AKDAŞ Döküm	İmalat Mühendisi
2007-2008	TEMSAN Yapı ve Mak.End.AŞ	İmalat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Yıldırım, H., Horuz, İ. (2019). Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara, Türkiye. *The Review to the Situation of a Public Building Being Able to Nearly Zero Energy Building*. I.International Science and Innovation Congress, 26-29 September, Denizli.

Hobiler

Fotoğrafçılık, Spor, Gezi



GAZİ GELECEKTİR...