

**BİNALARDA ENERJİ MODELLEMESİ,  
ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ VE  
YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ  
ÇEVRE DOSTU YEŞİL BİNA UYGULAMA  
ÖRNEĞİ KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**Özgür KAYIN**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE**  
**2019**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİNALARDA ENERJİ MODELLEMESİ,  
ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
KULLANIMININ ÇEVRE DOSTU YEŞİL BİNA UYGULAMA  
ÖRNEĞİ KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Özgür KAYIN**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE**

**TEKİRDAĞ-2019**

**Her hakkı saklıdır.**

Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE danışmanlığında, Özgür KAYIN tarafından hazırlanan “Binalarda Enerji Modellemesi, Enerji Performans Analizi ve Yenilenebilir Enerji Kullanımının Çevre Dostu Yeşil Bina Uygulama Örneği Kapsamında Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Üye: Doç. Dr. Atakan ÖNGEN

Üye: Doç. Dr. Uğur AKYOL

İmza:   
İmza:   
İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına



Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## BİNALARDA ENERJİ MODELLEMESİ, ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ ÇEVRE DOSTU YEŞİL BİNA UYGULAMA ÖRNEĞİ KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

**Özgür KAYIN**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Dünyada artan nüfus, teknolojideki ilerleme ve sanayileşme ile birlikte hızla artmaya devam eden enerji ihtiyacı mevcut kaynakların daha etkin kullanımını ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi gerekli kılmaktadır. Enerji tüketimi ve üretilen enerji miktarı ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalarda birçok gelişmiş ülkede enerji tüketiminin büyük bir kısmından binaların sorumlu olduğu ve her yıl binaların enerji tüketimini istikrarlı bir şekilde arttırdığı görülmektedir. Ayrıca binalar sadece büyük miktarda enerji harcamakla kalmayıp, çevre için zararlı olabilecek ve dünyanın iklim değişikliğinde büyük bir rol oynayabilecek önemli miktarlardaki CO<sub>2</sub> emisyonlarının sorumlusu olarak da değerlendirilmektedir. Binaların enerji kaynakları kullanımında ve emisyon üretimindeki yüksek payları göz önünde bulundurduğunda çevre dostu yeşil binalar, gelecek nesillerin sağlıklı bir dünyada yaşamlarına devam edebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yeşil binaların sayılarının giderek artması ile birlikte standartlaşma ve sertifikalandırma çalışmaları başlamıştır. Yeşil bina sertifikalandırma kriterleri içerisinde en önemlilerinden biri enerji verimliliği olup, bina enerji performansı çeşitli modelleme programları ile değerlendirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi ek derslik binası Design Builder ve Energy Plus simülasyon programları ile modellenerek enerji performans analizi yapılmıştır. Ayrıca ek derslik binası yenilenebilir enerji kullanımı tasarımı ve çeşitli iyileştirme önerileri ile modellenmiş, enerji performans değerlendirme karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada ek derslik binasının mevcut enerji tüketimi toplamı 158836 kWh, yıllık enerji maliyeti 11336 dolar ve yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 71812 CO<sub>2</sub> kg olarak hesaplanmıştır. Ek derslik binasının yenilenebilir enerji kullanımı ile tasarlanması sonucunda ise; fotovoltaik panel kullanımı ile toplam enerji tüketiminin yaklaşık %33 yıllık enerji maliyetinin ise %45 ve yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarının %37 oranında, toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı ile toplam enerji tüketiminin yaklaşık %29 yıllık enerji maliyetinin ise %4,4 ve yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarının %33 oranında ve bina bileşenlerinin iyileştirilmesi ile toplam enerji tüketiminin yaklaşık %26 yıllık enerji maliyetinin %31 ve yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarının ise %30 oranında azaltılabildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ek derslik binasının gerek elektrik tüketiminde gerekse doğalgaz tüketiminde ciddi oranda tasarruf potansiyeline sahip olduğu ve yenilenebilir enerji kullanımı ile ek derslik binasının toplam enerji tüketim, yıllık enerji maliyet ve yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarının yüksek oranlarda azaltılabildiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Performans Analizi, Yenilenebilir Enerji, Yeşil Bina

**2019, 120 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **A CASE STUDY FOR THE EVALUATION OF ENERGY MODELING, ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS AND RENEWABLE ENERGY USAGE IN THE BUILDINGS WITHIN THE SCOPE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY GREEN BUILDING APPLICATIONS**

**Özgür KAYIN**

Tekirdağ Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Increasing population in the world, progress in technology and industrialization, and the need for energy that continues to increase rapidly requires more efficient use of existing resources and a shift towards renewable energy resources. Energy consumption and the amount of energy produced, are increasing day by day in accordingly with the development levels of the countries. Many studies suggest that buildings are responsible for most of the energy consumption in various developed countries and the buildings increase their energy consumption steadily every year. In addition, buildings not only consume a large amount of energy, but are also responsible for significant CO<sub>2</sub> emissions that can be harmful to the environment and play a major role in the world's climate change. Considering the high percentage of buildings in the use of energy resources and emissions production, environment friendly green buildings are of great importance for the future generations to pursue their lives in a healthy world. With the increasing number of green buildings, standardization and certification studies have begun. One of the most important criteria for green building certification is energy efficiency and building energy performance is evaluated by various modeling programs. In this study, energy performance analysis was performed by modelling with Tekirdağ Namık Kemal University Çorlu Engineering Faculty Additional Classroom Building Design Builder and Energy Plus simulation programs. Moreover, additional classroom were modelled with various suggestions for improvement and use of renewable energy, and energy performance evaluation comparisons were made. In the study, the total energy consumption of the additional classroom building is calculated as 158836 kWh, the annual energy cost is 11336 dollars and the annual CO<sub>2</sub> emission amount is 71812 CO<sub>2</sub> kg. As a result of the design of additional classroom with the use of renewable energy; With the use of photovoltaic panels, total energy consumption is reduced by 33%, annual energy cost by 44% and annual CO<sub>2</sub> emissions by 37%; With the use of ground source heat pumps, total energy consumption is reduced by 29%, annual energy cost by 4% and annual CO<sub>2</sub> emission by 33%; With the improvement of building components, total energy consumption is reduced by 26%, annual energy cost by 31% and annual CO<sub>2</sub> emission by 30%. As a result of the study, additional class was determined to has a significant saving potential for both electricity and natural gas consumption; With the use of renewable energy, the energy consumption, annual energy costs, and annual CO<sub>2</sub> emission levels of the additional classroom building have been significantly reduced.

**Keywords:** Energy Performance Analysis, Renewable Energy, Green Building

**2019, 120 pages**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Kapsam ve Amacı .....	1
1.2. Literatür Taraması .....	3
<b>2. KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>6</b>
2.1. Enerji .....	6
2.2. Küresel Ölçekte Enerji Potansiyeli.....	6
2.2.1. Dünyanın Birincil Enerji Tüketimi.....	7
2.2.2. Dünyanın Nihai Enerji Tüketimi .....	9
2.2.2.1. Dünya'nın Sektörel Bazda Nihai Enerji Tüketimi .....	11
2.2.3. Dünya'nın Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi.....	11
2.2.4. Dünya'nın Enerji Kaynaklı Karbon Ayakizi .....	12
2.3. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli .....	13
2.3.1. Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi .....	14
2.3.2. Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketimi.....	16
2.3.2.1. Türkiye'nin Sektörel Bazda Nihai Enerji Tüketimi .....	18
2.3.2.2. Türkiye'de Konut Sektörü Bazında Toplam Nihai Enerji Tüketimi .....	19
2.3.2.3. Türkiye'de Ticaret ve Hizmet Sektörü Bazında Toplam Nihai Enerji Tüketimi .....	20
2.3.3. Türkiye'nin Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi.....	20
2.3.3.1. Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi .....	21
2.3.4. Türkiye'nin Enerji Kaynaklı Karbon Ayakizi .....	22
2.4. Enerji Verimliliği.....	25
2.4.1. Enerji Verimliliğine Yönelik Politika ve Stratejiler .....	26
2.4.1.1. AB' de Yasal Durum .....	27
2.4.1.2. Türkiye' de Yasal Durum .....	28

2.4.2. Türkiye Bina Stokunun Yapısı ve Binalarda Enerji Verimliliği .....	29
2.4.2.1. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması .....	31
2.5. Çevre Dostu Yeşil Binalar .....	34
2.5.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemleri .....	35
2.5.1.1. Yeşil Binalarda Enerji Verimliliği Ölçme Sistemi: LEED Sertifikası .....	36
2.5.1.2. Ülkemizde LEED Sertifikası .....	39
2.5.1.3. LEED Sertifikası Almış Ulusal ve Uluslararası Yeşil Bina Örnekleri .....	40
2.5.2. Yeşil Bina Enerji Modellemesi .....	42
2.5.2.1. Yeşil Bina Enerji Modellemesinde Pasif Sistem Parametreleri .....	43
2.5.2.2. Yeşil Bina Enerji Modellemesinde Aktif Sistem Parametreleri .....	45
2.5.3. Yeşil Bina Enerji Modelleme Programları .....	47
<b>3. METARYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>48</b>
3.1. Uygulama Örneği Yapılan Bina Bilgileri .....	48
3.2. Uygulama Örneği Kapsamında Kullanılan Program Bilgileri .....	49
3.3. Uygulama Örneği Kapsamında Programa Tanımlanan Parametreler .....	50
3.3.1. İklimsel Parametreler .....	50
3.3.2. Mimari Parametreler .....	50
3.3.3. Elektriksel Parametreler .....	51
3.3.4. Mekanik Parametreler .....	52
3.3.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Tasarım Parametreleri .....	52
3.4. Uygulama Örneği Kapsamında Kullanılan Programların Genel Kullanım Adımları .....	53
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>66</b>
4.1. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binasının Modellenmesi .....	66
4.1.1 Ek Derslik Gerçek Bina Enerji Modellemesi İçin Program Girdi Hesapları .....	67
4.1.1.1 İklimsel girdiler .....	67
4.1.1.2 Mimari girdiler .....	68
4.1.1.2.1 Binanın şekli .....	68
4.1.1.2 Isıl geçirgenlik katsayısı değerleri (U değeri) .....	69
4.1.1.2.3 Pencere özellikleri .....	71
4.1.1.3. Elektriksel girdiler .....	72
4.1.1.4. Mekanik girdiler .....	74
4.1.2. Ek Derslik ASHRAE Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Program Girdi Hesapları .....	76
4.1.2.1. İklimsel girdiler .....	76

4.1.2.2. Mimari girdiler .....	76
4.1.2.2.1. Binanın şekli .....	76
4.1.2.2.2. Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri) .....	76
4.1.2.2.3 Pencere özellikleri .....	77
4.1.2.3. Elektriksel girdiler .....	77
4.1.2.4. Mekanik girdiler .....	78
4.1.3. Ek Derslik Gerçek ve Ek Derslik ASHARE Baz Bina enerji maliyeti ile ilgili girdi hesapları.....	80
4.2. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi .....	82
4.2.1. Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar .....	82
4.2.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar .....	84
4.2.3. Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek Binalarının CO <sub>2</sub> salınımları ile ilgili çıktılar.....	85
4.3. Yenilenebilir Enerji Kullanımı ile Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi.....	87
4.3.1. Ek Derslik Binasının PV Panel ile Tasarımı .....	87
4.3.1.1. Enerji üretim ve tüketimi ile ilgili çıktılar .....	87
4.3.1.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar .....	89
4.3.1.3. PV Panel Tasarımı yapılan Ek Derslik binasının CO <sub>2</sub> salınımı ile ilgili çıktılar.....	90
4.3.2. Ek Derslik Binasının Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Tasarımı .....	91
4.3.2.1. Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar .....	92
4.3.2.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar .....	93
4.3.2.3. Isı Pompası Tasarımı yapılan Ek Derslik binasının CO <sub>2</sub> salınımı ile ilgili çıktılar.....	95
4.4. Bina Bileşenleri İyileştirmeleri ile Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi .....	96
4.4.1. Adım 1: Ek Derslik Binasında Yalıtımın İyileştirilmesi .....	96
4.4.1.1. Adım 1: Yalıtımın iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar.....	97
4.4.1.2. Adım 1: Yalıtımın iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti .....	98
4.4.2. Adım 2: Ek Derslik Binasında Cam ve Doğramaların İyileştirilmesi .....	98
4.4.2.1. Adım 2: Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi çıktıları.....	99
4.4.2.2. Adım 2: Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti .....	100
4.4.3. Adım 3: Ek Derslik Binasının Gün Işığı Kontrolü ile İyileştirilmesi.....	100
4.4.3.1. Adım 3: Gün ışığı kontrolü iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar ..	100
4.4.3.2. Adım 3: Gün ışığı kontrolü iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti .....	101
4.4.4. Adım 4: Ek Derslik Binası Kazan İyileştirilmesi .....	102
4.4.4.1. Adım 4: Kazan iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar .....	102



4.4.4.2. Adım 4: Kazan iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti .....	103
4.4.5. Adım 5: Ek Derslik Binası Ekipman Otomasyonu ile İyileştirilmesi .....	104
4.4.5.1. Adım 5: Ekipman otomasyonu sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar .....	104
4.4.5.2. Adım 5: Ekipman otomasyonu sonrası ek derslik enerji maliyeti.....	105
4.4.6. İyileştirme adımları sonrası Ek Derslik CO <sub>2</sub> Salınımı ile ilgili çıktılar.....	106
4.5. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binası Enerji Performans Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması.....	107
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>109</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>112</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>116</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>120</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2. 1 : Dünyadaki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi .....	8
Çizelge 2. 2 : Türkiye'nin 2017 yılı birincil enerji arzı .....	13
Çizelge 2. 3 : Türkiye’de ki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi .....	15
Çizelge 2. 4 : Türkiye’de yatırımların ve elde edilmesi öngörülen tasarrufların yıllara göre değişimi	29
Çizelge 2. 5 : LEED V4 kategorileri ve puanlama ağırlıkları .....	36
Çizelge 2. 6 : LEED V4 Enerji ve Atmosfer kategorisi ön şart ve puanlama ağırlıkları. ....	38
Çizelge 2. 7 : Yeşil bina sertifikası almış çeşitli uluslararası örnekler.....	40
Çizelge 2. 8 : Yeşil bina sertifikası almış çeşitli ulusal örnekler.....	41
Çizelge 3. 1. : Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik bina bilgileri.....	48
Çizelge 3. 2 : Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik binası köşe koordinatları.....	49
Çizelge 4. 1 : Tekirdağ İli 1939-2018 ölçüm periyotlu sıcaklık ortalamaları .....	68
Çizelge 4. 2 : Ek derslik Gerçek bina yalıtım değerleri .....	70
Çizelge 4. 3 : Ek derslik Gerçek bina pencere fiziksel özellikleri.....	71
Çizelge 4. 4 : Ek derslik Gerçek bina aydınlatma yoğunluk değerleri.....	72
Çizelge 4. 5 : Ek derslik Gerçek bina priz yükleri .....	73
Çizelge 4. 6 : Ek derslik ASHRAE Baz bina yalıtım değerleri.....	77
Çizelge 4. 7 : Ek derslik ASHRAE Baz bina pencere fiziksel özellikleri.....	77
Çizelge 4. 8 : Ek derslik ASHRAE Baz bina aydınlatma yoğunluk değerleri .....	78
Çizelge 4. 9 : Ek derslik ASHRAE Baz bina priz yükleri.....	78
Çizelge 4. 10 : Ek derslik ASHRAE Baz binasının yakıt bazında yıllık tükettiği enerji miktarı.....	83
Çizelge 4. 11 : Ek derslik Gerçek binasının yakıt bazında yıllık tükettiği enerji miktarı .....	83
Çizelge 4. 12 : Ek derslik Gerçek ve ASHRAE Baz binası enerji performans karşılaştırması.....	84
Çizelge 4. 13 : Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek binalarının enerji maliyet karşılaştırması .....	85

Çizelge 4. 14 : Programa girilen PV panel tasarım parametreleri.....	87
Çizelge 4. 15 : PV Panel ile tasarım sonrası ek derslik binasının elektrik enerjisi üretimi.....	87
Çizelge 4. 16 : PV Panel tasarımı sonrası ek derslik binası enerji tüketimleri.....	88
Çizelge 4. 17 : PV panel tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz binasının enerji maliyet karşılaştırması.....	90
Çizelge 4. 18 : Programa girilen ısı pompası tasarım parametreleri .....	92
Çizelge 4. 19 : Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binası enerji tüketimleri .....	93
Çizelge 4. 20 : Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz binasının enerji maliyet karşılaştırması.....	94
Çizelge 4. 21 : Isı pompalı ek derslik ve ek derslik binası ısıtma sistemlerinin karşılaştırması .....	95
Çizelge 4. 22 : Ek derslik Gerçek binası için programa tanımlanan yalıtım değerleri.....	96
Çizelge 4. 23 : Yalıtım sonrası ek derslik Gerçek binası enerji tüketimleri.....	97
Çizelge 4. 24 : Yalıtım sonrası Ek derslik Gerçek Binası ve Ek derslik ASHRAE Baz binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması.....	98
Çizelge 4. 25 : Ek derslik Gerçek Bina için programa tanımlanan üç camlı ve özel ısı kontrol kaplamalı yüksek verimli pencere sistemleri değerleri .....	98
Çizelge 4. 26 : Cam ve doğrama iyileştirilmesi sonrası ek derslik Gerçek binası enerji tüketimleri...	99
Çizelge 4. 27 : Cam ve doğrama iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek binası ve ek derslik ASHRAE Baz binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması.....	100
Çizelge 4. 28 : Gün ışığı kontrolü iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek binası enerji tüketimleri .	101
Çizelge 4. 29 : Gün ışığı kontrolü sonrası ek derslik Gerçek binası ve ek derslik ASHRAE Baz binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması .....	102
Çizelge 4. 30 : Kazan iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek binası enerji tüketimleri .....	103
Çizelge 4. 31 : Kazan iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek binası ve ek derslik ASHRAE Baz binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması .....	103
Çizelge 4. 32 : Ekipman otomasyonu sonrası ek derslik Gerçek binası enerji tüketimleri .....	105
Çizelge 4. 33 : Ekipman iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek binası ve ek derslik ASHRAE Baz binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması.....	105

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2. 1 : Dünya’da türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri .....	7
Şekil 2. 2 : Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında birincil enerji tüketimi .....	8
Şekil 2. 3 : Dünyanın kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları.....	9
Şekil 2. 4 : Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında nihai enerji tüketimi.....	10
Şekil 2. 5 : Dünyada kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı .....	10
Şekil 2. 6 : Dünyanın sektör bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı.....	11
Şekil 2. 7 : Dünya genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları.....	12
Şekil 2. 8 : Dünyanın Kaynak bazında CO <sub>2</sub> Emisyon miktarı ve pay oranı.....	13
Şekil 2. 9 : Türkiye’nin 2017 yılı ithal ve yerli enerji üretim miktarları ve dağılımları .....	14
Şekil 2. 10 : Türkiye’nin kaynak bazında birincil enerji tüketimi.....	15
Şekil 2. 11 : Türkiye’nin kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları .....	16
Şekil 2. 12 : Türkiye’de kaynak bazında nihai enerji tüketimi.....	17
Şekil 2. 13 : Türkiyede kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı .....	18
Şekil 2. 14 : Türkiyede sektör bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı .....	19
Şekil 2. 15 : Türkiye’de konut sektörü bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı.....	19
Şekil 2. 16 : Türkiye’de ticaret ve hizmet sektörü bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı .....	20
Şekil 2. 17 : Türkiye genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları.....	21
Şekil 2. 18 : Türkiye’de 2017’de yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretim oranları .....	21
Şekil 2. 19 : Türkiye’nin 2017 yılı yenilenebilir kaynaklardan ve diğer kaynaklardan ürettiği elektriğin miktarı ve oranı.....	22
Şekil 2. 20 : Türkiye sera gazı emisyonları .....	23
Şekil 2. 21 : Türkiyenin cinslerine göre sera gazlarının dağılımı ve oranı.....	23
Şekil 2. 22 : Türkiyenin Sektörlere göre seragazı Emisyonu Miktarı ve oranı .....	24
Şekil 2. 23 : Türkiyenin Sektörlere göre CO <sub>2</sub> Emisyonu Miktarı ve oranı .....	24
Şekil 2. 24 : Türkiye’nin niteliğine göre bina sayısı ve oranı .....	30
Şekil 2. 25 : Enerji Kimlik Belgesi .....	32
Şekil 2. 26 : Bina tiplerine göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı .....	33
Şekil 2. 27 : Sınıflarına göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı .....	33
Şekil 2. 28 : LEED Sertifika Kademeleri.....	37
Şekil 2. 29 : Türkiye’de LEED sertifika projelerinin dağılımı.....	39
Şekil 2. 30 : Türkiye’de LEED V4 sertifikalarının derecelerine göre dağılımı .....	39
Şekil 3. 1 : Autocad programı ile iki boyutlu olarak DXF formatında kaydedilen uygulama örneği .	53
Şekil 3. 2 : Konum, bina yönelim veri girişi ile iklim verileri tanımlanan uygulama örneği.....	54
Şekil 3. 3 : Import DWG komutu ile DXF formatından DWG formatına çevrilen uygulama örneği .	55
Şekil 3. 4 : Katları ve mahalleri tanımlanan uygulama örneği.....	56
Şekil 3. 5 : Pencere gölgeleme bileşenleri ve zemin üstü toprak formu tanımlanan uygulama örneği	57
Şekil 3. 6 : Ekipman yükü, kişi yoğunluğu ve çalışma saatleri tanımlanan uygulama örneği .....	58
Şekil 3. 7 : Duvar, çatı ve döşeme bilgileri ve yalıtım değerleri tanımlanan uygulama örneği .....	59
Şekil 3. 8 : Cam ve doğrama bilgileri tanımlanan uygulama örneği.....	60
Şekil 3. 9 : Aydınlatma yoğunluk değerleri tanımlanan uygulama örneği.....	61
Şekil 3. 10 : Doğal havalandırma tanımlanan uygulama örneği .....	62
Şekil 3. 11 : Isıtma ve kazan sistemi şablonu tanımlanan uygulama örneği .....	63

Şekil 3. 12 : Yıllık detaylı simülasyon sonuçları alınan uygulama örneği.....	64
Şekil 3. 13 : ASHRAE Standartlarına göre Baz binanın programa tanımlanması .....	65
Şekil 4. 1 : 4B iklim bölgesi aylık sıcaklık, rüzgar hızı - yönü, basınç ve gün ışığı bilgileri.....	67
Şekil 4. 2 : Ek Derslik bina mahalleri .....	69
Şekil 4. 3 : Ek Derslik Gerçek bina için mekanik sistem bilgileri ve mekanik sistem diyagramı.....	74
Şekil 4. 4 : Ek Derslik Gerçek bina modeli .....	75
Şekil 4. 5 : Ek derslik ASHRAE baz bina mekanik sistem diyagramı .....	79
Şekil 4. 6 : Ek derslik ASHRAE baz bina modeli.....	80
Şekil 4. 7 : Türkiye 2018 yılı yakıt fiyatları karşılaştırması.....	81
Şekil 4. 8 : Türkiye 2018 yılı USD doları aylık ortalamasının TL karşılığı.....	81
Şekil 4. 9 : Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek binalarının enerji tüketim çıktıları .....	82
Şekil 4. 10 : Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek binalarının yıllık enerji maliyet çıktıları.....	84
Şekil 4. 11 : Ek Derslik ASHRAE Baz bina yıllık CO <sub>2</sub> salınımı .....	86
Şekil 4. 12 : Ek Derslik Gerçek bina yıllık CO <sub>2</sub> salınımı .....	86
Şekil 4. 13 : PV Panel ile tasarım sonrası Ek derslik binasının enerji tüketimi çıktıları.....	88
Şekil 4. 14 : PV panel tasarımı sonrası ek derslik binası yıllık enerji maliyet çıktıları.....	89
Şekil 4. 15 : PV Panel tasarımı sonrası ek derslik binası yıllık CO <sub>2</sub> salınımı .....	91
Şekil 4. 16 : Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binasının enerji tüketim çıktıları .....	92
Şekil 4. 17 : Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binasının yıllık enerji maliyet çıktıları.....	94
Şekil 4. 18 : Isı Pompası tasarımı sonrası ek derslik binası yıllık CO <sub>2</sub> salınımı .....	96
Şekil 4. 19 : Yalıtım iyileştirilmesi sonrası (1. Adım); enerji tüketim çıktıları.....	97
Şekil 4. 20 : Cam ve doğrama iyileştirmesi sonrası (2.Adım); enerji tüketim çıktıları.....	99
Şekil 4. 21 : Gün ışığı kontrolü sonrası (3.Adım); enerji tüketim çıktıları .....	101
Şekil 4. 22 : Kazan İyileştirmesi sonrası (4.Adım); enerji tüketim çıktıları.....	102
Şekil 4. 23 : Ekipman otomasyonu sonrası (5.Adım); enerji tüketim çıktıları .....	104
Şekil 4. 24 : İyileştirme adımları sonrası ek derslik binası yıllık CO <sub>2</sub> salınımı .....	106
Şekil 4. 25 : Enerji performans analiz sonuçlarına göre ek derslik binasının yıllık enerji tüketim, yıllık enerji maliyet ve yıllık CO <sub>2</sub> salınım miktarları karşılaştırması .....	108

## KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	( American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers ) : Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği
BEP	: Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
BEP-TR	: Bina Enerji Performansı Ulusal Hesap Metodu
BREEAM	( Building Research Establishment Environmental Assessment Method ) : Bina Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi
COP	( Coefficient of Performance ) : Performans Katsayısı
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EİGM	: Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
ENVER	: Enerji Verimliliği Derneği
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GBCI	( Green Building Certification Institute ) : Yeşil Bina Sertifikalandırma Enstitüsü
Gwh	: Giga Watt Saat
HVAC	( Heating, Ventilation, Air Conditioning ) : Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IEA	( International Energy Agency ) : Uluslar arası Enerji Ajansı
İGDAŞ	: İstanbul Gaz Dağıtım San. ve Tic. A.Ş.
İMSAD	: Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
K <sup>0</sup>	: Kelvin derece
LEED	( Leadership in Energy and Environmental Design ) : Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Mtep	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NVİGM	: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü
OECD	( Organization For Economic Cooperatin And Development ) : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
PV	( Photovoltaic ) : Fotovoltaik
SHGC	( Solar Heat Gain Coefficient ) : Saydam Bileşenin Güneş Isısı Kazanım Katsayısı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletişim A.Ş.
Tep	: Ton Eşdeğer Petrol
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	: Tera Watt Saat
USD	: Amerikan Doları
USGBC	( United States Green Building Council ) : Birleşik Devletler Yeşil Bina Konseyi
VLT	( Visible Light Transmittance ) : Görünür Işık Geçirgenliği
WGBC	( World Green Building Council Dünya Yeşil Bina Konseyi ) : Dünya Yeşil Bina Konseyi
XPS	: Ekstrüde Polistren Köpük

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, yol gösterici olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE'ye ve çalışmam da büyük emeği geçen İnş. Yük. Müh. Eren BAŞTANOĞLU'na en içten duygularıyla şükranlarımı sunarım.

Eğitim öğretim hayatım boyunca desteklerini benden esirgememiş, hayatımın her döneminde koşulsuzca yanımda olan anneme, keşke onun gibi olabilsem dediğim merhum babama, bir ömrü beraber paylaşmaktan büyük mutluluk duyduğum biricik eşim Neslihan'a, kısa zaman önce elim bir iş kazası sonucu kaybettiğim değerli kayınpederim Yüksel KARACA'ya, henüz beş aylık olan ve çalışmam süresince sadece ondan çalınmış saatlere, dakikalara, saniyelere üzüldüğüm minik oğlum Eymen'e ve benim kocaman aileme çok teşekkür ederim.

Nisan, 2019

Özgür KAYIN  
Çevre Mühendisi

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Kapsam ve Amacı

Sürekli ve hızla gelişen dünya, doğal enerji kaynaklarının azalması, ekolojik dengenin giderek bozulması, özellikle son yıllarda çeşitli doğal afetlerle kendini hissettiren küresel ısınma, çevre kirliliği gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bu durum insanlığı gelecek nesillere temiz, sağlıklı, yaşanabilir bir çevre bırakmak üzere harekete geçirmiştir (İnanç 2010).

Sahip olduğumuz fosil yakıt rezervlerinin giderek tükenmekte olması, fosil yakıt tüketiminin doğal dengeyi ve insan sağlığını ciddi bir biçimde tehdit etmesi Dünya'da enerji bilincinin giderek artmasına neden olmaktadır. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojiye hızlı ilerleme ve küreselleşme sonucu doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebin hızla artması ile yenilenemeyen enerji kaynaklarında meydana gelen azalma toplumu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönlendirmektedir (Saka 2011).

Dünya'nın toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ını, stratosferdeki ozon tabakasında azalmaya neden olan kimyasalların %50'sini bina ve konutların oluşturması enerji tüketiminde binaların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Kıncay 2018).

Fosil yakıtların tükenme periyodunda olması ve çevreye vermiş olduğu olumsuz etkiler; çevre dostu, ekolojik binaların yapılmasını gündeme getirmiştir. Çevre dostu bina yapımına ilgi giderek artarken yeşil bina olarak tabir edilen yapılar ortaya çıkmıştır. Belli standartlar getirilerek sertifikalanmakta olan yeşil binalar yapı sektöründe daha değerli, doğaya saygılı, ekolojik, konforlu ve enerji tüketimini azaltan binalar olarak yeni bir yönelim ve sektör ortaya çıkarmıştır (Anonim 2018).

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de tüketilen toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Binalarda günden güne artan enerji kullanımı ile çevreye verilen zarar da sürekli olarak artmaktadır. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun önemini göstermektedir. Konut, okul, hastane, ofis, işyeri, tiyatro vb. binalarda; binaya uygun enerji etkin tasarımların yapılması ile enerji tüketimimiz 4 ila 5 kat arasında azaltılabilir (Küçükalyalı 2005).

Binalarda enerji tüketiminin azaltılması gerekliliği, binalarda enerji verimliliği ve enerji performansı kavramlarını önemli kılmaktadır.



Bu bağlamda tez kapsamında öncelikle, dünyadaki ve Türkiye'deki enerji potansiyeli ve enerji kullanımlarının analizi yapılmıştır. Sonrasında, enerji verimliliği ve yeşil bina kavramları açıklanmış ve yeşil binalarda enerji verimliliğinin ölçülmesi amacıyla uluslararası alanda da yaygın olarak kullanılan ve uluslararası geçerliliğe sahip sertifikasyon sistemlerinden LEED sertifikasyon sistemi incelenerek LEED sertifikasına sahip çeşitli ulusal ve uluslararası çevre dostu yeşil bina örneklerine yer verilmiştir.

Ayrıca Tez kapsamında, binalarda enerji modellemesi, modelleme programları ve enerji etkin tasarım parametreleri irdelenmiş ve LEED sertifikasyon kriterlerine uygun olarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi ek derslik binasının mevcut enerji performansı ile yenilenebilir enerji kullanımı sonrası enerji performans analizleri değerlendirilmiştir. Bu bağlamda çalışmada öncelikle, Design Builder ve Energy Plus programları yardımıyla ek derslik binası modellenmiştir. Ek derslik binası, ek dersliğin mevcut mimari, mekanik ve elektrik projeleri esas alınarak programa tanımlanmış ve simülasyonu yapılmıştır. “Ek Derslik Gerçek Bina” adı verilen tasarımdan sonra, karşılaştırma yapmak için ek derslik ile aynı mimari özelliklere sahip bir referans bina modellenmiştir. Bu modelleme için tüm mahalleri ek dersliğe uygun olarak tanımlanmış bir baz bina tasarlanmıştır. “Ek Derslik ASHRAE Baz Bina” adı verilen tasarımda baz binanın iklim verileri ve ısıtma, aydınlatma, havalandırma, bina dış kabuğu gibi tasarım parametreleri; Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisliği Topluluğu (ASHRAE-The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Standardına göre Design Builder programına tanımlanmış ve Energy Plus programı ile beraber simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonlar sonrası Ek Derslik Gerçek Binasının, Ek Derslik ASHRAE Baz Binası ile karşılaştırması yapılarak ek dersliğin enerji performansı, enerji maliyeti ve CO<sub>2</sub> salınımı değerlendirilmiştir. Son olarak ek derslik binası yenilenebilir enerji kullanımı ve bina bileşenlerinin çeşitli iyileştirme adımları ile modellenerek simülasyonu yapılmış ve ek dersliğin enerji performans, enerji maliyet ve CO<sub>2</sub> salınım değişimleri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik binası enerji tüketimi, enerji maliyeti ve karbondioksit salınımı değerlerini azaltıcı öneriler getirilerek ülke ekonomisine katkı sağlanması, karbon ayak izinin azaltılması, fakülte bünyesinde öğrenci, akademisyen ve çalışanlara sağlıklı ve verimli bir yaşam alanı sunulması, ayrıca yenilenebilir enerji kullanımı ile ülkemizin birincil enerji kaynakları kullanımının azaltılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## 1.2. Literatür Taraması

Son dönemde yaygınlaşan yeşil bina sistemleri ile beraber yeşil bina modelleme ve performans analizleri ile ilgili literatürde birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Literatürde çevre dostu yeşil binalara yönelik yapılmış çalışmalardan bazıları;

Öztürk (2015) yapmış olduğu bir çalışmada; enerji verimliliği ve enerji verimliliği açısından önemli bir uygulama olan yeşil bina ve yeşil binaların değerlendirme standartları hakkında bilgi verilmiştir. Bununla birlikte, dünyadaki yeşil bina standartlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesinin ardından Türkiye’de varolan yönetmeliklerle yeşil bina sertifikasyon sistemleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar sonuçlandırılmıştır (Öztürk 2015).

Türker (2010) yapmış olduğu bir çalışmada, yeşil bina derecelendirme sistemi yöntemi geliştirerek dünyadaki yeşil bina derecelendirme sistemlerinin analizini Erzurum alışveriş merkezi örneği üzerinde uygulamıştır (Türker 2010).

Erdede ve ark. (2016) gerçekleştirdikleri bir çalışmada tüm dünyada geçerli olan yeşil bina değerlendirme sistemlerini karşılaştırmalı değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, sürdürülebilirlik ve yeşil bina kavramları açıklanarak birbirleriyle olan ilişkileri vurgulanmış, yeşil bina sertifika sistemleri anlatılmış ve gerekliliği üzerinde durulmuştur (Erdede ve ark. 2014).

Saıd (2017) yaptığı çalışmada; Türkiye için yeşil bina sertifikasyon sisteminin geliştirilmesi için dikkate alınacak en etkili kriterleri ve alt kriterleri bulmak için bir strateji temelinde bir yöntem geliştirmiştir. Araştırmada, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlara göre, yeşil bina maliyet ve verimlilik yeşil bina sertifikasyonu için en önemli ölçüt olarak görülürken, genel değerlendirme başarısı, kayıt ve belgelendirme maliyetleri ve uyum ve güvenilirlik en önemli alt kriterlerdir (Saıd, 2017).

Baştaoğlu (2017) bir çalışmada; Türkiye’de ve Dünya’da en yaygın kullanılan LEED yeşil bina sertifika sistemi üzerinde durmuştur. Avrupa ve Türkiye’de LEED Gold seviyesinde yeşil bina sertifikası almış yeni binalar incelenmiştir ve karşılaştırılmıştır. LEED yeşil bina sertifika sistemi kriterlerinin Avrupa ve Türkiye için uygulanma oranları belirlenmiştir. Bu oranlar üzerinden sertifikalı binalarda özellikle tercih edilen ve tercih edilmeyen özellikler üzerinde durulmuştur. Avrupa ve Türkiye’deki yeşil binalar arasındaki en önemli farklar ortaya çıkarılmış ve nedenleri irdelenmiştir (Baštaoğlu, 2017).

Sümer (2013) gerçekleştirdiği bir çalışmada, yeşil bina proje yönetim süreçlerini incelenmiş, dünya genelinde uygulanan yeşil bina sertifika sistemlerini incelemiştir. Dünyada ve ülkemizde en yaygın olarak kullanılan LEED ve BREEAM projeleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Türkiye’de yeşil bina projelerinin yönetilmesi sürecinde karşılaşılan zorluk ve eksiklerin saptanması ve çözüm önerileri getirilmesi konuları irdelenmiştir (Sümer 2013).

Yaman ve Gökçen (2009) yaptıkları bir çalışmada; en yakın meteoroloji istasyonundan alınan verileri kullanarak statik ve dinamik hesap metotları ile İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü İdari Binası’nın enerji performans analizini incelemiş ve elde edilen enerji tüketim değerleri ile ölçüm değerlerini karşılaştırmışlardır (Yaman ve Gökçen 2009).

Öz (2015) yapmış olduğu bir çalışmada, enerji verimliliği ve enerji verimliliği ölçme sistemlerini incelemiştir. Ayrıca çalışmada bir otel tasarımı uygulama örneği, Design Builder ve E-Quest programları ile enerji verimliliği kriterlerine göre modellenmiş, çeşitli iyileştirme önerileri doğrultusunda enerji performans analizi sonuçları değerlendirilmiştir (Öz 2015).

Gazioğlu (2012) yapmış olduğu bir çalışmada, bir binanın farklı iklim bölgelerinde bulunan temsili illerdeki iklimsel koşullarına göre sadece pasif sistem parametrelerinin iyileştirilmesiyle, binanın ısıtma enerjisi harcamaları değişimlerini temsili illerdeki iklim bölgelerine göre ayrı ayrı rasyonel biçimde irdelenmiştir (Gazioğlu 2012).

Karaca (2011) bir çalışmada, enerji verimliliği ve büro binalarında enerji kullanımının gerekliliklerini açıklamış, büro binalarında enerji etkinliğini incelemiştir. Çalışmada büro binalarında enerji performansını arttırmaya yönelik alternatifler değerlendirilerek enerji performans analizi mevcut büro binası uygulama örneği üzerinde irdelenmiştir (Karaca 2011).

Karagöz (2014) gerçekleştirmiş olduğu bir çalışmada, yeşil binaların iç ortam hava kalitesini incelenmiş, ayrıca yeşil bina olarak tanımlanabilecek örnek bir konutun özellikleri ve iç ortam hava kalitesi ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada uygulama örneğinin CO<sub>2</sub>, ozon, havadan kaynaklı bakteri, benzen ve toplam uçucu organik bileşik seviyelerinin mevsimsel değişimi, iç ortam havasında ölçülen değerler ile dış ortam havasında ölçülen değerlerin karşılaştırması ve analizine yer verilmiştir (Karagöz 2014).

Hoşgör (2014) yapmış olduğu bir çalışmada, yurtdışında uzun yıllardır uygulanmakta olan yeşil bina felsefesi tarihine, yeşil bina sertifika sistemlerine, yeşil binaların özelliklerine ve sağlıkla olan ilişkilerine değinerek, Türkiye’de yeşil hastane örneklerini derlemiştir (Hoşgör 2014).

Topçu (2010) bir çalışmada, Türkiye’de LEED sertifikasına sahip olan, bir fabrika binasında yeşil bina değerlendirme sistemlerinin Türkiye’de uygulanması ile ilgili değerlendirmede bulunmuş, Türkiye’ye özgü bir yeşil bina değerlendirme sistemi oluşturulması halinde ele alınması gereken hususlara dikkat çekerek, çeşitli çözüm önerileri getirmiştir (Topçu 2010).

Yeşil bina ve yeşil bina performans çalışmalarında da görüldüğü üzere, çeşitli yeşil bina değerlendirme kriterlerinin ve çeşitli performans ölçümünün değerlendirildiği farklı alanlara literatürde değinilmiştir. Bu çalışmanın özgünlüğü ise, enerji tüketiminin yoğun olduğu eğitim binalarında yenilenebilir enerji kullanımının literatürdeki çalışmalar ve bir takım değişiklikler ile tasarlanarak harmanlanması ve bu doğrultuda eğitim binaları enerji tüketim, enerji maliyet ve CO<sub>2</sub> salınım miktarı değişiminin analiz edilmesidir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1. Enerji**

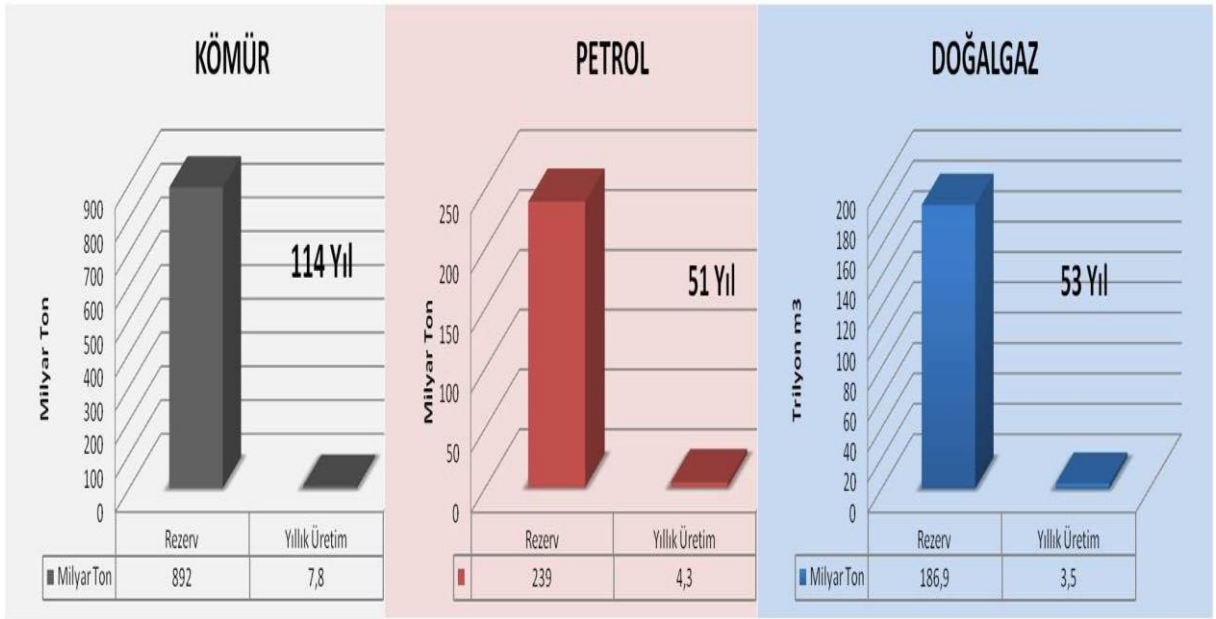
Enerji, bir ulusun medeniyet seviyesinin yükseltilmesi, ekonomik ve sosyal kalkınması için oluşturacağı tüm sistemlerin temel girdilerinden birisidir. Medeniyet seviyesi ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu veya istediği konfor koşullarını sağlamak için enerji kullanımı gerekli olmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir bir kalkınma ve refah seviyesi için sürekli ve kaliteli bir enerji talebine gerek olacaktır (Karaca 2011).

Dünyada çarpıcı derecede artan sanayileşme ve sosyal refah seviyesi artışı doğrultusunda enerji kullanımının artması enerji kaynakları, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi konuları sürekli gündemde tutmaktadır. Bu nedenle; bu bölümde dünya da ve ülkemizde enerji kaynakları, enerji tüketimi ve sera gazları emisyonu sayısal verilerle analiz edilmiştir. Buna ek olarak dünya da ve ülkemizde, yenilenemez (kömür, doğalgaz, uranyum toryum, petrol) ve yenilenebilir enerji kaynakları (biyokütle enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji) hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir.

### **2.2. Küresel Ölçekte Enerji Potansiyeli**

Kömür, doğalgaz, petrol gibi yakıtlar ve radyoaktif elementler yenilenemez enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Küresel ölçekte fosil yakıt rezervleri hızla azalmakta olup kritik seviyelere yaklaşmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre (ETKB 2018) Dünya kömür rezervi 892 milyar ton olup yaklaşık 114 yıl, petrol rezervi 239 milyar ton olup yaklaşık 51 yıl, doğalgaz rezervi 186,9 trilyon m<sup>3</sup> olup yaklaşık 53 yıl rezerv ömrü bulunmaktadır. Dünya'nın Kömür, petrol ve doğalgaz rezerv miktarları ve kalan ömürleri Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 1.** Dünya’da türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri (ETKB 2018)

Yenilenebilir enerji kaynakları ise “Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidro, jeotermal, güneş, rüzgar, odun, bitki artıkları, biyokütle, gel-git ve dalga olarak kabul edilmektedir (Anonim 2018-a).

Küresel ölçekte enerji kaynakları, birincil enerji arzı ve nihai enerji tüketimleri ile değerlendirilmektedir. Doğal ve elektriğe dönüştürülmemiş yenilenemez enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynakları birincil enerji arzını oluştururken birincil enerjinin çevrim suretiyle elektrik enerjisi halinde veya oldukları gibi tüketilmesi ise nihai enerji tüketimini oluşturmaktadır.

### 2.2.1. Dünyanın Birincil Enerji Tüketimi

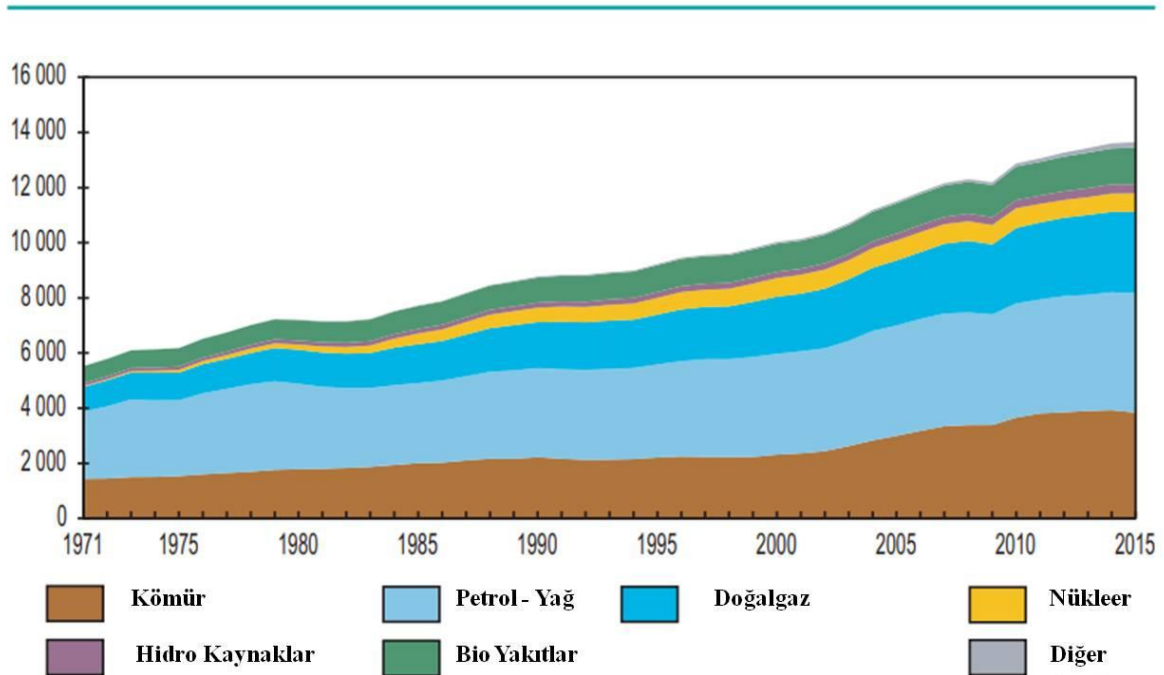
Dünyanın nüfus artışına paralel olarak enerji talebinde geçmişten günümüze büyük bir artış gerçekleşmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın verilerine göre (IEA 2018) Dünya’nın 1973 yılında 6101 Mtep olan birincil enerji tüketimi 2015 yılına gelindiğinde %124

oranında artış göstererek 13647 Mtep değerine ulaşmıştır. Aynı verilere göre enerji talebinin bugüne oranla 2030 yılında %60 artacağı, 2050 yılında ise %100 artacağı öngörülmektedir. Dünyadaki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2. 1.** Dünyadaki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi (IEA 2018)

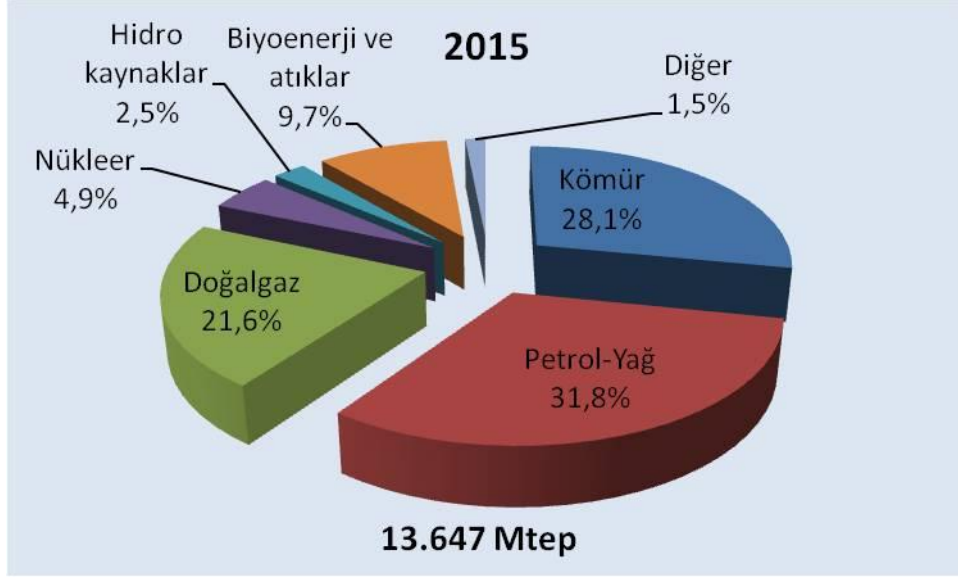
Yıllar	Enerji Tüketim Miktarı (Mtep)
1973	6101
1980	7000
1985	7780
1990	8780
1995	9410
2000	10040
2005	11200
2015	13647

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın verilerine göre, 1971 ile 2015 yılları arasında Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında birincil enerji tüketimleri Şekil 2.2.' de görülmektedir.



**Şekil 2. 2.** Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında birincil enerji tüketimi (IEA 2018)

Dünya'nın 2015 yılı birincil enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde sırasıyla petrol, kömür ve doğalgaz kaynaklarının ön plana çıktığı görülmekte olup bu üç kaynağın birincil enerji tüketimi içerisindeki payları toplamı 2015 yılı için %81,5'dur. Dünyanın kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları Şekil 2.3.'de gösterilmiştir.

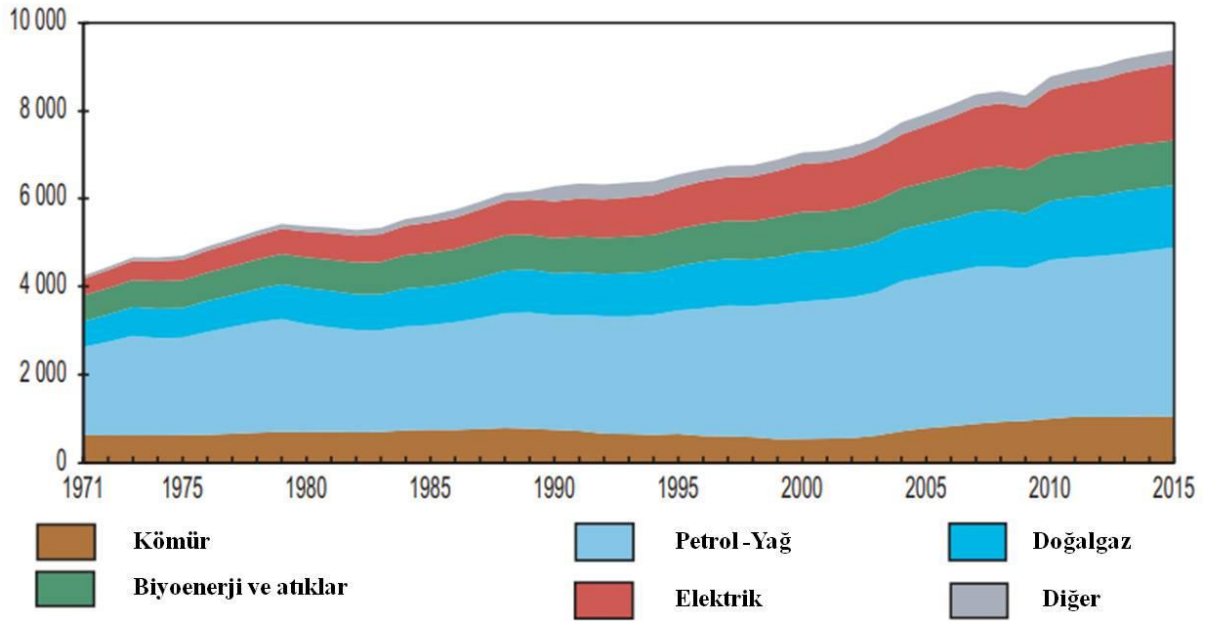


Şekil 2. 3. Dünyanın kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları (IEA 2018)

### 2.2.2. Dünyanın Nihai Enerji Tüketimi

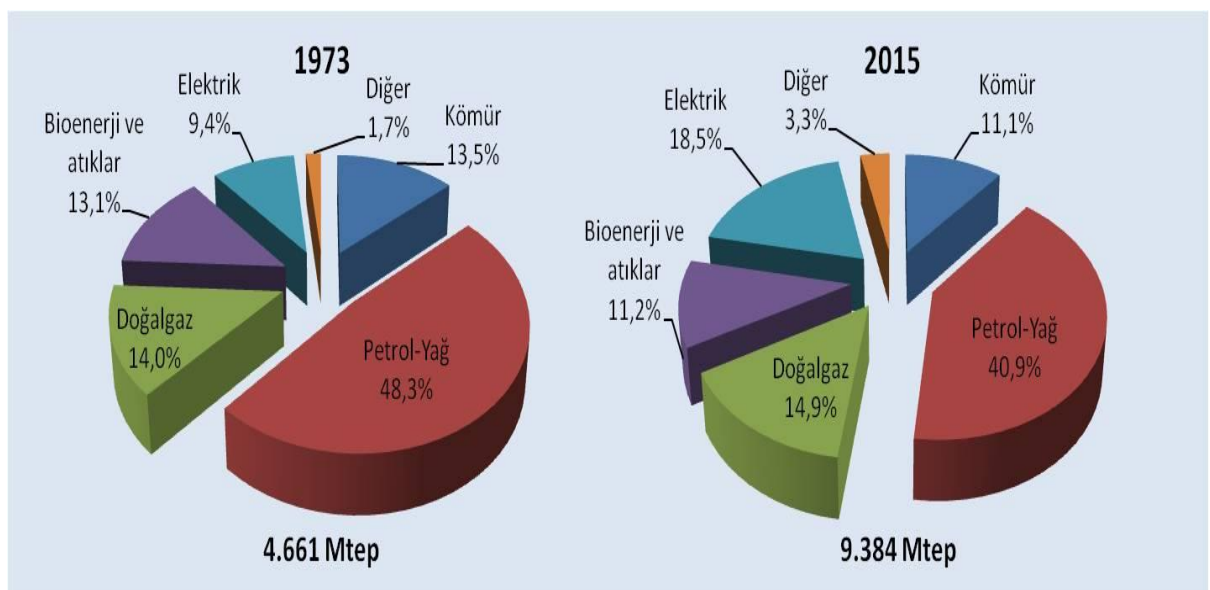
Dünyanın enerji çevrim sektörü ile elde ettiği enerjinin birincil enerji tüketiminden çıkarılması ile bulunan nihai enerji tüketimi geçmişten günümüze büyük bir artış göstermiştir. 1971 ile 2015 yılları arasında Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında nihai enerji tüketimi Şekil 2.4.'de görülmektedir.





Şekil 2. 4. Dünyanın Mtep cinsinden kaynak bazında nihai enerji tüketimi (IEA 2018)

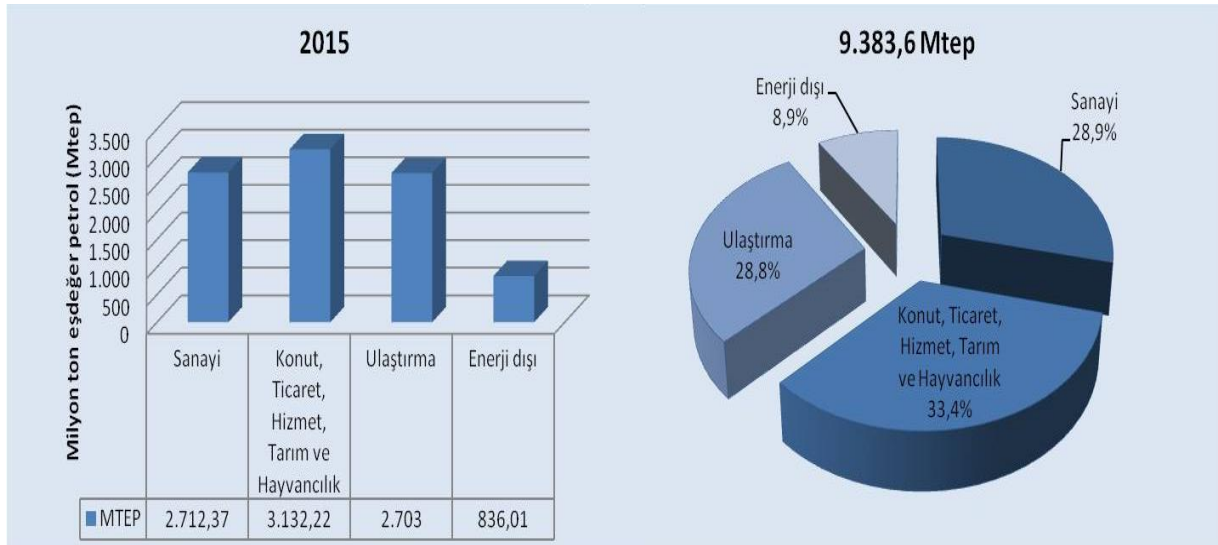
Dünya'nın nihai enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde sırasıyla petrol, elektrik ve doğalgaz kaynaklarının ön plana çıktığı görülmektedir. Petrol, doğalgaz ve elektrik tüketimi, bütün enerji tüketiminin yaklaşık %74,3'ünü oluşturmaktadır. Dünya'nın 1973 yılında 4661 Mtep olan nihai enerji tüketimi 2015 yılına gelindiğinde %101 oranında artış göstererek 9384 Mtep değerine ulaşmıştır. Dünyanın 1973 ve 2015 yılları kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.5.' de gösterilmiştir.



Şekil 2. 5. Dünyada kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı (IEA 2018)

### 2.2.2.1. Dünya'nın Sektörel Bazda Nihai Enerji Tüketimi

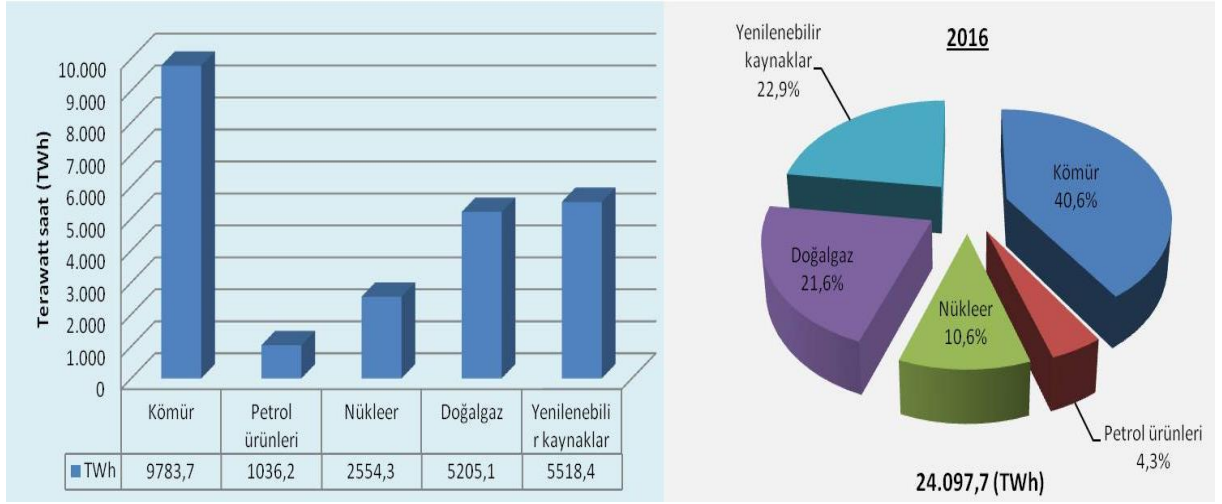
Dünya'nın nihai enerji tüketimi sektörel olarak incelendiğinde konut, ticaret ve hizmet, tarım ve hayvancılık sektörleri toplamının enerji tüketiminde ilk sırada yer aldığı görülmekte olup, sanayi ve ulaştırma sektörleri yaklaşık aynı tüketim miktarlarıyla ikinci sırada yer almaktadır. Dünyanın sektör bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 2. 6. Dünyanın sektör bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı (IEA 2018)

### 2.2.3. Dünya'nın Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi

Dünya'nın enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim miktarı 24097,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. Dünya elektrik üretimi için en yaygın olarak kullanılan kaynaklar sırasıyla kömür, yenilenebilir enerji ve doğalgaz kaynaklarıdır. Dünya toplam elektrik enerjisi üretiminde en büyük payı %40,6 ile kömür alırken, kömürü %22,9 ile yenilenebilir enerji ve %21,6 ile doğalgaz izlemektedir. 2016 yılı sonu itibari ile dünya genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 7. Dünya genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları (IEA 2018)

#### 2.2.4. Dünya'nın Enerji Kaynaklı Karbon Ayakizi

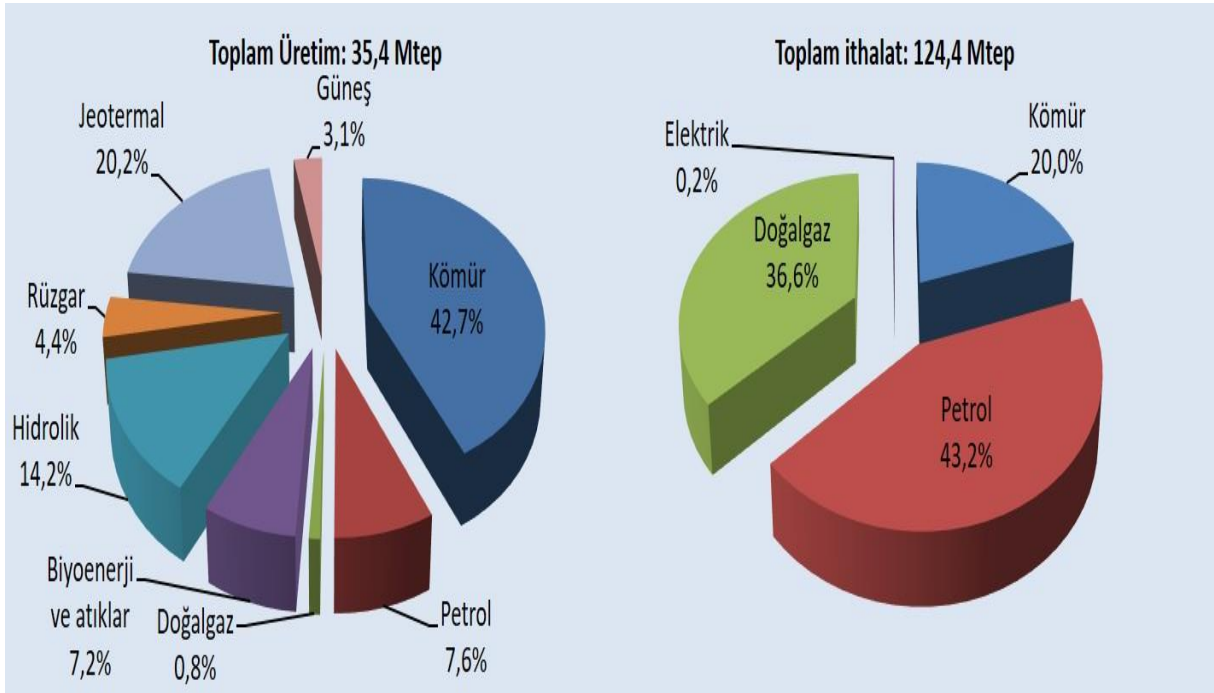
Karbondioksit salınımına neden olan en önemli etken fosil yakıtlardır. Petrol, doğalgaz ve kömür fosil kaynaklı yakıtlardır. Bu yakıtlardan enerji elde ederken, atmosfere zararlı gazlar salınır. Bu gazların başlıcaları; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O), F-gazları ile dolaylı sera gazları azotoksitler (NO<sub>x</sub>), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ve su buharıdır. Bu gazların artışı, küresel ısınmayı arttıran en önemli faktördür.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın verilerine göre, kaynak bazında dünyanın 2015 yılı karbondioksit salınım miktarı 32294 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeridir. Dünyanın karbondioksit salınımında ilk sırayı %44,9'luk pay oranı ile kömür almaktadır. Kömürü %34,6'luk pay oranı ile petrol izlemektedir. Doğalgaz, yakıt türleri içinde en az emisyonu yapmasına rağmen, %19,9 pay oranında CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır (IEA 2018).

Dünyanın 2015 yılı Kaynak bazında CO<sub>2</sub> Emisyon miktarı ve pay oranı (Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri) dağılımı Şekil 2.8.' de gösterilmiştir.



ile kömür vb. kaynakların takip ettiği görülmektedir. Türkiye'nin 2017 yılı yerli enerji üretimi ve ithal ettiği enerji miktarlarının kaynak bazında payları Şekil 2.9.'da gösterilmiştir.



**Şekil 2. 9.** Türkiye'nin 2017 yılı ithal ve yerli enerji üretim miktarları ve dağılımları

Birincil enerji arzında ithal enerji kaynaklarının oranı 2017 yılında %85,6 olarak gerçekleşen ülkemiz, enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır. Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre ülkemiz, kullandığı enerjinin yaklaşık olarak % 70'ini dış ülkelere ithal etmektedir. Bu oran gelişmekte olan bir ülke için çok önemli bir kaynak kaybı demektir. Bunu engellemenin iki yolundan biri, enerji tüketimini azaltmak, ikincisi ise enerji üretimini arttırmaktır. Ülke içindeki enerji üretimini arttırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak büyük önem kazanmaktadır.

### 2.3.1. Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketimi

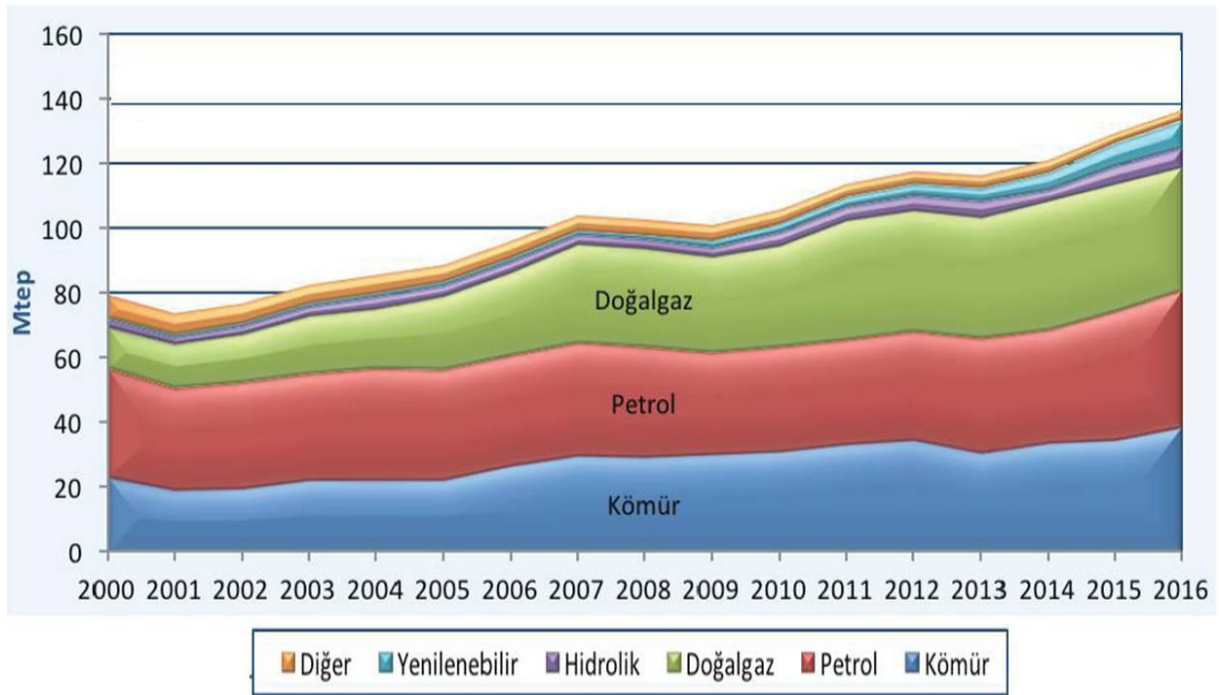
Nüfus artışı, refah düzeyinin yükselmesi, hizmet sektörünün güçlenmesi ve sanayileşme gibi nedenlerden dolayı ülkemizin enerji kullanımı gelişmiş ülkelere göre daha hızlı artmaktadır. Türkiye'nin 2000 yılında 79,4 Mtep olan birincil enerji tüketimi 2017 yılına gelindiğinde %83 oranında artış göstererek 145,3 Mtep değerine ulaşmıştır. 2001, 2008, 2009 ve 2013 yılları haricinde birincil enerji tüketiminde sürekli bir artış görülmüştür.

Türkiye’deki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi Çizelge 2.3.’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2. 3.** Türkiye’deki birincil enerji tüketim miktarlarının yıllara göre değişimi (EİGM 2018)

Yıllar	Enerji Tüketim Miktarı (Mtep)	Yıllar	Enerji Tüketim Miktarı (Mtep)
2000	79,4	2009	101,4
2001	74,3	2010	106,3
2002	77,2	2011	113,2
2003	83,2	2012	117,3
2004	86,3	2013	116,4
2005	89,4	2014	121,2
2006	96,3	2015	129,3
2007	104,2	2016	136,2
2008	103,2	2017	145,3

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM)’nün verilerine göre, 2000 ile 2017 yılları arasında Türkiye’nin kaynak bazında birincil enerji tüketimleri Mtep cinsinden Şekil 2.10.’da görülmektedir.



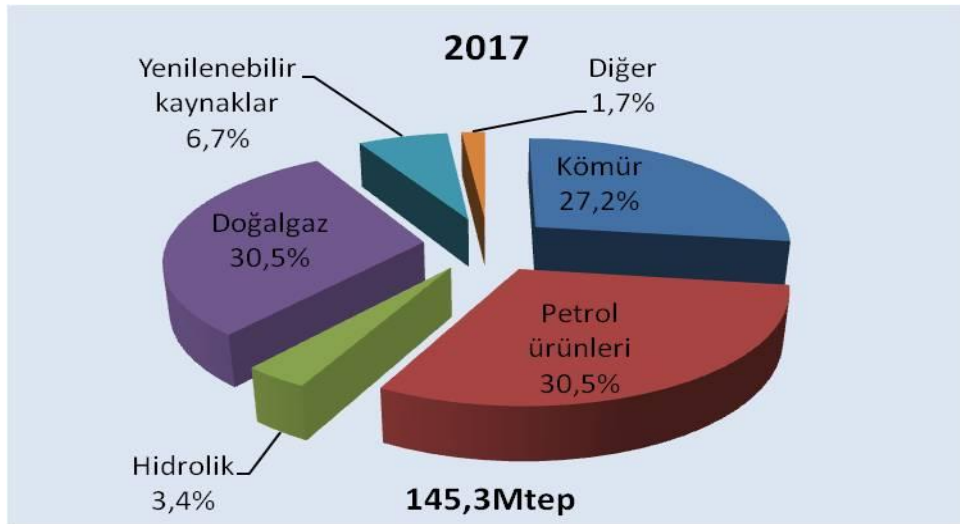
**Şekil 2. 10.** Türkiye’nin kaynak bazında birincil enerji tüketimi (EİGM 2018)



Türkiye'nin kaynak bazında birincil enerji tüketimi 145,3 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin birincil enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde ise kömür, petrol ve doğalgaz kaynaklarının ön plana çıktığı görülmekte olup bu üç kaynağın toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payları toplamı 2017 yılı için %88,2'dir.

Kömür ve petrolün toplam tüketim içerisindeki payları 2000 yılına göre 2017 yılında azalma göstermiş olup söz konusu azalma doğal gaz ile ikame edilmiştir. Doğal gazın toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payı 2000 yılında %15,7 iken 2017 yılında bu oran %30,5'e yükselmiştir.

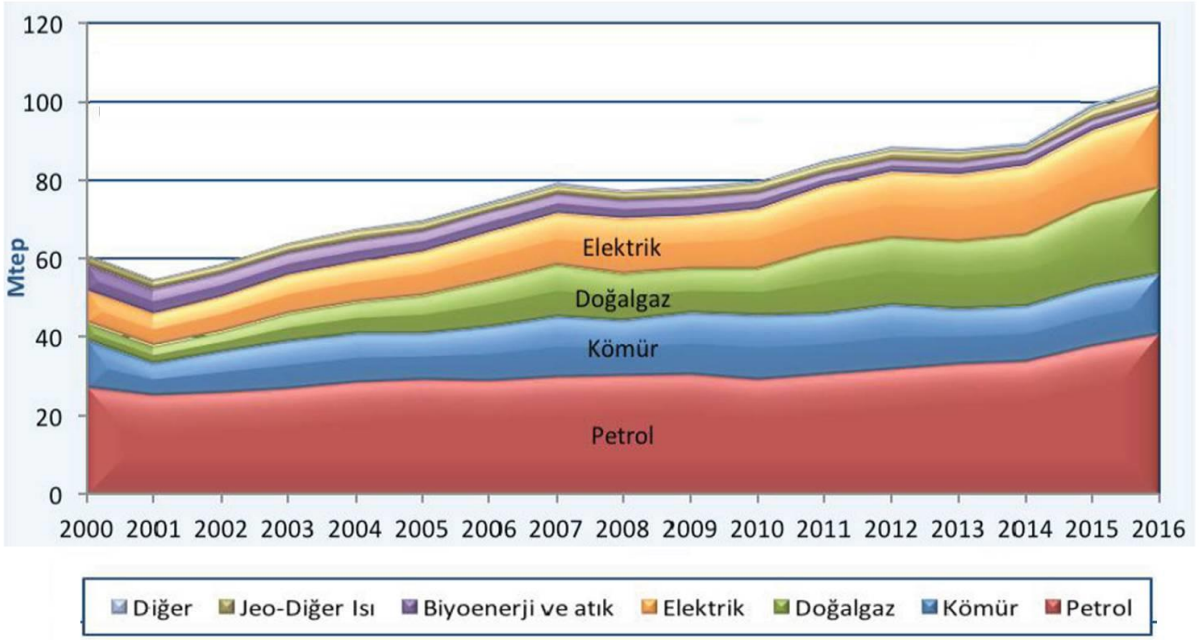
Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal ısı, biyoyakıt) ise toplam arz içerisinde fazla paya sahip olmamasına karşın, 2000-2017 döneminde yıllık bazda yaklaşık %15 oranında artış göstererek kaynak bazında en hızlı artışı gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları Şekil 2.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 11. Türkiye'nin kaynak bazında birincil enerji tüketimlerinin payları (EİGM 2018)

### 2.3.2. Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketimi

Türkiye'nin enerji çevrim sektörü ile elde ettiği enerjinin birincil enerji tüketiminden çıkarılması ile bulunan nihai enerji tüketimi geçmişten günümüze büyük bir artış göstermiştir. 2000 ile 2017 yılları arasında Türkiye'nin kaynak bazında nihai enerji tüketimi Şekil 2.12.'de görülmektedir.



**Şekil 2. 12.** Türkiye’de kaynak bazında nihai enerji tüketimi (EİGM 2018)

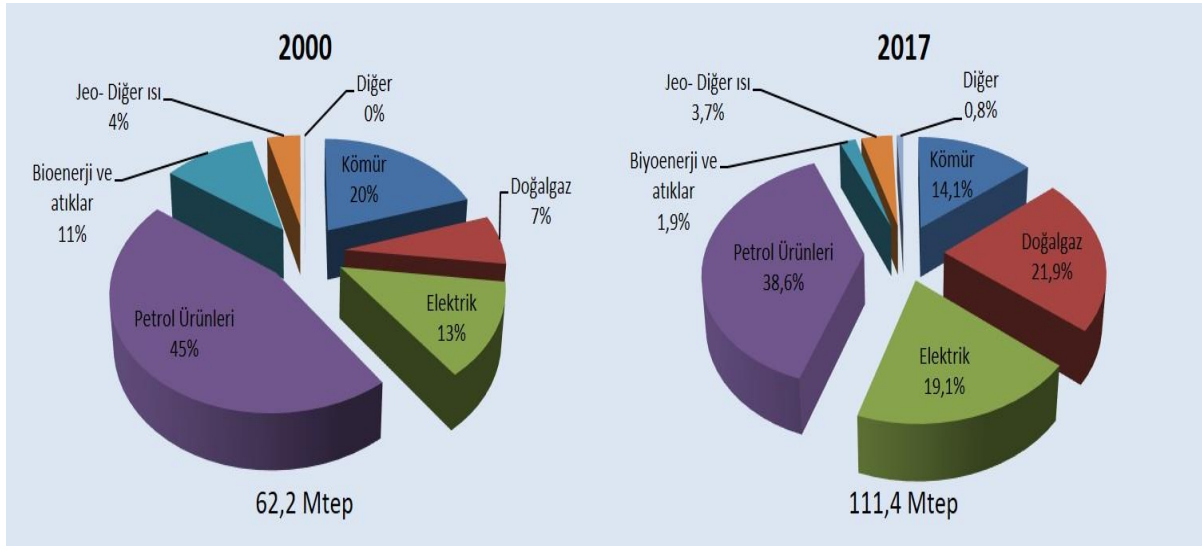
Ülkemizin 2017 yılı toplam nihai enerji tüketimi 111,4 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2000-2008 döneminde toplam nihai enerji tüketimi yılda ortalama %3 oranında artış gösterirken, 2008-2017 döneminde ise daha hızlı bir artış sergileyerek yılda ortalama %4’lik bir artış kaydedilmiştir. 17 yıllık döneme bakıldığında ise ortalama artış hızı %3,5 olarak gerçekleşmiştir.

2000-2017 dönemi Türkiye’nin toplam nihai enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde; petrol, kömür, doğalgaz ve elektrik kaynaklarının ön plana çıktığı görülmektedir. Bu dört kaynağın 2000 yılında toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki payları %85 iken 2017 yılına gelindiğinde bu oran %93,7’e kadar yükselmiştir. Bu oranın artmasında özellikle doğalgaz ve elektriğin önemli payı vardır. 17 yıllık dönemde doğalgaz tüketimi yıllık bazda ortalama %10,8’lik artış ile toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki en hızlı artışı gerçekleştirmiştir.

Elektrik tüketimi ise aynı dönem için yıllık bazda ortalama %5,7 oranında artış göstermiştir. Bu sayede doğalgazın 2000 yılında %7 olan payı 2017 yılında %21,9’a, elektrik tüketiminin payı ise %13’ ten %19,1’e çıkmıştır. Petrol ve kömür tüketimi ise artış göstermiş olmasına rağmen toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki payları azalmıştır. Kömürün 2000 yılında %20 olan payı 2017 yılına gelindiğinde %14,1’e, petrolün payı ise %45’ten %38,6’ya gerilemiş durumdadır.



Türkiye'nin 2000 ve 2017 yılları arası kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.13.' de gösterilmiştir.

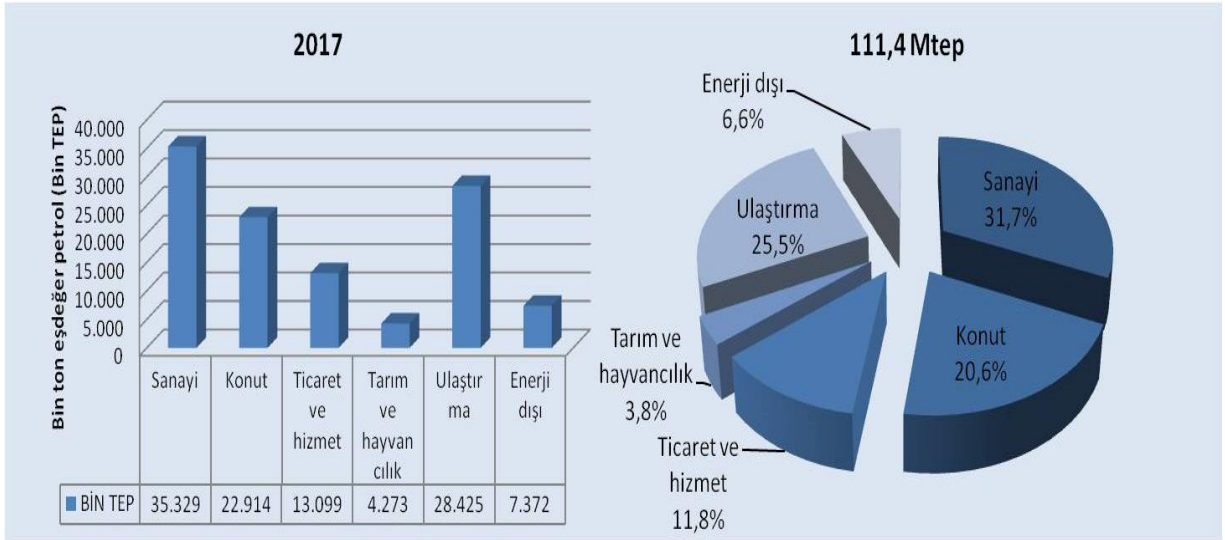


Şekil 2. 13. Türkiye’de kaynak bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı (EİGM 2018)

### 2.3.2.1. Türkiye'nin Sektörel Bazda Nihai Enerji Tüketimi

Türkiye'nin nihai enerji tüketimi sektörel olarak incelendiğinde sırasıyla sanayi, ulaştırma, konut, ticaret ve hizmet sektörleri enerji tüketiminin yaklaşık %90'lık kısmını oluşturmaktadır. Türkiye’de en fazla enerji sanayi ve ulaştırma sektörlerinde tüketilmektedir. Ülkemizde konut sektörü ve ticaret ve hizmet sektörlerindeki enerji tüketimi toplamda önemli bir orana sahiptir. 2017 yılında konutlardaki nihai enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin %20,6’sını oluştururken, ticaret ve hizmet sektörlerindeki nihai enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin %11,8’ini oluşturmuştur.

Türkiye'nin sektör bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.14.' de gösterilmiştir.

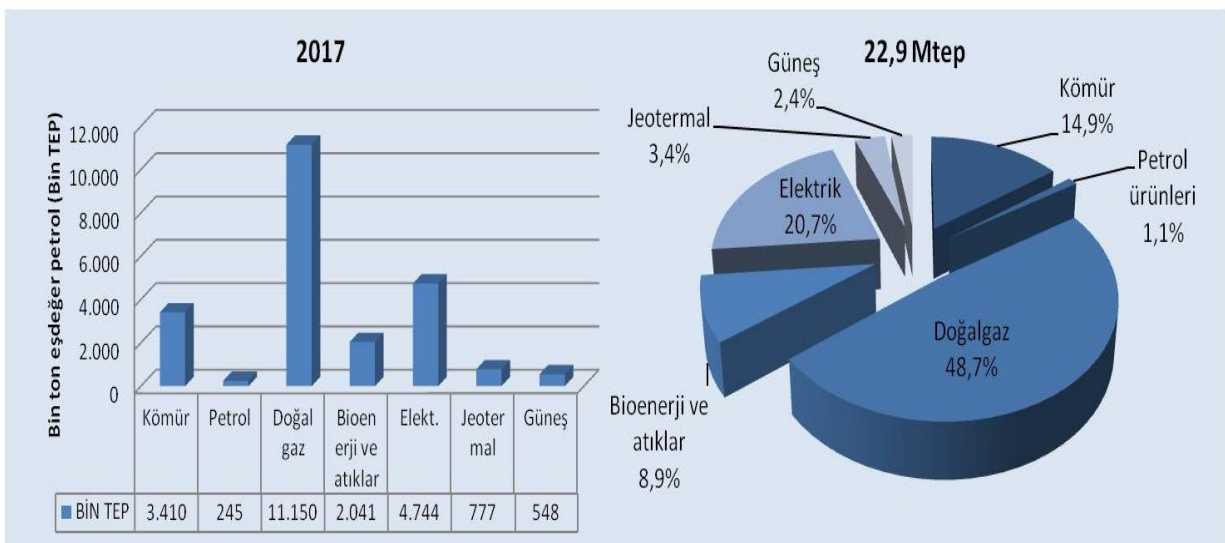


**Şekil 2. 14.** Türkiye’de sektör bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı (EİGM 2018)

### 2.3.2.2. Türkiye’de Konut Sektörü Bazında Toplam Nihai Enerji Tüketimi

Türkiye’nin 2017 yılı konut sektörü nihai enerji tüketimi 22,9 Mtep olup, nihai enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde sırasıyla doğalgaz, elektrik ve kömür kaynaklarının ön plana çıktığı görülmektedir. Doğalgaz tüketimi konut sektöründeki toplam nihai enerji tüketiminin hemen hemen %50 sini oluştururken elektrik tüketimi ise %20,7 ile konut sektörü nihai enerji tüketiminde ikinci sırada yer almaktadır.

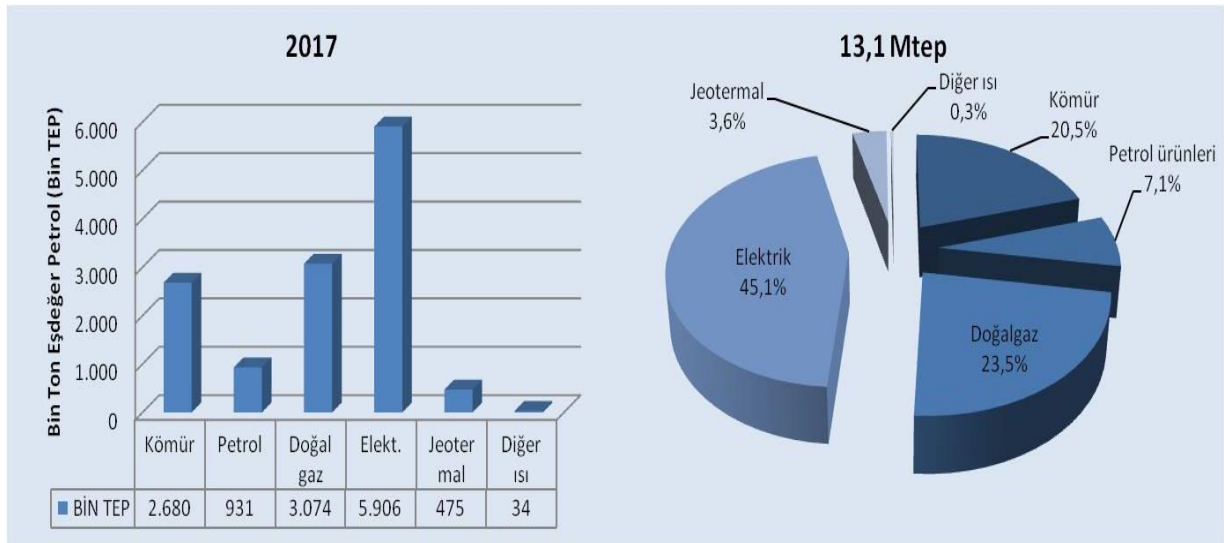
Türkiye’de konut sektörü bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.15.’de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 15.** Türkiye’de konut sektörü bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı (EİGM 2018)

### 2.3.2.3. Türkiye’de Ticaret ve Hizmet Sektörü Bazında Toplam Nihai Enerji Tüketimi

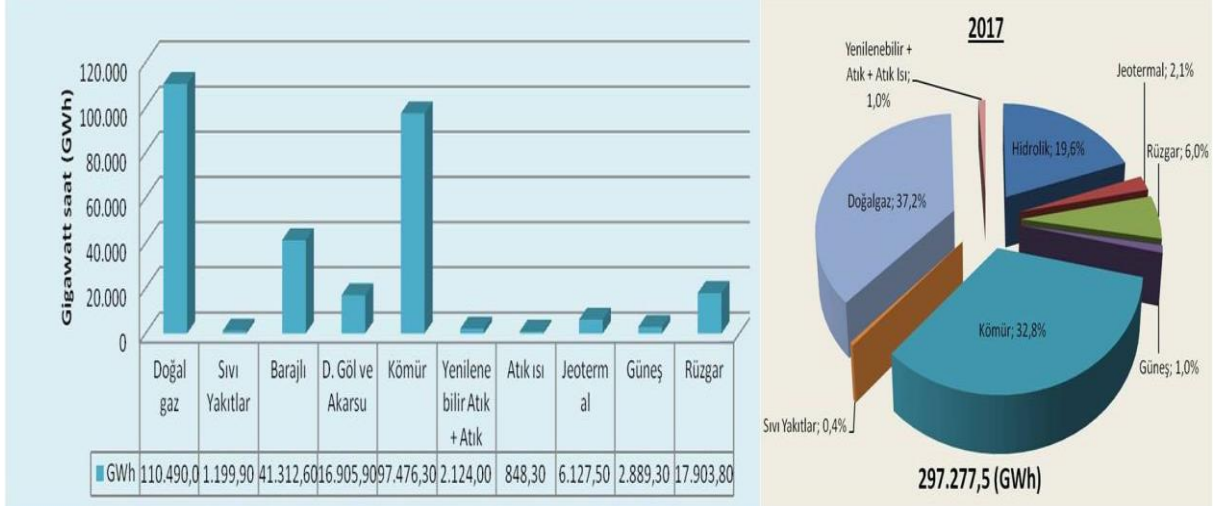
Türkiye’nin 2017 yılı ticaret ve hizmet sektörü nihai enerji tüketimi 13,1 Mtep olup, nihai enerji tüketimi kaynak bazında incelendiğinde sırasıyla elektrik, doğalgaz ve kömür kaynaklarının ön plana çıktığı görülmektedir. Elektrik tüketimi ticaret ve hizmet sektöründeki toplam nihai enerji tüketiminin %45,1’ini oluştururken doğalgaz tüketimi ise %23,5 ile ticaret ve hizmet sektörü nihai enerji tüketiminde ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de ticaret ve hizmet sektörü bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı Şekil 2.16.’da gösterilmiştir.



Şekil 2. 16. Türkiye’de ticaret ve hizmet sektörü bazında nihai enerji tüketiminin dağılımı (EİGM 2018)

### 2.3.3. Türkiye’nin Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye Elektrik İletişim A.Ş. 2017 yılı istatistiklerine göre (TEİAŞ 2018) ülkemizde, elektrik üretimi için en çok tercih edilen enerji çeşidinin doğalgaz olduğu görülmektedir. Doğalgaz, yurtdışından ithal edilen fosil bir yakıttır. Bunu azaltmak, sera gazı salınımını azaltmanın yanı sıra, ülke ekonomisi açısından da büyük önem taşımaktadır. 2017 yılı itibari ile Türkiye genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları Şekil 2.17.’de gösterilmiştir

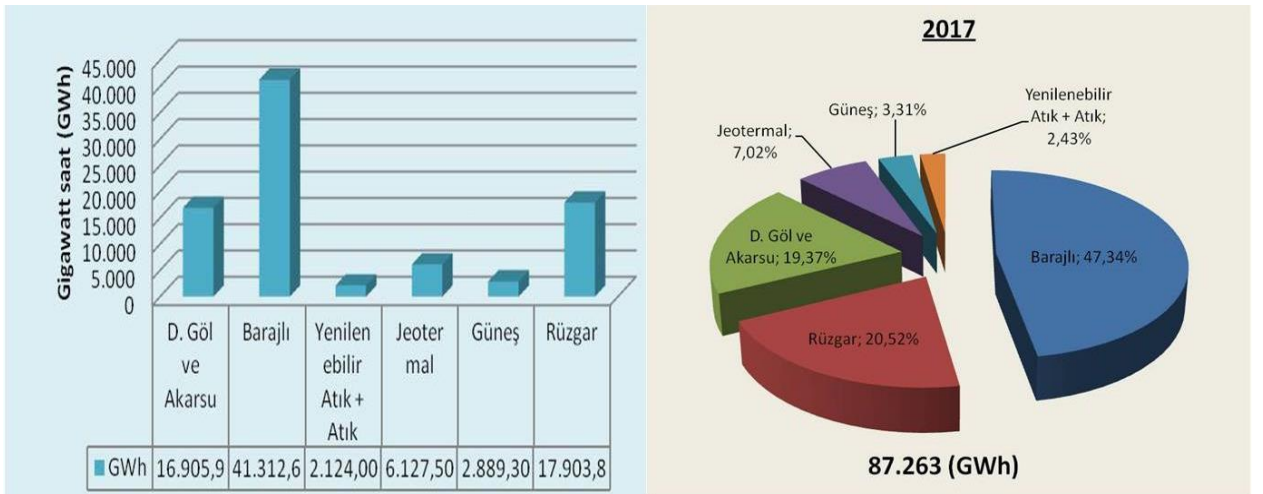


Şekil 2. 17. Türkiye genelinde kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları (TEİAŞ 2018)

Ülkemizin 2017 yılı toplam elektrik enerji üretimi GigaWatt saat cinsinden 297277,5 GWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin 2017 yılı elektrik enerji üretimi kaynak bazında incelendiğinde özellikle doğalgaz ve kömür kaynaklarının ön plana çıktığı görülmekte olup bu iki kaynağın 2017 yılı elektrik enerji üretimi içerisindeki payları toplamı yaklaşık %70'tir.

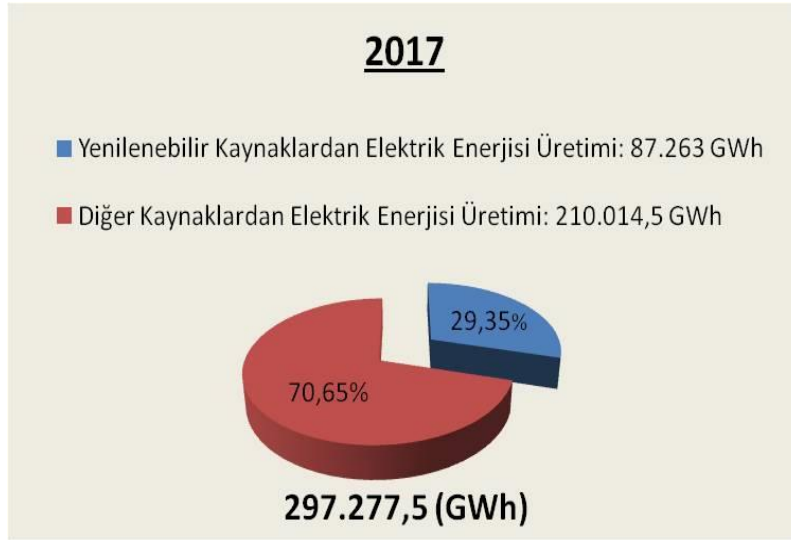
### 2.3.3.1. Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi

Günümüzde enerji, devletlerin bir numaralı önceliği olmuştur. Sebep oldukları olumsuzluklarla beraber fosil kaynakların tükenme riski, büyük krizlere yol açabilecektir. Bunu engellemek adına, yenilenebilir enerjiye yönelmek ve enerji verimliliğini arttırmak gerekmektedir. Türkiye'de 2017 yılında yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretim oranları Şekil 2.18'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 18. Türkiye'de 2017'de yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretim oranları (TEİAŞ 2018)

Türkiye’de son zamanlarda yenilenebilir kaynaklarla ilgili yatırımlar artmış olsa da, istenilen seviyeye henüz ulaşamamıştır. Ülkemizin 2017 yılı yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerji üretimi GigaWatt saat cinsinden 87263 GWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’nin 2017 yılı toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin oranı Şekil 2.19.’da gösterilmiştir.



**Şekil 2. 19.** Türkiye’nin 2017 yılı yenilenebilir kaynaklardan ve diğer kaynaklardan ürettiği elektriğin miktarı ve oranı.

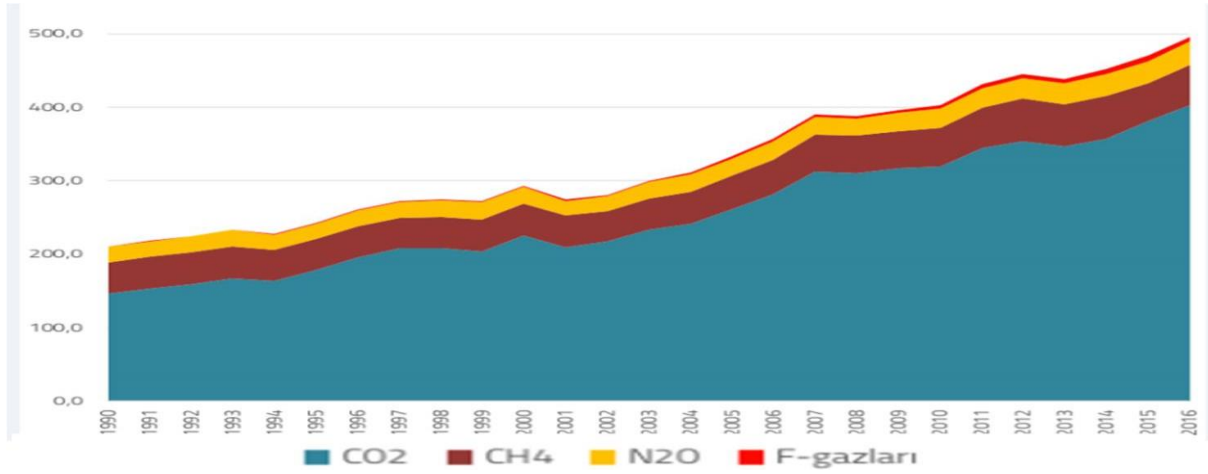
Avrupa’da ve Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı karşılaştırıldığında, Avrupa ülkelerinin önde olduğu görülmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmanın en önemli avantajları; enerjiyi en temiz şekilde elde etmek ve rüzgar, güneş gibi kaynakları sınırsız olarak kullanabilmektir.

#### **2.3.4. Türkiye’nin Enerji Kaynaklı Karbon Ayakizi**

Türkiye’de sera gazları emisyonları yıllar geçtikçe önemli oranda artmaktadır. Türkiye 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını, referans senaryo düzeyinden en az %21 azaltacağına dair taahhüdünü 2015 yılında açıklamıştır. (OECD 2019).

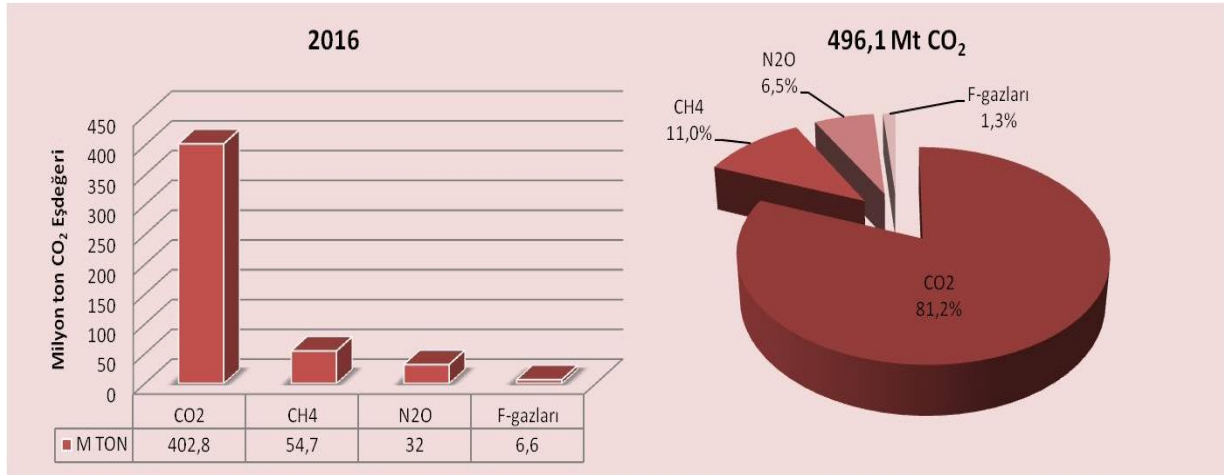
TÜİK verilerine göre (TÜİK 2018), Türkiye’de kişi başına düşen sera gazı emisyonu 1990 yılında 3,8 ton/kişi iken, bu değer 2016 yılında 6,3 ton/kişi olarak hesaplanmıştır. 2016 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %135,4 artış göstererek 496,1 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri’ne (ormancılık, diğer arazi kullanımı ve yutaklar etkisi hariç) yükselmiştir.

TÜİK verilerine göre, 1990 ile 2016 yılları arasında Türkiye sera gazı emisyonları milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden Şekil 2.20.' de gösterilmiştir.



Şekil 2. 20. Türkiye sera gazı emisyonları (TÜİK 2018)

Türkiye'nin 2016 yılı sera gazı salınımları içerisinde %81,2 ile en büyük pay Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazına ait iken, Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazını sırasıyla %11'lik pay ile metan (CH<sub>4</sub>), %6,5'lik pay ile diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve %1,3'lük pay ile F-gazları takip etmektedir. 21 Türkiye'de cinslerine göre salınımı yapılan sera gazlarının dağılımı ve oranı Şekil 2.21.' de gösterilmiştir.

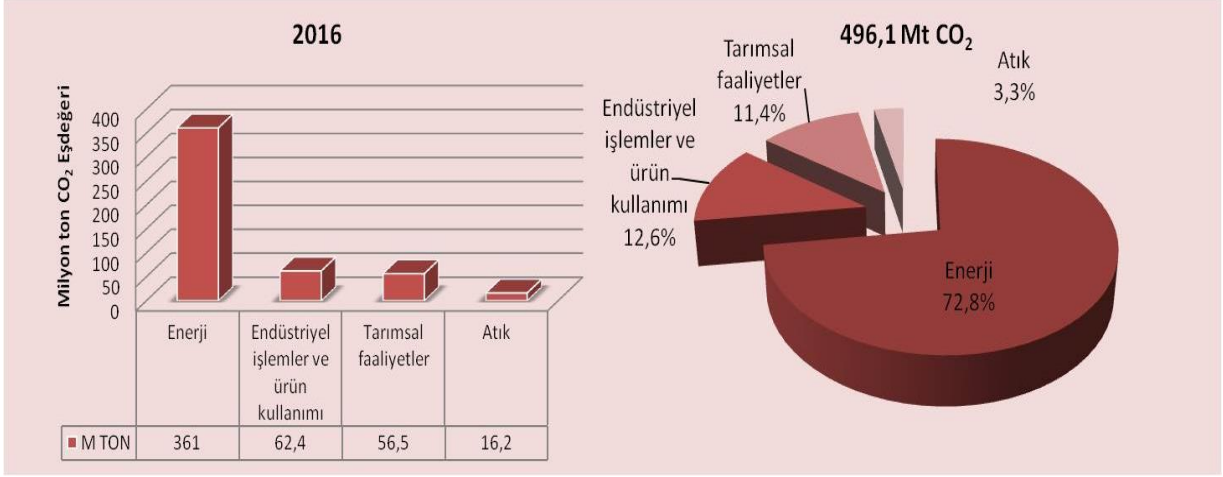


Şekil 2. 21. Türkiye'nin cinslerine göre sera gazlarının dağılımı ve oranı (TÜİK 2018)

TÜİK verilerine göre, sektör bazında Türkiye'nin 2016 yılı sera gazları salınımlarında ilk sırayı %72,8'lik pay oranı ile enerji sektörü almaktadır. Enerji sektörünü %12,6'lık pay oranı ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörü izlemektedir. Toplam sera gazı emisyonu

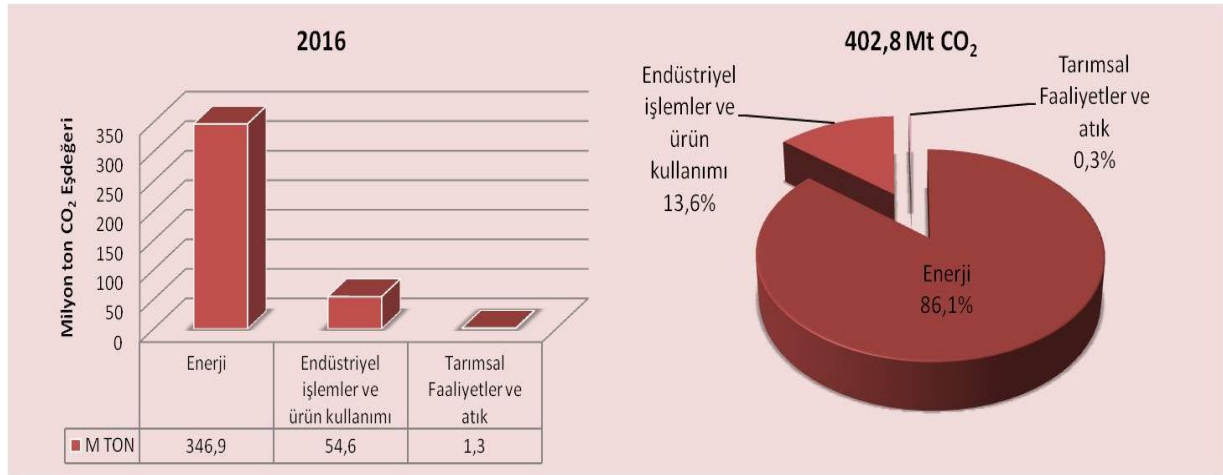


miktarında tarımsal faaliyetler %11,4'lük paya sahip iken atık sektörü %3,3'lük pay oranı ile son sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2016 yılı sektör bazında sera gazı Emisyon miktarı ve pay oranı (Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri) dağılımı Şekil 2.22.' de gösterilmiştir.



Şekil 2. 22. Türkiye'nin sektörlere göre sera gazı emisyonu miktarı ve oranı (TÜİK 2018)

TÜİK verilerine göre; Türkiye'nin sera gazları salınımı içerisinde %81,2 lik pay oranı ile en çok yer kaplayan CO<sub>2</sub> gazının 2016 yılı salınım miktarı; 402,8 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeridir. Sera gazları salınımında olduğu gibi Türkiye'nin 2016 yılı CO<sub>2</sub> gazı salınımında ilk sırayı yine %86,2'lik pay oranı ile enerji sektörü almaktadır. Enerji sektörünü %13,6'lık pay oranı ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektörü izlemektedir. Toplam sera gazı emisyonu miktarında tarımsal faaliyetler ve atık sektörü ise %0,3'lük pay oranı ile son sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2016 yılı sektör bazında CO<sub>2</sub> gazı emisyon miktarı ve pay oranı (Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri) dağılımı Şekil 2.23.' de gösterilmiştir.



Şekil 2. 23. Türkiye'nin sektörlere göre CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı ve oranı (TÜİK 2018)

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD)'nin Türkiye Çevresel Performans İncelemesi Raporunda; Türkiye'nin sera gazı emisyon azaltımının bir kısmının güneş ve rüzgar enerjisi üretme kapasitesini arttırıp geniş hidroelektrik ve jeotermal kaynaklardan yararlanarak başta "enerji" sektörü olmak üzere önemli yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesiyle karşılaşmayı planlandığı bilgilerine yer verilmiştir (OECD 2019).

Türkiye'de 2017 yılı verilerine göre konut sektöründe 22,9 milyon TEP, ticaret ve hizmet sektöründe 13,1 milyon TEP olan enerji üretiminin 2020 yılında 47,5 milyon TEP'e ulaşacağı tahmin edilmektedir, bu da CO<sub>2</sub> emisyonunun artacağını göstermektedir. Binalar, ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ve önemli boyutta enerji tüketen ürünler olması ve çok geniş ürün ve hizmet aralığını kapsamaması nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması ve iklim değişikliğine yönelik politika ve programlarda öncelikli çalışma alanı olarak değerlendirilmektedir. AB ve tüm gelişmiş ülkelerde iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik eylemlerin başında binalarda enerji verimliliğinin artırılması gelmektedir (Keskin 2010).

2017 yılı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; enerji denge tablosuna göre (EİGM 2018), ülkemizin toplam enerji tüketiminin 35 Mtep'lük kısmı konut, ticaret ve hizmet binalardan oluşan bina sektöründen kaynaklanmaktadır. 2000-2017 yılları arasındaki 17 yıllık dönemde bina sektörünün tükettiği enerji yaklaşık % 75 oranında artmıştır. Bu artış oranının temel nedenleri, artan nüfus, şehirleşme, konut ve ticari bina sayıları olarak sıralanabilir.

En önemli enerji çeşitlerinden biri olan elektrik enerjisi tüketiminde ise bina sektörünün toplam tüketimdeki payı yaklaşık % 50'dir. Buna ek olarak, en önemli sera gazı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salınımlarının yaklaşık % 20'si konutlardan kaynaklanmaktadır. Konut binaları için enerji tasarruf potansiyeli %46 iken, ticari binalar için enerji tasarruf potansiyeli % 20'dir (Acuner 2014).

#### **2.4. Enerji Verimliliği**

Enerji verimliliği, yaşam standardından, enerjinin kalitesi ve performansından taviz vermeden, teknolojik cihazlardan da faydalanarak enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Diğer bir ifade ile enerji verimliliği; enerji maliyetlerinin ekonomiye olan yükünün hafifletilmesi, enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan ve bunları yatay kesen bir alandır. Sürdürülebilir kalkınmanın giderek önem kazanması enerji verimliliğine yönelik çabaların değerini de artırmaktadır. Bu durum, bütün



lkeleri enerji verimliliğine yönelmiş ve bu konudaki kararlı adımları hızlandırmıştır. Enerjiyi verimli kullanabilmek için; üretim, dağıtım ve tüketim aşamalarında kayıpları mümkün oldukça aza indirmek gereklidir (EİGM 2018-a).

Enerji sektöründe, verimlilik ve tasarruf kavramları genellikle birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla, kullanıcılar tarafından alınan önlemler sonucunda harcanan enerji miktarında sağlanan azalmadır. Diğer yandan enerji verimliliği, üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden teknoloji iyileştirme/yenileme yoluyla enerji tasarrufu sağlanmasıdır (Acuner 2014).

Enerji verimliliği, enerjinin üretimi ve iletiminde etkinliğin yanında enerjinin kullanımının da etkinliğini kapsamaktadır. Daha az maliyet ile ve daha az birincil kaynak kullanarak daha çok enerji elde etme yönünde çalışmalar yapılırken, aynı miktar enerjiyle daha çok iş yapılması veya aynı için daha az enerji kullanarak yapılması yönünde de çalışmalar yapılmaktadır. Enerji verimliliği kavramı, yenilenebilir enerji ile birlikte son yıllarda en çok duyulmaya başlanan kavramlar olmaya başlamıştır. Artan enerji talebine ve küresel ısınmaya paralel olarak verimlilik çözümleri ve yenilenebilir enerji çalışmaları önemli bir artış kaydetmiştir. Enerjinin üretiminin büyük mali giderlere neden olduğu dünyamızda, verimlilik çözümleri sağlayan ülkeler, ekonomik olarak da bir adım ne çıkacaktır.

Enerji verimliliğinin amacı yaşam standartlarını düşürmeden ve yaşam kalitesini arttırarak, kullanıcı konforunu koruyarak enerji harcamalarını aşağıya çekmek, fosil yakıt kullanımını azaltarak yenilenebilir enerji teknolojilerine yönlendirerek, enerji tüketiminin azaltılmasını sağlamaktır. Gerek ekipmanlar ve aydınlatma gerekse uygun iklimlendirme veya yenilenebilir enerji kullanımını ile binaları enerji verimli hale getirmek mümkündür.

#### **2.4.1. Enerji Verimliliğine Yönelik Politika ve Stratejiler**

Günümüzde nüfus artışı, gelişen teknoloji ve yaşam standartları ile beraber enerji tüketiminde önemli artışlar yaşanmaktadır. Talep edilen ve üretilen enerji miktarı, ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların tükenmesi ve bu yakıtların evre için yarattığı problemler de yeni kaynak arayışlarına zemin hazırlamaktadır.

lkeler, artan enerji talebini karşılayabilmek için çeşitli stratejiler geliştirmektedir. Çoğu lke, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve enerjinin verimli bir

şekilde kullanılmasını sağlamak için politika ve stratejiler geliştirerek çeşitli direktif ve yönetmelikler çıkarılmıştır.

#### **2.4.1.1. AB' de Yasal Durum**

AB orta vadede, 2020 yılı için 1990 baz yılına göre aşağıdaki enerji ve iklim-değişikliği hedeflerine ulaşmayı amaçlamaktadır:

- Sera gazı salımlarını % 20 azaltmak,
- Toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payını % 20'ye çıkarmak,
- Enerji verimliliğini % 20 arttırmak.

2020'de enerji verimliliği hedefine ulaşmak için AB, bina ve ulaşım sektörünü öncelikli olarak tanımlamaktadır ve aşağıdaki önlemleri öncelikli olarak sıralamıştır.

- Mevcut binalarda iyileştirme uygulamalarını arttırmak,
- Kamu ihaleleri için enerji verimliliği ile ilgili kriterleri tanımlamak,
- Enerji verimli projelerin yaygınlaştırılmasını hedefleyen mali programlar geliştirmek,
- Ulaşımın her bir alt sektöründe enerji verimliliği uygulamalarını yaygınlaştırmak.

AB uzun vadede ise 2050 yılı için, rekabetçi düşük-karbon ekonomisine doğru ilerleme yol haritasında konutlardan kaynaklanan CO<sub>2</sub> salınımlarının 1990 yılına göre % 90 oranında azaltılmasını planlamaktadır (Acuner 2014).

AB'de binalarda enerji verimliliği ile ilgili çeşitli politika ve stratejiler geliştirilmiş Enerji Verimliliği Direktifi başta olmak üzere yasal düzenlemeler yapılmıştır.

Bunlar;

- Enerji Verimliliği Direktifi – Energy Efficiency Directive (2012)
- Enerji Verimliliği Eylem Planı – Energy Efficiency Plan (2011)
- Enerji Verimliliği Finansmanı – Financing Energy Efficiency
- Akıllı Enerji Avrupa – Intelligent Energy Europe (2007-2013)
- ELENA – ELENA Facility (2009)
- Avrupa Enerji Verimliliği Fonu – European Energy Efficiency Fund (EEEF) (2011)
- Horizon 2020 (2014-2020)

şeklindedir (Acuner 2014).

#### 2.4.1.2. Türkiye’ de Yasal Durum

Türkiye’de enerji verimliliği politikaları ve önlemleri temelde 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe konan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’na dayanmaktadır. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nun temel amacı enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması olarak belirlenmiştir (EVK 2007).

Türkiye’de bina sektörü ve enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemeler aşağıda sıralanmaktadır (Acuner 2014).

- Enerji Verimliliği Kanunu (2007)
- Enerji ve Enerji Kaynaklarının Verimli Kullanılması Yönetmeliği (2008, 2010)
- Enerji Verimliliği Stratejisi 2012-2023 (2012)
- Bina sektörü

Yönetmelikler »

- Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik (2008) »
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2009, 2011)

Tebliğler »

- Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ (2010) »
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği Kapsamında, Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarına, Eğitici Kuruluş ve Eğiticilere Verilecek Eğitimlere Dair Tebliğ (2010)

Ayrıca Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili olarak 2010-2023 yılları arasını kapsayan Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi kapsamında ise bina, sanayi, ulaştırma ve enerji sektörlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve sera gazı salınımlarının azaltılması hedeflenmiştir.

2012-2023 yılları arasını kapsayan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile de sonuç odaklı hedeflerle desteklenmiş bir politika seti belirlenmesi ve hedeflere ulaşmak için yapılması gereken eylemler planlanmıştır.

2014-2018 dönemini kapsayan Onuncu Kalkınma Planı'nın, (1.14) numaralı "Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı" doğrultusunda Plan döneminde alınacak enerji verimliliği önlemleri belirlenmiştir (EiGM 2018-a).

2017-2023 yılları arasında uygulanacak Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir. 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması öngörülmektedir. 2017 fiyatları ile 2033 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf 30,2 milyar ABD Doları olup bazı tasarrufların etkisi 2040 yılına kadar devam edecektir. Eylemlerin geri ödeme süresi ortalama 7 yıldır. Türkiye'de yatırımların ve elde edilmesi öngörülen tasarrufların yıllara göre değişimi Çizelge 2.4.' de gösterilmiştir.

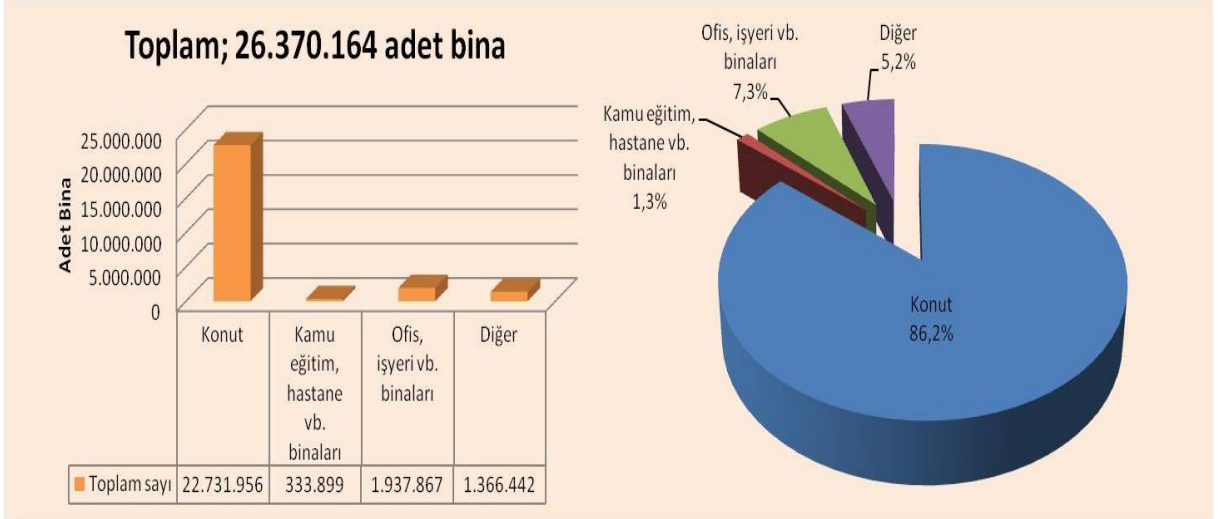
**Çizelge 2. 4.** Türkiye'de yatırımların ve elde edilmesi öngörülen tasarrufların yıllara göre değişimi (EiGM 2018-a)

<b>İhtiyaç Duyulan Toplam Yatırım Tutarı (Milyon ABD Doları)</b>													
2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
958		1.279		1.593		1.681		1.748		1.824		1.846	
<b>Enerji Tasarrufu</b>													
2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
kTEP	M\$	kTEP	M\$	kTEP	M\$	kTEP	M\$	kTEP	M\$	kTEP	M\$	kTEP	M\$
577	202	1.630	571	2.493	872	3.378	1.182	4.298	1.504	5.264	1.842	6.261	2.191

#### 2.4.2. Türkiye Bina Stokunun Yapısı ve Binalarda Enerji Verimliliği

Ülkemizde nüfus artışı ve göç nedeniyle konut ihtiyacının plansız şekilde karşılanmasını esas alan bir yapılaşma politikası izlenmiştir. Bina üretimleri ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması yaklaşımı ile yapılmış, binaların kullanım ömürleri boyunca enerji ve bakım maliyetleri dikkate alınmamıştır. Geleneksel olarak daha çok kırsal kesimde ısınma amacıyla kullanılan bitki hayvan artıkları yavaş yavaş yerini doğalgaz ve kömüre bırakmaktadır. Binalar sektöründe ısınma doğalgaz ile sağlanırken, elektrik; soğutma ve elektrikli cihazlarda, aydınlatma ve diğer hizmetlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle ısıtma ve soğutma amaçlı enerji giderleri, ticari binaların ve kamu kurumlarının işletme giderlerinde ve ailelerin bütçesinde her geçen gün artan enerji fiyatları ile bir yük oluşturmaktadır.

Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü Ulusal Adres Veri Tabanı İstatistiklerine göre (NVİGM 2018) Türkiye’de 26,4 milyon adet bina bulunmakta olup bu miktarın %86,2’sini konut nitelikli binalar oluşturmaktadır. Ofis, işyeri vb. binaların oranı % 7,3 iken kamu eğitim, hastane vb. binaların oranı %1,3’tür. Türkiye’nin bina stokuna her yıl 100.000’den fazla yeni bina eklenmektedir. Türkiye’nin niteliğine göre bina sayısı ve oranı Şekil 2.24.’ de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 24.** Türkiye’nin niteliğine göre bina sayısı ve oranı (NVİGM 2018)

Söz konusu istatistiklerden görüldüğü üzere Türkiye’nin hızla büyüyen ve dönüşen yapı stoku bulunmaktadır. Bu kapsamda, hem yeni yapılacak binaların daha verimli olması hem de mevcut binaların iyileştirilmesi ile önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Ayrıca bina ve hizmetler sektörü, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ve yerinde üretim alanlarında da önemli bir potansiyel barındırmaktadır.

Ülkemizde üretilen ve ithal edilen elektrik enerjisinin hemen hemen yarısını binalar tüketmektedir. Bina sektöründe yaklaşık olarak %20-30 seviyesinde bir enerji tasarrufu potansiyeli bulunduğundan binalarda yapılacak enerji tasarrufu çok büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda; 2002 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Bina Enerji Performansı Direktifi doğrultusunda, binalardaki ısı enerji kayıplarını düzenlemek üzere 5 Aralık 2008’de yayınlanan, 5 Aralık 2009’de yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği getirdiği yeni düzenlemelerle binalarda enerji verimliliğinin artırılması için ciddi bir adım oluşturmaktadır.

#### **2.4.2.1. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması**

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca hazırlanan "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" ile binaların birincil enerji ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu açısından sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, çevrenin korunmasının düzenlenmesi hedeflenmektedir. Yönetmeliğin hazırlanmasında AB'nin 2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansı Direktif" baz alınmıştır. 2008 yılı içerisinde hazırlanan iki temel yönetmelik (BEP ve MISSIGP) AB Direktifi Sertifikasyon uygulamasının da önemli aşamalarını oluşturmaktadır (ÇŞB 2014).

BEP Yönetmeliğinin amacı; dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, yerel şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) 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 düzenlemektir (ÇŞB 2014).

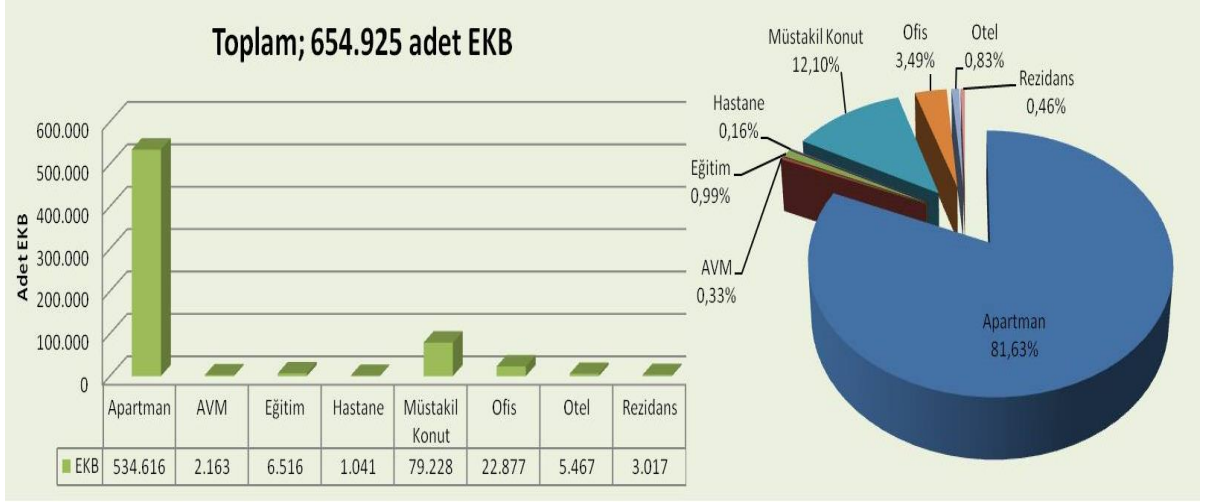
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile mevcut ve yeni yapılacak binalarda Enerji kimlik belgesi (EKB) düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Enerji Kimlik Belgesi (EKB); binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin azaltılması ve çevrenin korunmasını sağlamak için, asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belge olarak tanımlanmaktadır. Bu belgeye göre, tüketim değerleri ve emisyon değerleri incelenerek bina için A sınıfı ile G sınıfı arasında bir kimlik tanımlanmaktadır. A sınıfı, en verimli bina çeşidi olurken G sınıfı en düşük verimin elde edildiği bina tipi olarak değerlendirilmektedir (ÇŞB 2014). Enerji Kimlik Belgesi Şekil 2.25' de gösterilmiştir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ			
Belge No : Bina tipi : İnşaat yılı : Kapalı Kullanma alanı : Ada, Parsel Adres :		Tarih : Belgeyi Düzenleyen Oda Sicil No : Belgenin Son Geçerlilik Tarihi : İmza :	
MÜLK SAHİBİ: İsim: Adres:		MÜŞTEREK TAAHÜTLERİN SAHİBİ (gerekliyse): İsim: Adres:	
<b>Enerji tipine göre yıllık tüketimler</b>			
		Nihai Enerji tüketimleri	Birincil Enerji tüketimleri
Enerji Kullanım Alanı		kWsaat	kWsaat
Isıtma :			
Sıhhi sıcak su :			
Soğutma :			
Aydınlatma :			
TOPLAM :			
Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak)		Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları	
Nihai tüketim: .....kWsaat/ m <sup>2</sup> .yıl		Emisyon salımı: .....kg <sub>esd</sub> CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> .yıl	
<b>Tasarruflu Bina</b>  <b>Enerji Tüketimi Yüksek Bina</b>	Bina	<b>SEG Emisyonu Düşük Bina</b>  <b>SEG Emisyonu Yüksek Bina</b>	Bina

Şekil 2. 25. Enerji Kimlik Belgesi

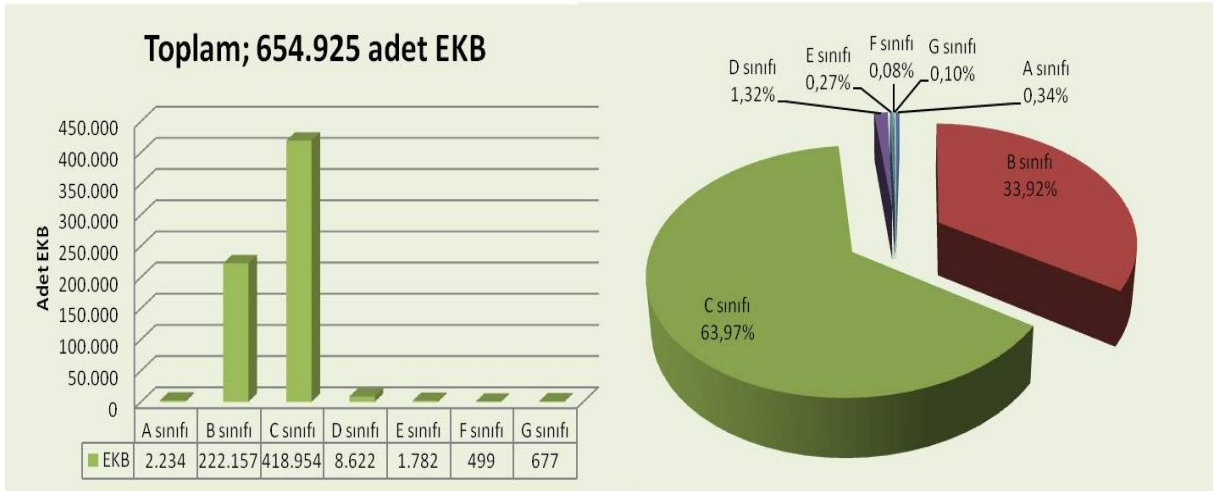
Avrupa Birliğinin 2010/31/EU direktifinde de öngörüldüğü gibi ülkemizde de Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi uygulaması ile beraber yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanılmasının artırılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda Enerji Kimlik Belgesinde binanın ne kadar yenilenebilir enerji kaynağı kullandığı gösterilmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre bugüne kadar verilen Enerji Kimlik Belgesi 654.925 adettir. Bina tiplerine göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı Şekil 2.26.' da gösterilmiştir.



**Şekil 2. 26.** Bina tiplerine göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı (ÇŞB 2014)

Yeni yapılacak veya yapılmakta olan binaların enerji kimlik belgesi sınıfı en düşük C sınıfında olacak şekilde tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Mevcut binalar için enerji kimlik belgesi asgari sınıflandırma seviyesi koşulu yoktur. Mevcut binalar hâlihazırdaki ısı yalıtımı, pencerelerin ısı yalıtımı, ısıtma-soğutma ekipmanları verimi, aydınlatma armatürleri verimliliği gibi parametrelerine bağlı olarak A sınıfından G sınıfına kadar her sınıf Enerji Kimlik Belgesi alabilmektedir. Sınıflarına göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı Şekil 2.27.' de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 27.** Sınıflarına göre Enerji Kimlik Belgesi sayısı ve dağılımı (ÇŞB 2014)

Gerekli teşviklerin sağlanması halinde 2023 yılında; en az 10.000.000 konut ile birlikte ticari ve hizmet binalarının tamamında, belirlenmiş standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli sistemlerin bulunması hedeflenmektedir (ÇŞB 2014).



## 2.5. Çevre Dostu Yeşil Binalar

Dünyadaki önlenemez nüfusu artışı, dünyayı ve kaynaklarını taşıma sınırına yaklaştırmaktadır. Tüketim toplumunun bu hızlı nüfus artışı, başta çevre kirliliği olmak üzere, küresel ısınma ve iklim değişikliği, doğal bitki örtüsü ve toprak kaynaklarının bozulması, su kaynakları ve içme suyu azalması, biyo çeşitliliğin tahribi ve ozon tabakasının zarar görmesi gibi büyük sorunları beraberinde getirmektedir. Bu durum insanlığı gelecek nesillere temiz, sağlıklı, yaşanabilir bir çevre bırakmak üzere harekete geçirmiştir (İnanç 2010).

Avrupa Konseyi, Birleşmiş Milletler ve Avrupa Birliği gibi uluslararası ve çok devletli örgüt ve oluşumlar, yaşam döngüsünün devamlılığını temel alan çözüm odaklı yaklaşımlarla birçok zirve ve konferanslar düzenlemiştir. Bu toplantılar ekoloji, yeşil çevre, sürdürülebilirlik gibi kavramların ortaya çıkarıldığı ve farkındalığın artırılması ve olumsuz koşulların etkilerinin önlenmesi ya da minimum düzeye indirilmesi konusunda başarılı çalışmalar olarak kabul görmüştür (Sev 2009).

Yeşil bina terimi ise ilk kez, bilgi teknolojilerinin hızla yayıldığı 80'li yılların başında ABD'de kullanılmıştır. Yeşil binalar literatürde, enerjinin verimli ve minimum düzeyde kullanıldığı, sürdürülebilir binalar, ekolojik binalar, enerji etkin binalar şeklinde de adlandırılmaktadır. Yeşil binalar; yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirilerek, bütüncül bir anlayışla ve sosyal & çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlanan, iklim verilerine ve o yere özgü koşullara uygun, ihtiyacı kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı katılımı teşvik eden, ekosistemlere duyarlı, sürdürülebilir yapılar olarak tanımlanmaktadır (Sur 2012).

Yeşil binalar, doğal kaynakları verimli kullanabilecek şekilde tasarlanan, inşa edilen, yenilenen ve işletilen yapılar olup, içinde yaşayanların sağlığını korumak, çalışanların verimini arttırmak, suyu enerjiyi ve diğer kaynakları daha verimli kullanmak, oluşabilecek olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla inşa edilmektedir (Sarier ve ark. 2012).

Yeşil binaların; karbondioksit salınımını azaltmaları, yenilenebilir enerjinin kullanımını ve geliştirilmesini sağlamaları, doğal ışıktan yararlanılması, enerji tasarrufu sağlamaları, izolasyon sistemleri ile ısıtma soğutma maliyetlerini azaltmaları, binanın değerini arttırmaları, kullanıcılara daha sağlıklı ve verimli bir ortam sunmaları, kentsel yaşam alanlarına değer katmaları gibi çeşitli büyük faydaları mevcuttur.

Yeşil bina terimi daha çok bir etiketleme olarak kullanılmakta olup, özellikle sertifikalandırma sistemleri ile özdeşleşmiş bir terim haline gelmiştir (Çelik 2009). Belli standartlar getirilerek sertifikalanmakta olan çevre dostu yeşil bina konseptinin son yıllarda yaygınlaştığı görülmektedir. Bunun sebebi Avrupa, Amerika ve diğer gelişmiş ülkelerin konuya karşı olan teşvikleridir. Verilen sertifikalarla, binalar adeta bir üst sınıfa taşınmakta, çevreye olan yararlarının yanı sıra kullanıcı ve mal sahipleri için de değerli kira bedelleriyle teşvik edici duruma gelmektedirler.

### **2.5.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemleri**

Bir binanın çevresel performansı ancak bir ölçme sistemi ile belirlenebilir. Yeşil bina sertifika sistemleri olarak ifade edilen bu ölçme sistemleri, bina bazındaki projelerin çevre üzerindeki etkilerini ve doğal kaynakları korumadaki duyarlılıklarını ortaya çıkarmada ölçülebilir bir referans sağlamaya çalışan derecelendirme sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Bulut 2014).

Binaların enerji verimli hale getirilmesiyle büyük oranda enerji tasarrufu sağlandığı bilinmektedir. Bu nedenle binaların enerji performanslarına yönelik tüm dünyada uygulanan birtakım çalışmalar ve buna uygun çıkarılan yönetmelik, standart ve sertifika düzenlemeleri mevcuttur. Çevre dostu yeşil binalar olarak tanımlanan yapılara belli şartları yerine getirdikleri takdirde yeşil bina sertifikaları verilmektedir. Bu sertifikalar her ülkenin kendi şartlarında çıkardığı ancak İngiltere, Amerika, Avustralya, Almanya ve Japonya gibi ülkelerin uyguladıkları sistemlerin tüm dünyada kabul gördüğü, sürekli geliştiği ve yaygınlaştığı bilinmektedir. Her ülke kendi yaptırımlarını öncelikle bulunduğu coğrafi konuma göre belirlemekte ve bazı gelişmiş yaptırımlar ise tüm dünyada uyarlanmakta ve kabul görmektedir (Anonim 2018-b).

Binaların enerji performanslarına yönelik tüm dünyada uygulanan birtakım çalışmalar ve buna uygun çıkarılan yönetmelik, standart ve sertifikalar Dünya Yeşil Bina Konseyi (World Green Building Council- WGBC) tarafından düzenlenmektedir. WGBC dokuz kurucu ülke tarafından 2002 yılında kurulmuş ve üye ülkelerin, büyük oranda kabul ettiği beş metot bulunmaktadır. Bunlar: LEED (Amerika), BREEAM (İngiltere), CASBEE (Japonya), GREEN STAR (Avustralya) ve DGNB (Almanya) dir (Anonim 2018-b).

### 2.5.1.1. Yeşil Binalarda Enerji Verimliliği Ölçme Sistemi: LEED Sertifikası

Binalarda Enerji Verimliliği Ölçme Sistemlerinden en yaygın olarak bilinenlerinden biri ABD çıkışlı LEED sertifikasyon sistemidir. 1998 yılında ortaya çıkan LEED sertifika sistemi, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilmiş bir çevre dostu bina sertifikasyon sistemidir. İngilizce açılımı “Leadership in Energy and Environmental Design” şeklindedir (Anonim 2018-c).

LEED doğal kaynakların kullanımını maksimize etmeyi, yenileyici ve onarıcı stratejileri desteklemeyi, çevreye ve canlı sağlığına zarar veren etkileri en aza indirmeyi ve bina kullanıcıları için kapalı alan kalitesini yükseltmeyi hedefler. LEED, sürdürülebilir arazi, su kullanımında etkinlik, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç hava kalitesi, inovasyon ve tasarım gibi madde başlıklarında puanlama yapmaktadır (Anonim 2018-c). LEED V4 kategorileri ve puanlama ağırlıkları Çizelge 2.5.’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 2. 5.** LEED V4 kategorileri ve puanlama ağırlıkları (Anonim 2018-c)

<b>LEED Kategorileri</b>	<b>Puanlama</b>
<b>Enerji ve Atmosfer</b>	33
<b>Yerleşim ve Ulaşım</b>	16
<b>Sürdürülebilir Araziler</b>	10
<b>Su Verimliliği</b>	11
<b>Malzeme ve Kaynaklar</b>	13
<b>İç Mekan Kalitesi</b>	16
<b>İnovasyon (Tasarımda Yenilik)</b>	6
<b>Bölgesel Öncelik</b>	4
<b>Bütünleşik Süreç Yönetimi</b>	1
<b>Toplam Olası Puan</b>	<b>110</b>

LEED Sertifikasyon sisteminde her kriter için puan kazanılmakta ve yapının belirlenen performans kategorilerinden aldığı puanların toplamı yapının alacağı sertifika düzeyini belirlemektedir. LEED sertifikasyonunda dört kademe sertifika bulunmaktadır.

Tüm kategorilerden tam puan alındığında maksimum 110 puan alınabilir. 40-49 puan aralığı Standart, 50-59 puan aralığı Gümüş, 60-79 puan aralığı Altın ve 80-110 puan aralığı Platin LEED sertifikalarıyla ödüllendirilir (USGBC 2018).

LEED sertifika kademeleri Çizelge 2.28.' de gösterilmiştir.



**Şekil 2. 28.** LEED sertifika kademeleri (USGBC 2018)

Sertifikalar, yeni inşaat ve renovasyon (LEED-NC), mevcut binalar (LEED-EB), binada yaşayanlar için iç tasarım (LEED-CI), evler (LEED-H), mahalle gelişimi (LEED-ND) gibi alanlara uyarlanabilmektedir (USGBC 2018).

Yeşil bina değerlendirme sistemleri kapsamında da enerji ana konulardan biridir. Binanın tasarımı aşamasında, enerji verimliliğini arttırmak amacıyla enerji modellemeleri yapılır. Modellemeden elde edilen sonuçlara göre tasarımda gerekli değişikliklere gidilir. Binanın enerji performansı, enerji modellemesinden çıkan sonuçlara göre alınacak puanlarla belirlenir (Erten 2017).

Enerji performansı ve modellemeleri; LEED kategorilerinden maksimum 33 puanın verildiği Enerji ve Atmosfer kategorisinde değerlendirilmektedir. LEED V4 Enerji ve Atmosfer kategorisi ön şart ve puanlama ağırlıkları Çizelge 2.6.' da gösterilmiştir.

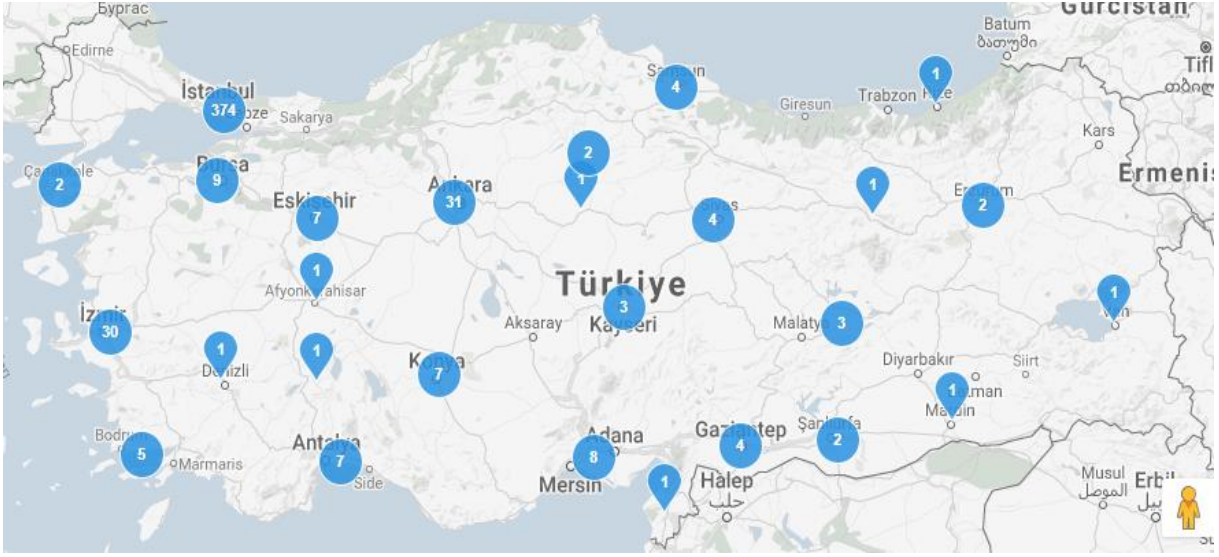
**Çizelge 2. 6.** LEED V4 Enerji ve Atmosfer kategorisi ön şart ve puanlama ağırlıkları (Gürkün 2018).

LEED v4	Puan	
Önşart 1. Temel seviyede bina enerji sistemlerinin testi ve devreye alınması	-	
Önşart 2. Minium enerji performansı	-	
Önşart 3. Bina bazında enerji kontrolü	-	
Önşart 4. Temel seviyede soğutucu akışkan yönetimi	-	
EAc2.Enerji performansının optimize edilmesi	1-18	1-16
Minimum enerji tasarruf maliyet yüzdesi	Yeni İnşaat	Eğitim Binaları
6%	1	1
8%	2	2
10%	3	3
12%	4	4
14%	5	5
16%	6	6
18%	7	7
20%	8	8
22%	9	9
24%	10	10
26%	11	11
29%	12	12
32%	13	13
35%	14	14
38%	15	15
42%	16	16
46%	17	-
50%	18	-
EAc5.Yenilenebilir enerji üretimi		
1%	1	
5%	2	
10%	3	
EAc1. İleri seviyede test ve devreye alma	2-6	
EAc6. İleri seviyede soğutucu akışkan yönetimi	1	
EAc3. İleri seviyede ölçme ve doğrulama	1	
EAc7. Yeşil güç ve karbon dengelemesi	1-2	
EAc4. Talep katılımı	1-2	
Maks Toplam	33	

LEED sertifikası almış mevcut binaların %13 daha düşük bakım maliyeti, %26 daha az elektrik sarfiyatı, %27 daha yüksek bir bina kullanıcısı ve müşteri memnuniyeti, %33 daha düşük karbon emisyonu gerçekleştirilebilmektedir (USGB 2007).

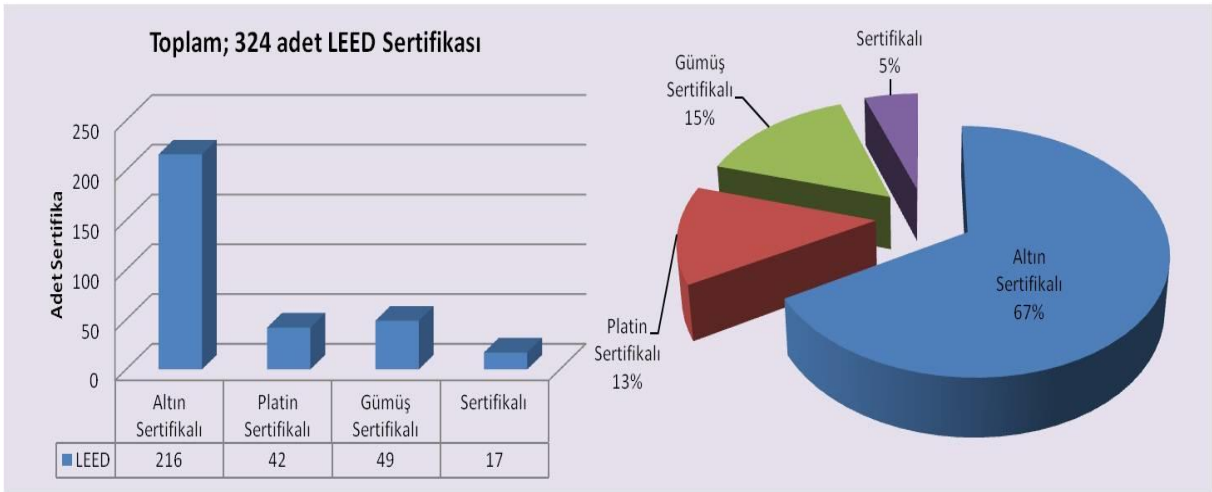
### 2.5.1.2. Ülkemizde LEED Sertifikası

Ülkemizde ilk LEED sertifikasına başvuru 2008 yılında yapılmış ve 2009 yılında 3 proje LEED sertifikası almıştır. Ülkemizde yeşil bina sertifikası alan projeler incelendiğinde, USGBC'nin internet sitesinde yayınladığı verilere göre, LEED sertifikasyon talebinde bulunan toplamda 513 proje olduğu ve bunların sadece 324 tanesi LEED sertifikası almış olduğu belirlenmiştir. Şekil 2.2.'de USGBC internet sitesinden alınan verilere göre, Türkiye'de LEED başvurularının dağılımları gösterilmiştir (Anonim 2018-d).



Şekil 2. 29. Türkiye'de LEED sertifika projelerinin dağılımı (Anonim 2018-d)

Türkiye'de LEED sertifikası almış projelerin derecelerine göre ağırlıkları Şekil 2.30.'da gösterilmiştir (Anonim 2018-d).



Şekil 2. 30. Türkiye'de LEED sertifikalarının derecelerine göre dağılımı (Anonim 2018-d).

Türkiye’de LEED sertifikası almış projelerin büyük çoğunluğu altın sertifikası almıştır. Türkiye’de altın sertifika almış proje sayısı 216 iken, gümüş sertifika proje sayısı 49, platin sertifika proje sayısı ise 42’dir. Türkiye’de standart sertifikalı 17 proje bulunmaktadır.

### 2.5.1.3. LEED Sertifikası Almış Ulusal ve Uluslararası Yeşil Bina Örnekleri

Ulusal yeşil bina sertifikası almış çeşitli projeler Çizelge 2.7’de Uluslararası yeşil bina sertifikası almış çeşitli proje örnekleri ise Çizelge 2.8’de verilmiştir.

**Çizelge 2. 7.** Yeşil bina sertifikası almış çeşitli uluslararası örnekler (Anonim 2018-d)

Binanın Adı	Binanın Yeri	Binanın İşlevi	Sertifika Tarihi	Almış Olduğu Sertifika
Artview Konutları	ABD	Konut Binası	2017	Altın
Short Hills AVM	ABD	Alışveriş Merkezi	2013	Gümüş
Otel Vandivort	ABD	Otel Binası	2017	Gümüş
Loreal Brasil RD Center	Brazil	Fabrika Binası	2018	Altın
Crescent Ofis Kuleleri	ABD	Ticari Bina	2018	Gümüş
Siemens Forchheim Ofis Binası	Almanya	Ticari Bina	2014	Altın
Jintonqilin Ofis ve Sergi Odası	Çin	Ticari Bina	2014	Altın
Chesterfield Converse Fabrika Binası	ABD	Fabrika Binası	2014	Yeşil
Teknion Mobilya Sistemleri Fabrika Binası	Malezya	Fabrika Binası	2014	Platin
Harace Mann Okulu	ABD	Eğitim Tesisleri	2017	Altın
Phoenix Üniversitesi Albuquerque Kampüsü	ABD	Eğitim Tesisleri	2014	Gümüş
Coca Cola Fabrika Binası	Pakistan	Fabrika Binası	2016	Gümüş
Target Store	Avustralya	Ticari Bina	2013	Yeşil
Henkel Merkez Deposu	Almanya	Depolama	2015	Gümüş
Kincaid Street Konutları	ABD	Konut Binası	2016	Gümüş

**Çizelge 2. 8.** Yeşil bina sertifikası almış çeşitli ulusal örnekler (Anonim 2018-d)

Binanın Adı	Binanın Yeri	Binanın İşlevi	Sertifika Tarihi	Almış Olduğu Sertifika
Maltepe Piazza Residence	İstanbul	Konut Binası	2019	Altın Sertifika
19 Mayıs Mehmet Emin Sungur Kompleksi	İstanbul	Kamu Binası	2019	Gümüş
VKM Amerikan Hastanesi	İstanbul	Hastane Binası	2019	Platin
Elazığ Şehir Hastanesi	Elazığ	Kamu Binası	2018	Altın
ETÜ Mimarlık Mühendislik Fakülte Binası	Erzurum	Kamu Binası	2018	Gümüş
Adana Şehir Hastanesi	Adana	Kamu Binası	2018	Altın
Eskişehir Ticaret Odası	Eskişehir	Kamu Binası	2018	Altın
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Misafirhanesi	İstanbul	Kamu Binası	2018	Gümüş
Emaar Kare AVM	İstanbul	Alışveriş Merkezi	2018	Altın
Tandem Örme Tekstil Fabrikası	İstanbul	Fabrika Binası	2018	Platin
Memorial Bahçelievler Hastanesi	İstanbul	Hastane Binası	2018	Platin
Ataşehir Metropol AVM	İstanbul	Alışveriş Merkezi	2018	Altın
Mete Dağıtım Merkezi	Konya	Depolama Binası	2018	Gümüş
Kağıthane Çınar Apartmanı	İstanbul	Konut Binası	2018	Altın
T. Garanti Bankası Kızılay Ofis Binası	Ankara	Ticari Bina	2017	Platin
Atlas Çorap	İstanbul	Fabrika Binası	2017	Altın
Eser Yeşil Binası	Ankara	Ticari Bina	2010	Platin
Simens Fabrika Binası	Kocaeli	Fabrika Binası	2009	Altın
Torium AVM	İstanbul	Alışveriş Merkezi	2011	Altın



## 2.5.2. Yeşil Bina Enerji Modellemesi

Yeşil bina enerji modellemesi, bir bina tasarımının ihtiyaç olduğu detayda soyut bir modelinin bilgisayar ortamında yaratılması ve kullanımı süresince oluşacak koşullar altında test edilmesidir. Yaratılacak bu model, enerji modelleme uzmanı tarafından sıfırdan da yaratılabileceği gibi, BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) araçları ile yaratılmış halihazır modellerden de türetilbilmektedir. Modelde önemli olan, binada tüketilen enerjinin miktarını etkileyen tüm faktörlerin dikkate alınmasıdır (Anonim 2018-e).

Bina enerji modellemesi, bir defa yapılan bir çalışma değil, tasarım ilerledikçe sürekli tekrarlanması gereken bir analiz yöntemidir. Tasarımlarının erken safhalarından itibaren enerji performansını iyileştirilmesi, enerji modellemesini tasarımın entegre bir parçası haline getirmektedir. Bu şekilde bakıldığında, enerji modellemesi detayı giderek artan modeller üzerinden yürüyen bir süreç olarak da tanımlanabilir (Anonim 2018-e).

Bina enerji modellemesinin uygulanması; Arazi-güneş ilişkisinin incelenerek optimum bina yerleşiminin belirlenmesine, hakim rüzgarların incelenerek doğal havalandırma veya gece soğutması gibi yaklaşımların değerlendirilmesine, bina kullanım profiline uygun inovatif iklimlendirme sistemlerinin değerlendirilmesine, yenilenebilir kaynak kullanımı ile enerji üretim miktarının belirlenmesine, pasif mimari önlemlerin ve gölgelendirme yaklaşımlarının mevsimsel bazda değerlendirilmesine, bina kütlelerinde veya mekanik şekilde ısı depolaması fırsatlarının yük azaltımına etkisinin incelenmesine, günışığı kullanımının optimize edilerek aydınlatma için gerekli elektrik enerjisinin azaltılmasına ve yeşil binaların enerji performansının iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır (Gökçen 2009).

Enerji modellemesi, yeni binalarda uygulanabildiği gibi mevcut binaların işletmeyle ilgili kararlarında veya renovasyonlarında da uygulanabilmektedir. Bu şekilde yürütülen enerji modellemesi çalışmaları, binanın enerji tüketimi ile ilgili mevcut verilerinin (mimari, elektrik, mekanik vb. projeleri.) modellere tek tek tanımlanmasını kapsayan ve çoğunlukla daha çok emek isteyen bir süreç gerektirmektedir. (Anonim 2018-e).

### 2.5.2.1. Yeşil Bina Enerji Modellemesinde Pasif Sistem Parametreleri

Yeşil binalarda ısı, görsel ve konfor koşullarını sağlamaya yönelik olarak doğal kaynaklardan maksimum yararlanacak ve minimum enerji tüketecek, diğer bir deyişle enerji etkin sürdürülebilir bir çevre oluşturmada etkili olacak yapının pasif sistem olarak enerji verimliliğini etkileyen başlıca pasif sistem parametreleri aşağıda sıralanmaktadır (Yılmaz 2006);

- Binanın Yeri

Binanın bulunduğu yer; enerji harcamalarını etkileyen güneş ışınımı, hava sıcaklığı, hava hareketi ve nem gibi iklim elemanlarının değerlerinin bilinmesi için önemli olduğu kadar, binanın enerji etkinliğinde çok önemli rol oynayan mikro-klima koşullarının da belirleyicisi olmaktadır (Yılmaz 2006).

- Binanın Diğer Binalara Göre Konumu

Binanın konumlandırılış durumu, diğer binalar ve engeller ile arasındaki mesafe, binayı etkileyen güneş ışınımı miktarını ve bina etrafındaki hava akışı hızını ve tipini belirleyen en önemli tasarım değişkenlerinden biridir. Binaların arazideki konumu güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak veya korunmak amacıyla uygun olarak belirlenmelidir (Yılmaz 2006).

- Binanın Yönü

Bina aralıkları gibi binanın yönü de cephelerin doğrudan güneş ışınımından yararlanma oranını, dolayısıyla toplam güneş enerjisinden kazancını etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden birisidir. Bunun yanı sıra binaların yönü rüzgar alma durumunu, dolayısıyla doğal havalandırma olanağını ve binanın taşınım ve hava sızıntısı ile ısı kaybı miktarını da etkiler. O nedenle binanın bulunduğu ilkim bölgesinin ihtiyaçlarına göre binalar güneş ve rüzgardan gerektiğinde yararlanacak, gerektiğinde ise korunacak şekilde yönlendirilmeli ve mekan organizasyonu yönlendirme kriterine göre yapılmalıdır (Yılmaz 2006).

- Binanın Formu

Binanın formu da diğer tasarım parametreleri gibi binanın çevresel etkenlerden yararlanma veya korunma düzeyini, dolayısıyla enerji performansını belirleyen önemli bir parametredir. O nedenle, farklı iklimsel karakterlere sahip yörelerde enerji etkin tasarımda formun önem kazandığı geleneksel mimari tasarım örneklerinde belirgin olarak görülebilir. Soğuk iklim bölgelerinde enerji kaybeden yüzeylerin alanını minimize etmek üzere kompakt formlar, sıcak

kuru iklim bölgelerinde ısı kazançlarını minimize etmek, gölgeli ve serin yaşama alanları elde etmek açısından kompakt ve avlulu formlar, sıcak nemli iklim bölgesinde karşılıklı havalandırmaya maksimum düzeyde olanak sağlayan hakim rüzgar doğrultusuna uzun cephesi yönlendirilmiş ince uzun formlar ve ılımlı iklim bölgelerinde mümkün olduğunca kompakt ama soğuk iklim bölgesine göre daha esnek bina formları enerji etkin tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlar arasındadır (Yılmaz 2006).

- Bina Kabuğu

Binanın ve ısıtma sisteminin ısısal performansını etkileyen en önemli tasarım parametresi olan bina kabuğu opak ve saydam olmak üzere fiziksel özellikleri ve ısı geçişine karşı davranışları birbirinden farklı iki bileşenden oluşmaktadır. Bina kabuğu dış çevre koşullarını değiştirerek iç çevreye aktaran ve bu şekilde iç çevre koşullarının oluşumunda rol oynayan en önemli tasarım parametresidir. Seçilen yapı bileşenlerine bağlı olarak, dış duvarlar ve çatı kalınlıkları yalıtım dahil 35-65 cm kalınlıkta olabilir. Bina tasarım aşamasında duvar ve çatılar için bu tür alan gereksinimleri dikkate alınmalıdır (Yılmaz 2006).

- Güneş Kontrol ve Doğal Havalandırma Sistemleri

Binanın güneş ışınımı ve rüzgar gibi çevresel etkenlerden gerektiğinde yararlanabilmesi gerektiğinde korunabilmesi için yukarıda sıralanan tasarım değişkenlerinin yanı sıra bina kabuğu üzerinde güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemlerine gereksinim duyulabilir. Binanın enerji giderlerini en az düzeyde tutabilmek için bu sistemlerin uygun yönlerde uygun biçim ve boyutlarda tasarlanmış olması gerekmektedir (Yılmaz 2006).

- Dış ortam aydınlık düzeyi,
- Yapı dışı iklimsel ve görsel konforu etkileyebilecek engeller,
- Yapı iç hacminin fiziksel özellikleri,

Mekanik hacimler ve shaftlar için yeterli miktarda alan ayrılmalıdır. Ancak bunu yaparken gereken alan ihtiyaçlarını ve kanal-boru uzunluklarını azaltmak için mutfaklar ve banyolar shaftın etrafına/yakınına yerleştirilmelidir.

- Pencere ve cam gibi yapı elemanlarının boyutları ve yapısal özellikleri,

Güneş ışığı kazanımlarını optimize etmek için güneye bakan pencere ve odalar, kış mevsiminde güneş ışığının en içerilere girmesini sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Kuzey, batı ve doğu cephelerinde pencereler yeterince gün ışığı sağlayacak, fakat binanın enerji performansını olumsuz etkilemeyecek genişlikte boyutlandırılmalıdır. Pencere tipi

seçiminde ısı geçirgenliği (u-değeri) düşük olan üç camlı veya çift camlı sistemler (low-e camlar) tercih edilmelidir (ÇŞB 2011).

- İç mekan malzeme seçimi.

### **2.5.2.2. Yeşil Bina Enerji Modellemesinde Aktif Sistem Parametreleri**

Binalarda yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile enerji ihtiyacı azaltılabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yerinde (bina arazisinde) üretim yapılması ve üretilen enerjinin binada kullanılması, yapının enerji (elektrik, doğal gaz, bölgesel ısıtma gibi) şebekelerine bağımlılığını azaltmaya veya tamamen ortadan kaldırmaya yardımcı olabilmektedir. Yeşil binalarda enerji üreten ve binaların enerji ihtiyacını azaltan enerji verimliliğini etkileyen başlıca aktif sistem parametreleri aşağıda sıralanmaktadır;

- Güneş enerjili sistemler

Güneş enerjili ısı sistem olan kolektörler, borulama ve depolama tankları için yeterli alan mevcut ise değerlendirilebilirler. Ancak bu tür sistemler tercih edilirken projelerinin statik açıdan değerlendirilmesi gerekebilir. Ayrıca, gölgeleme yapma açısından değerlendirme yapılması da gerekir.

- Fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik (PV) sistemlerde güneş enerjisinden elektrik üretilip, iç tüketim için kullanılmaktadır. Yapı dış kabuğunda kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler, en sıcak devre dediğimiz dönemde güneşten olan istenmeyen ısı kazançlarını azaltıp, bu istenmeyen fazla güneş ışınımını kullanabileceğimiz enerjiye yani elektriğe dönüştürerek binanın enerji ihtiyacını azaltmakta hatta bazen sıfırlamaktadır. Fotovoltaik sistem eklenen bina kendi enerji ihtiyacını kendisi üretmeye başlamaktadır. Bu durumda, kullanılan fotovoltaik sistemin gücüne, binanın enerji ihtiyacına, bulunulan enleme ve o yörenin güneşlenme durumuna bağlı olarak binanın enerji ihtiyacının bir kısmı, tamamı, ya da daha fazlası üretilebilmektedir. Üretilen fazla elektrik uygun sistemin kurulması ile depolanabilmekte, dağıtım sistemine (şebekeye) geri verilebilmekte hatta yasal düzenlemeler ile satılabilmektedir. Böylelikle yine üretilen bu fazla enerji ile de bir ek gelir sağlanmış olmaktadır (Altın 2013).

- Rüzgâr türbinleri

Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Rüzgâr türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay eksenli veya

düşey eksenli olarak imal edilirler. Yeterli miktarda rüzgâr olması ve ihtiyaç duyulan alanın sağlanması durumunda yerinde elektrik üretimi amacıyla kullanılabilirler. Diğer yandan düşük kapasite gerektiren konut tipi uygulamalarda gerek kapasite kullanım oranından gerekse rüzgâr hızının düşük olabilmesinden (ör: rüzgâr hızı 7m/s altında olduğunda) dolayı ekonomik olarak fizibil olmayabilirler. Ancak şebekeye bağlantı imkânları, dağıtım sistemi ihtiyacı ve başka faktörler dikkate alınarak tercih edilebilirler (EİGM 2018-b).

- Jeotermal sistemler

Jeotermal enerji yerin derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu sıcak su ve buhardan yapay yollarla elde edilen enerjidir. Basitçe dünyanın iç sıcaklığından türetilmiş güçtür. Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır. Buhar ve sıcak su yer altı rezervuarları, elektrik üretmek veya binaları doğrudan ısıtmak ve soğutmak için kullanılabilir. Bir jeotermal ısı pompası sistemi, kışın bir binayı ısıtmak, yazın da ısıyı binadan çıkararak, nispeten daha serin bir yere geri göndermek için Dünya yüzeyinin üst üç metre sabit sıcaklığından yararlanabilir. Daha derinlerdeki jeotermal su doğrudan evlerin ve ofislerin ısıtılması veya seralarda yetiştirilen bitkiler için kullanılabilir (Anonim 2018-f).

- Toprak kaynaklı ısı pompaları

Toprak kaynaklı ısı pompalarında topraktan elde edilen ısı daha yüksek ısı seviyelerine dönüştürülerek mekan ve su ısıtılması için gereken yerlerde kullanılmaktadır. Aynı işlem soğutma işleminde de tersi şekilde oluşturulmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası ile toprak altındaki sabit ısı kullanılarak, yazın soğuk, kışın ise sıcak su elde edilmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası borulama sistemiyle, toprağın içine döşenen borular üzerinden topraktan enerjinin çekilmesi ve bu enerjiyi kaynak olarak kullanan ısı pompası cihazına kadar getirilmesi sağlanır. Toprak içinde gömülü borularda dolaşan su veya su-antifriz serpantin içerisinde dolaşarak toprakta gömülü boru demetine geri döner ve kapalı bir devre oluşturur (Doğan, 2003). Bu tür pompalar yeraltı ısı enerjisinden faydalanabilmek için elektrik kullanmaktadır. Çalışmaları için ihtiyaç duydukları ve kullandıkları enerjinin 3 ila 6 katı kadar enerji üretebilirler ve mükemmel bir geri ödeme potansiyellerine sahiptirler. Toprak kaynaklı ısı pompaları geniş bir boru döngü sistemine ihtiyaç duymaktadır. Arazinin durumuna bağlı olarak (mevcut alan, toprağın durumu) bu borular, toprağın 1-2 metre altına yatay olarak veya kuyular içerisinde 45-135 metre derinliklerde dikey olarak yerleştirilebilmektedir (ÇSB 2011).

Bu kapsamda binalarda enerji verimliliğini doğrudan etkileyen binanın yeri, konumu, yönü, formu, hacimlerin yerleştirilmesi, bina dış kabuğu, pencereler ve iç mekan malzeme seçimi gibi pasif sistemler ile güneş enerji sistemleri, PV sistemler, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji ihtiyacını azaltan aktif sistemlerin birlikte kullanılmasıyla yeşil binaların enerji performansının artırılması sağlanabilmektedir. Dolayısıyla enerji etkin yeşil bina enerji modellemelerinde çeşitli bina enerji simülasyon programlarına binanın pasif ve aktif sistem parametreleri tanımlanarak verimli teknolojiler optimize edilebilmektedir.

### **2.5.3. Yeşil Bina Enerji Modelleme Programları**

1960'ların ilk yarısına kadar binaların enerji performanslarının değerlendirilmesinde yalnızca el ile hesaplama yöntemleri bulunmaktaydı. Isıtma yüklerinin hesaplanmasında genel olarak derece-gün hesabı kullanılıyordu. Ayrıca geleneksel ve daha detaylı olan bina yönetimi de hem ısıtma hem soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılmaktaydı. Bilgisayar ile hesaplama yapabilmenin kısıtlı ve pahalı olduğu dönemlerde bu yöntemler yararlı olmalarına rağmen, bina malzemelerinin ısı depolama kapasiteleri, güneşten ısı kazanımları, sızdırmazlık değerleri gibi pek çok önemli parametreyi ihmal ettiklerinden ve basitleştirilmiş yöntemler olduklarından dolayı binanın toplam performansının hesaplanmasında yetersiz kalıyorlardı.

Bu nedenlerle son elli yılda bilgisayar teknolojisinin de ilerlemesine paralel olarak pek çok üniversite, enstitü ve şirketler tarafından bu kısıtlamaları kaldıracak çok çeşitli bilgisayar tabanlı bina enerji modelleme programları geliştirildi. Bu programlar genel amaçlı hesaplama yapanlardan özel noktalara odaklanana kadar çok geniş bir yelpazede görülmektedir. İlk dinamik hesaplama yapabilen benzeşim programları 1960'larda geliştirilmeye başlandı.


Günümüzde artık oldukça hassas duyarlılıklarla ve çok çeşitli parametreleri göz önüne alarak ve sistem etkileşimlerini hesaba katarak farklı durumları modelleyen programlar bulunmaktadır. Bu programlar, bina sistemlerinin, bina enerji tüketimini nasıl etkilediğini analiz edebilen güçlü değerlendirme ve karar verme araçlarıdır. Uluslararası alanda enerji modellemelerinde Design Builder, Energy Plus, Power DOE, eQUEST /DOE2, Blast, Homer, ESP-r, RETScreen programları yaygın olarak kullanılmaktadır (Harputlugil 2007).

### 3. METARYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Uygulama Örneği Yapılan Bina Bilgileri

Bu çalışmada; Tekirdağ ili, Çorlu ilçesinde yer alan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binası, uygulama örneği olarak seçilmiştir. Ek derslik binası toplam alanı 2.544,9 m<sup>2</sup>, hacmi ise 9.129,7 m<sup>3</sup>'tür. Kat yüksekliği çatı katı haricinde 4 metredir. Toplam dış duvar brüt alanı 2055,06 m<sup>2</sup>, toplam pencere alanı ise 425,6 m<sup>2</sup>'dir. Ek Derslik Binası; 1 adet bodrum kat, 1 adet zemin kat, 3 adet normal kat ve 1 adet çatı mekanik katı olmak üzere toplam 6 kattan oluşmaktadır. Ek derslik, dikdörtgen şeklinde olup inşaatı tamamlanmıştır. Bina kuzey doğu – güney batı doğrultusunda yönelmiştir. Doğusunda binayı gölgeleyen başka bir derslik binası bulunmaktadır. Diğer yönler açıktır. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Bina bilgileri Çizelge 3.1'de; köşe koordinat bilgileri ise Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3. 1.** Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik bina bilgileri

	
Bina Adı	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binası
Bina Türü	Eğitim Binası
Bina Kullanımı	Derslik
İnşaat Alanı	2 545 m <sup>2</sup>
Bölgesi	Marmara Bölgesi

**Çizelge 3. 2.** Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik binası köşe koordinatları (Anonim 2018-g)

UTM Koordinatları			Coğrafi Koordinatları		
Datum: ED-50			Datum: WGS-84		
Projeksiyon: 6 Derece			Türü: Derece-Dakika-Saniye		
D.O.M: 27			-		
Zone: 35			-		
Koordinat Sırası: Sağa, Yukarı			Koordinat Sırası: Enlem, Boylam		
No	Sağa	Yukarı	No	Enlem	Boylam
1	568672,0455334	4559446,8969636	1	41,181840	27,818213
2	568666,5900224	4559429,4147316	2	41,181683	27,818146
3	568695,8661931	4559420,2529460	3	41,181598	27,818494
4	568701,4201356	4559436,1817763	4	41,181741	27,818562

### 3.2. Uygulama Örneği Kapsamında Kullanılan Program Bilgileri

- Energy Plus Programı

Energy Plus, DOE2 ve BLAST modelleme programları temel alınarak geliştirilmiş, yüksek hesaplama kapasiteli üçüncü nesil bir bina enerji modelleme programıdır. Energy Plus ile binalardaki ısıtma, soğutma, havalandırma ve diğer enerji akışları dinamik olarak modellenebilir. Energy Plus aynı zamanda, LEED sertifikasyonu için gerekli bina enerji modellemesine çıktı veren, USGBC tarafından tanınan programlar içinde en yaygın kullanılanıdır.

Energy Plus programına veri girişleri (bina yapı, HVAC ekipmanları, hava verileri) IDF Editor yardımıyla girilmektedir. IDF-Editor'e tüm veriler tek tek girilmekte ve çok uzun süren bir işlemdir. Bu sebeple Energy Plus için 3. Parti bir ara yüz programına ihtiyaç duyulmaktadır. Programlamacılar tarafından Energy Plus için geliştirilen ara yüz programlarından Design Builder, EP-Quick, EP-Interface, bu programlardan bazılarıdır. Design Builder programı Energy Plusun en etkili ara yüz programıdır.

- Design Builder Programı

Enerji modellemesi için kullanılan programlardan en önemlilerinden birisi “Design Builder” programıdır. Bu program Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından devamlı olarak güncellenen “Energy Plus” simülasyon programı ile birlikte çalışan bir ara yüz programıdır. Benzer hesaplamaları yapabilen başka programlar da bulunmakla beraber, “Design Builder” özellikle anlaşılması ve kullanımı kolay ara yüzüyle ve sistem çeşitliliğiyle ön plana çıkmaktadır.



Design Builder; binanın enerji, karbon salınım, aydınlatma ve konfor denetimi için geliştirilmiş bir görsel simülasyon programdır. Design Builder kullanılarak Energy Plus için gereken DWG dosyaları oluşturulmakta, bina modeli hazırlanabilmekte ve enerji analizi için model üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilmektedir. Ülkemizde Energy Plus ve Design Builder programlarının kullanımına yönelik olarak bazı firmalar tarafından çeşitli kurslar düzenlenmektedir (Winkelmann 2001).

### **3.3. Uygulama Örneği Kapsamında Programa Tanımlanan Parametreler**

#### **3.3.1. İklimsel Parametreler**

Dış ortama ilişkin sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı gibi çeşitli bilgiler Energy Plus programının hava durumu dosyasında barındırılmaktadır. Bu dosya, söz konusu bölgeye ait 1 yıllık sürede saatlik meteorolojik verileri içermektedir ve uzun yıllar boyunca elde edilen meteorolojik verilerin bir ortalamasıdır. Simülasyonda Marmara iklim bölgesine ait hava durumu dosyası ve ASHRAE standartlarının iklimsel tasarım verilerinden oluşturulmuştur. Simülasyon tarihi programın zorunluluğu olarak 2002 yılına ayarlıdır ancak programda son 25 yılın güncel iklim ortalama değerleri kullanılmaktadır.

#### **3.3.2. Mimari Parametreler**

Bina kabuğuna ilişkin başlıca mimari parametreler; bina şekli, yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayıları, pencere saydamlık oranı, saydam bileşenlerin güneş ısı kazanım katsayısı, saydam bileşenlerin görünür ışık geçirgenliği oranı ve opak bileşenlerin güneş yansıtıcılık yüzdesidir.

- Bina şeklinin belirlenmesi

Bina şekli; mevcut veya tasarlanan binalar için mimari projeler baz alınarak programa tanımlanmaktadır. Programa tanımlanan bina şekli içerisinde yer alan alanların aktivitelerine göre yapı mahallere ayrılmaktadır. Ayrıca bina yönelişi, açısı ve varsa bina çevresinde yer alan gölgeleme elemanları da programa tanımlanmaktadır.

- Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)'nin belirlenmesi

Isıl geçirgenlik katsayısı binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık değerindeki farklılık nedeniyle oluşan ısı kaybının metrekare başına ifadesidir. Isıl geçirgenlik katsayısı; iç ve dış hava arasında 1 °K sıcaklık farkı meydana geldiğinde, bir saat içerisinde bir yapı elemanının 1 m<sup>2</sup>

yüzeyinden aktarılan ısı miktarını belirtir. Birimi  $W/m^2K$  'dir. Enerji bakımından verimli bir bina tasarlarırken, bu değerin mümkün oldukça düşük tutulması esastır. Opak ve saydam ısı geçirgenlik katsayıları, mevcut ve tasarlanan binalar için mimari kesitlerde yer alan yapı kabuğu özellikleri ve kalınlıklarına göre programa tanımlanırken, Baz Bina modellemelerinde ise, ASHRAE 90.1-2010 standartlarına göre belirlenmiş olan opak ve saydam ısı geçirgenlik katsayıları programa tanımlanmaktadır.

- Saydamlık oranının belirlenmesi

Bina kabuğundaki saydam alanların tüm cephe alanına oranı olarak ifade edilen saydamlık oranı mimari projelere göre her cephe için belirlenerek programa tanımlanmaktadır.

- Saydam bileşenin güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC) değerinin belirlenmesi

Bina kabuğunun saydam alanlarında kullanılan cam ve doğrama türlerinin özellikleri mimari kesitlere göre belirlenmektedir. Belirlenen cam ve doğrama özelliklerine göre pencere içinden hem doğrudan iletilen, hem de içeri doğru emilen ve yeniden yayılan güneş ışınımı fraksiyonu program tarafından tanımlanmaktadır.

- Görünür ışık geçirgenliği oranının (VLT) belirlenmesi;

Mimari proje kesitlerine göre belirlenen pencere özelliklerine göre pencereden ne kadar ışığın geçtiğini gösteren oran program tarafından tanımlanmaktadır.

- Opak bileşenlerin güneş yansıtıcılık yüzdesi değerinin belirlenmesi

Çatı, Teras vb. opak bileşenlerin özellikleri mimari proje kesitlerine göre belirlenmektedir. Opak bileşenlerin dış yüzeyinin güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı ve yansıtıcılık yüzdesi kullanılan bileşen özelliklerine göre programa tanımlanmaktadır.

### **3.3.3. Elektriksel Parametreler**

Aydınlatma güç yoğunluğu, programa tanımlanan elektrik ile ilgili en önemli parametredir. Birimi  $W/m^2$ 'dir. Aydınlatma güç yoğunluğu olarak programa iki farklı seçenek tanımlamak mümkündür. Bunlardan ilki, yapının elektrik projelerine göre bütün binanın toplam elektriksel güç yoğunluğunu belirleyerek her mahal için programa ayrı ayrı tanımlamaktır. Diğeri ise mahal bazında ASHRAE standartlarına göre belirlenmiş en yüksek değerleri ayrı ayrı programa tanımlamaktır. Elektrikle ilgili bir diğeri parametre ise priz

yükleridir. Priz yükleri binada mevcut olan ekipman priz yükleri baz alınarak her mahal için programa ayrı ayrı tanımlanmaktadır. Priz yükleri birimi de  $W/m^2$ 'dir.

### 3.3.4. Mekanik Parametreler

Mekanik sistemler programa tanımlanan önemli parametrelerdir. Mekanik sistemler; yapıların mevcut mekanik projeleri baz alınarak programa tanımlanabildiği gibi, bina tip ve büyüklüklerine göre ASHRAE standartları baz alınarak da programa tanımlanabilmektedir.

### 3.3.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Tasarım Parametreleri

Programa yenilenebilir enerji kaynak kullanımını baz alan çeşitli tasarım parametrelerini tanımlamak mümkündür. Çalışmada güneşten aldığı enerjiyi kullanan PV panel tasarım parametrelerine ve topraktan aldığı ısıyı kullanan ısı pompası tasarım parametrelerine yer verilmiştir.

- Fotovoltaik panel tasarım parametreleri

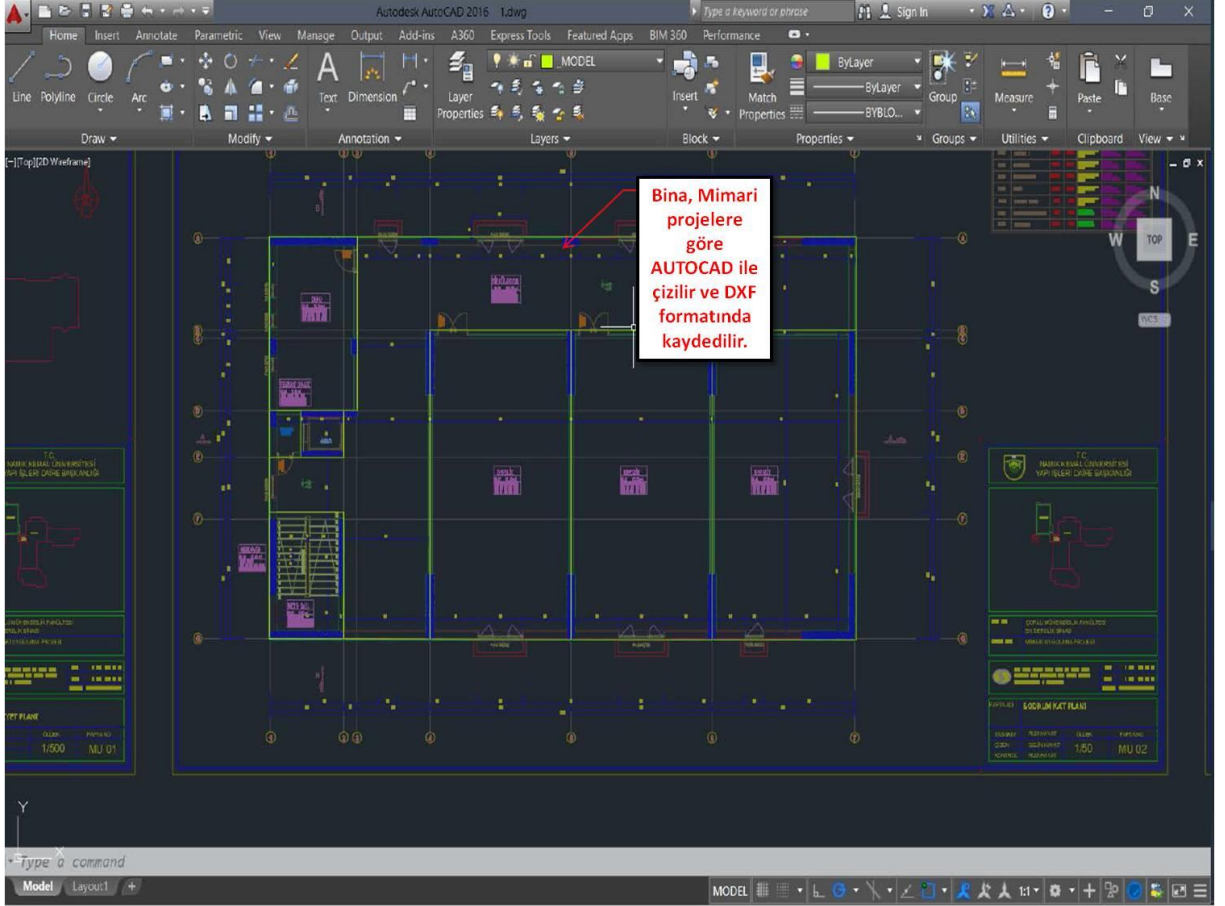
Yapı dış kabuğunda kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler, en sıcak devre dediğimiz dönemde güneşten olan istenmeyen ısı kazançlarını azaltıp, bu istenmeyen fazla güneş ışınımını elektriğe dönüştürerek binanın enerji ihtiyacını azaltan hatta uygun sistemlerle depolayabilen sistemlerdir. PV panel tasarımında programa toplam panel alanı, toplam panel adedi, panel gücü ve panel verimi tanımlanmaktadır.

- Toprak kaynaklı ısı pompası tasarım parametreleri

Toprak kaynaklı ısı pompası borulama sistemiyle, toprağın içine döşenen borular üzerinden topraktan enerjinin çekilmesi ve bu enerjiyi kaynak olarak kullanan ısı pompası cihazına kadar getirilmesi sağlanır. Toprak içinde gömülü borularda dolaşan su veya su-antifriz serpantin içerisinde dolaşarak toprakta gömülü boru demetine geri döner ve kapalı bir devre oluşturur. Toprak kaynaklı ısı pompalarında topraktan elde edilen ısı daha yüksek ısı seviyelerine dönüştürülerek ısıtma sistemi olarak kullanılmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında programa sondaj adedi, toprak sıcaklığı, ısı pompası verimi, sondaj uzunluğu tanımlanmaktadır.

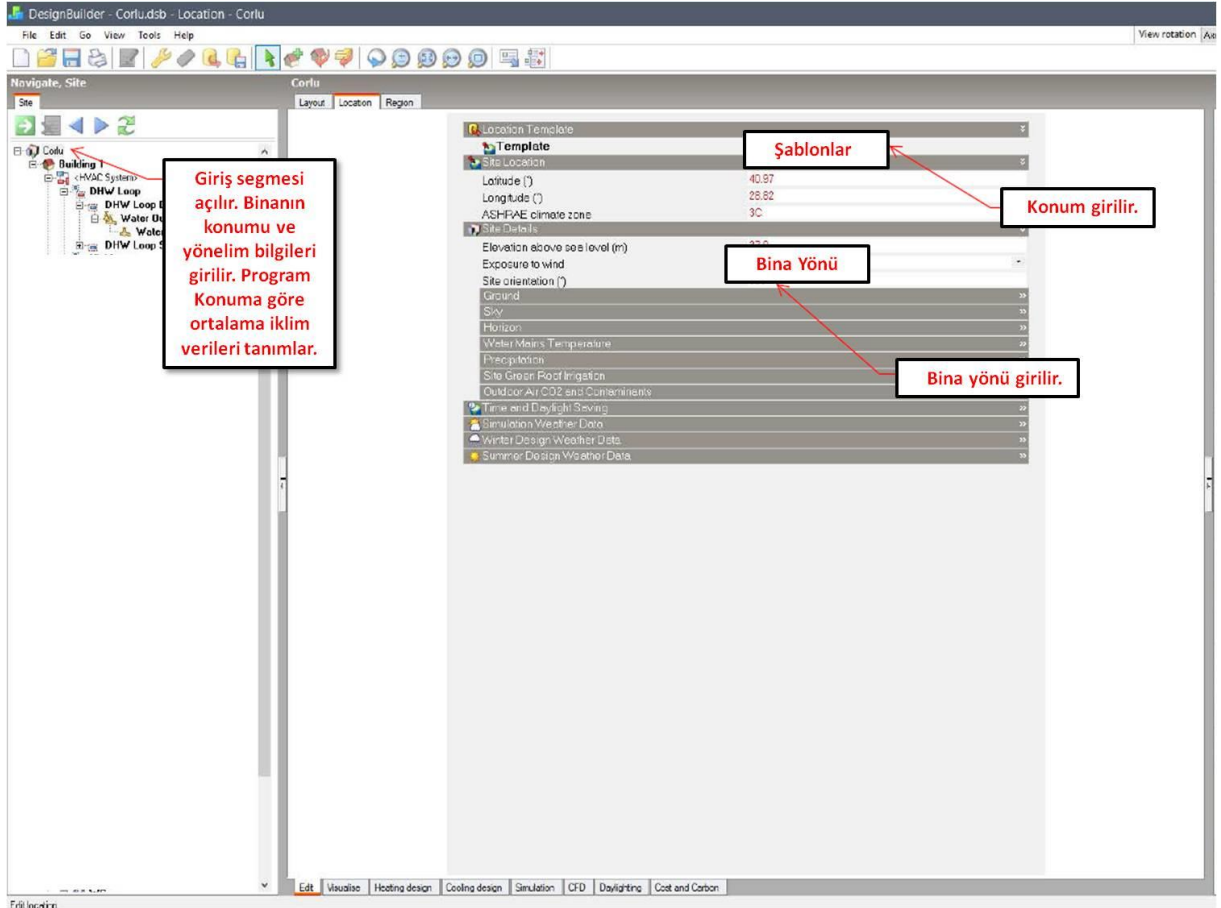
### 3.4. Uygulama Örneği Kapsamında Kullanılan Programların Genel Kullanım Adımları

Mevcut veya tasarlanan binanın ilk olarak mimari projelerine göre Autocad programı ile iki boyutlu (2D) çizimi hazırlanır. Autocad programı ile iki boyutlu (2D) olarak DXF formatında kaydedilen uygulama örneği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



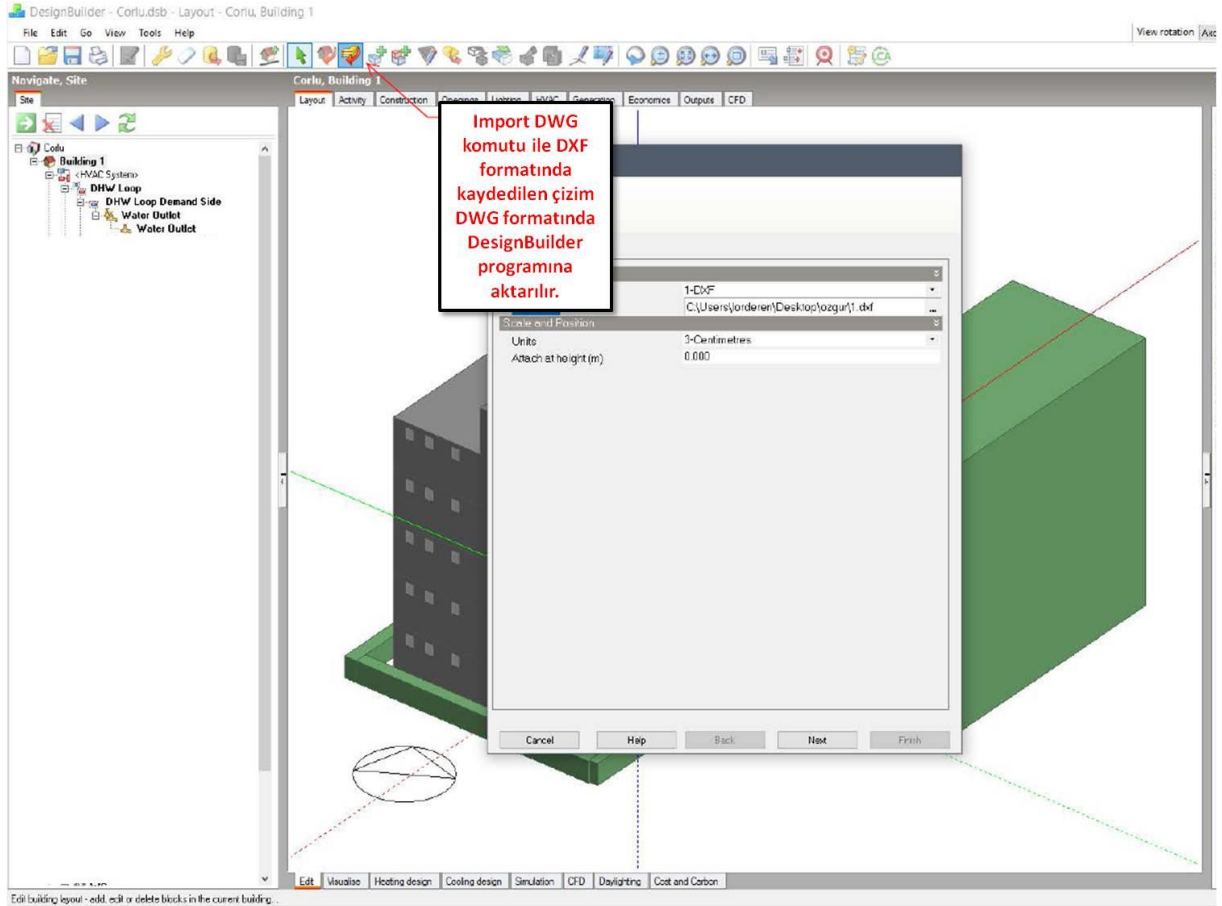
Şekil 3. 1. Autocad programı ile iki boyutlu olarak DXF formatında kaydedilen uygulama örneği

Daha sonra Design Builder giriş segmesi açılarak konum şablonu ve bina yönelim bilgileri programa girilir. Program iklim verilerini 25 yılın ortalaması olarak otomatik olarak tanımlar. Konum, yönelim veri girişi ile iklim verileri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



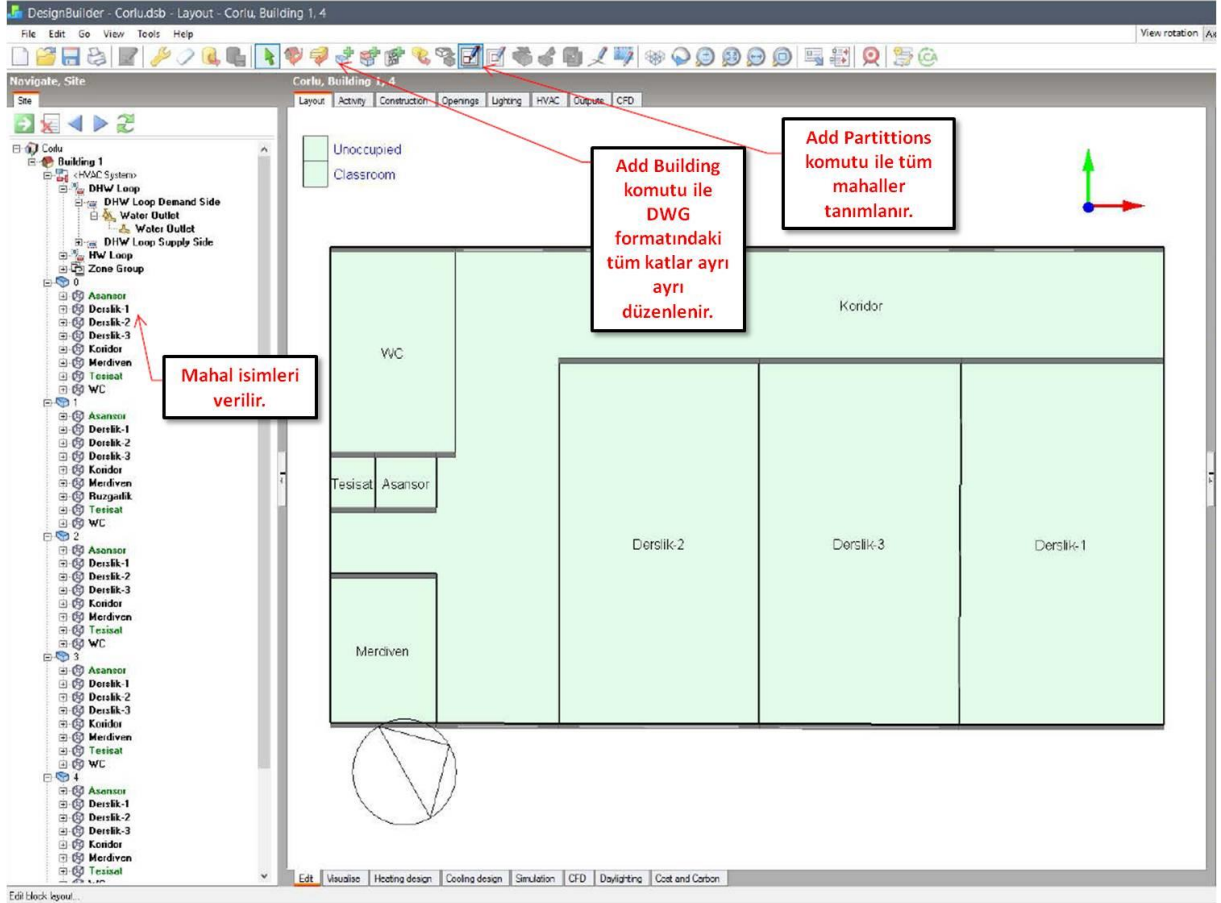
Şekil 3. 2. Konum, bina yönelim veri girişi ile iklim verileri tanımlanan uygulama örneği

Import DWG komutu ile daha önce Autocad programı ile iki boyutlu (2D) olarak DXF formatında oluşturulan çizim, en sık kullanılan üç boyutlu (3D) tasarım veri formatı olan DWG formatına dönüştürülür. Import DWG komutu ile DXF formatından DWG formatına çevrilen uygulama örneği Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



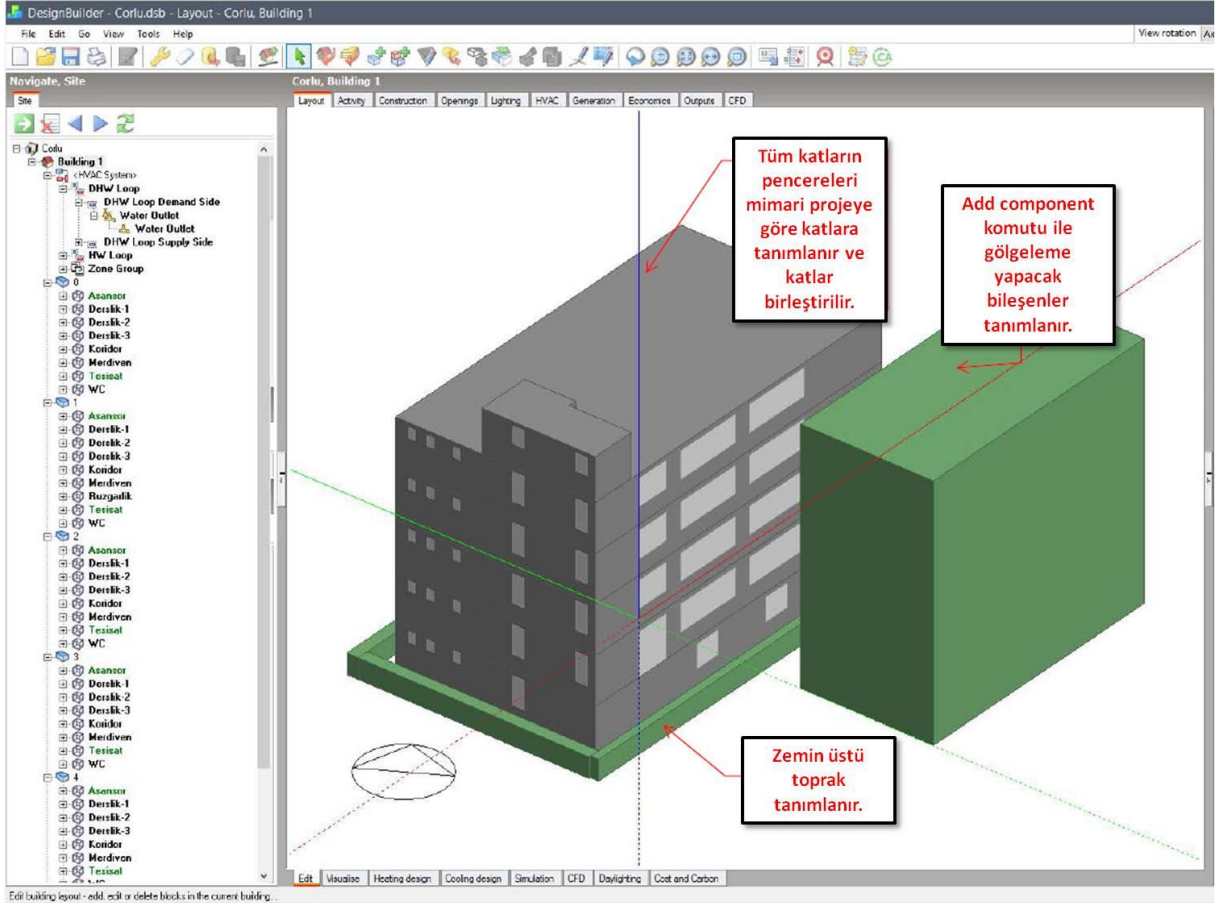
Şekil 3. 3. Import DWG komutu ile DXF formatından DWG formatına çevrilen uygulama örneği

DWG formatında üç boyutlu (3D) olarak oluşturulan modelde add building komutu ile tüm katlar, add partittions komutu ile katlardaki tüm mahaller tanımlanır. Katları ve mahalleri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Katları ve mahalleri tanımlanan uygulama örneği

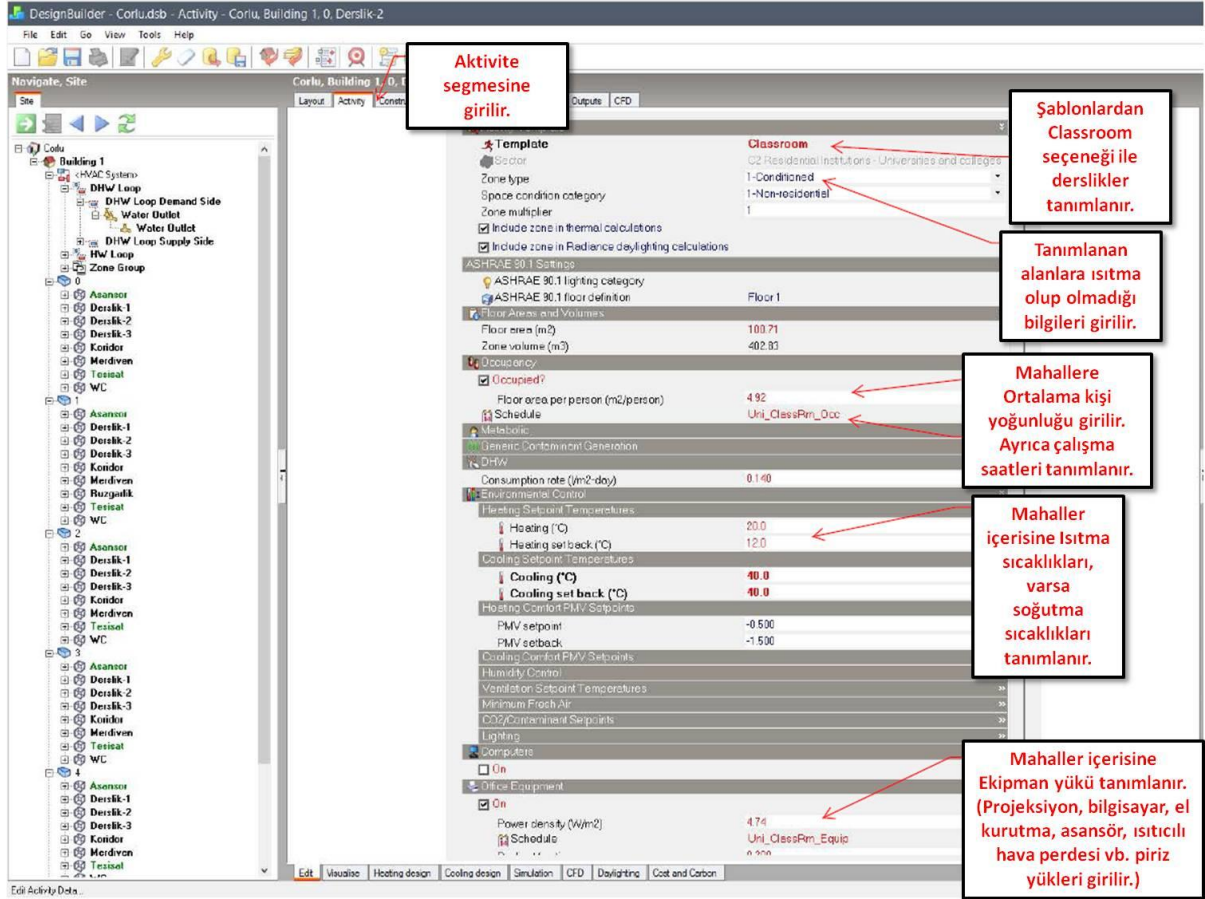
Katları ve mahalleri tanımlanmış modelin Pencereleeri mimari projeye göre katlara tanımlanır ve katlar birleştirilir. Add component komutu ile gölgeleme yapacak bileşenler programa eklenir ve zemin üstü toprak tanımlanır. Pencereleeri, gölgeleme bileşenleri ve zemin üstü toprak formu tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 5. Pencereleeri, gölgeleme bileşenleri ve zemin üstü toprak formu tanımlanan uygulama örneği

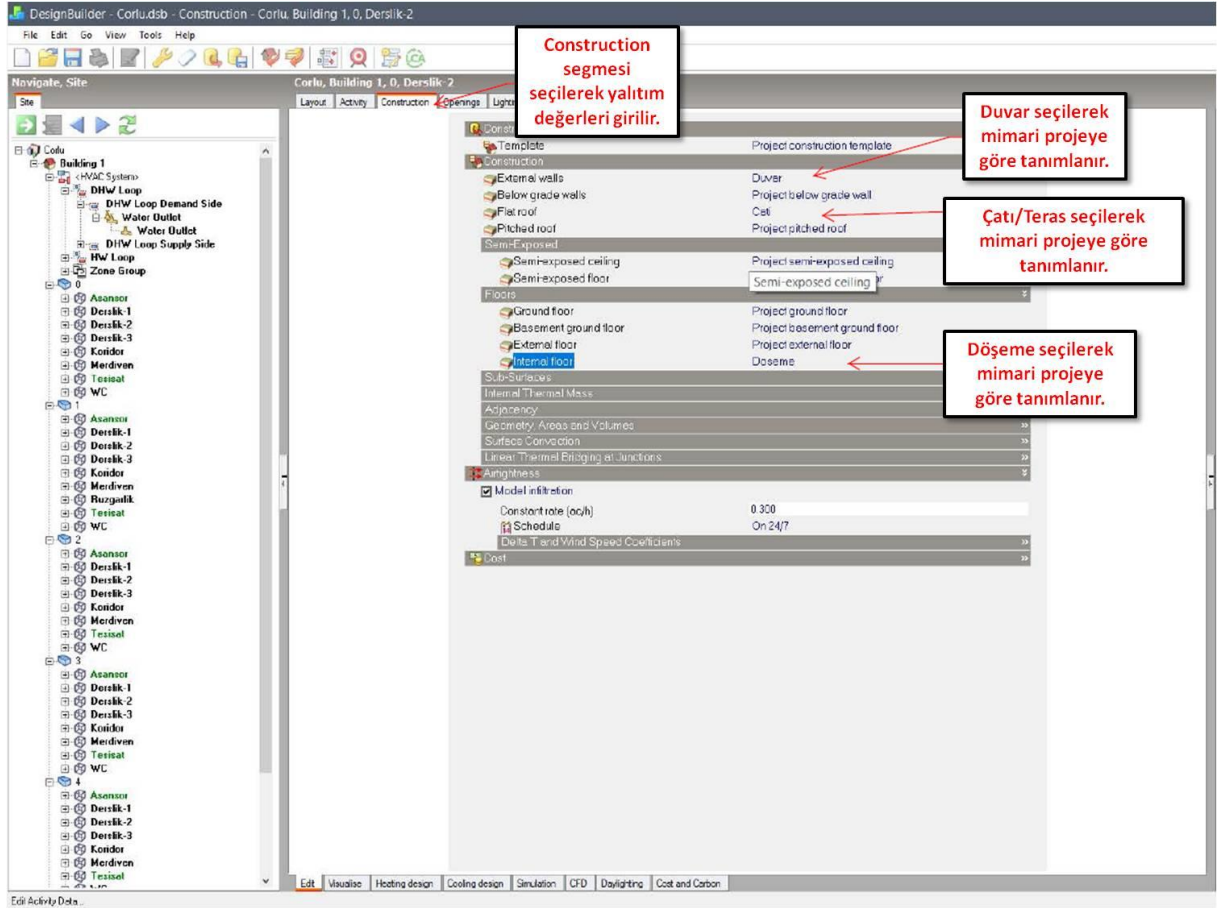


İkinci aşamada enerji harcamasına etki eden tüm sistemler ayrı ayrı modellenmektedir. Bu doğrultuda ilk olarak aktivite segmesine girilir ve projeksiyon, bilgisayar, el kurutma, asansör, ısıtıcı hava perdesi vb. piriz yükleri girilerek binanın  $W/m^2$  cinsinden ekipman yükü tanımlanır. Ayrıca aynı segme içerisine tanımlanan alanlarda ısıtma olup olmadığı, ortalama kişi yoğunluğu ve çalışma saatleri bilgileri kaydedilir. Ekipman yükü, kişi yoğunluğu ve çalışma saatleri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



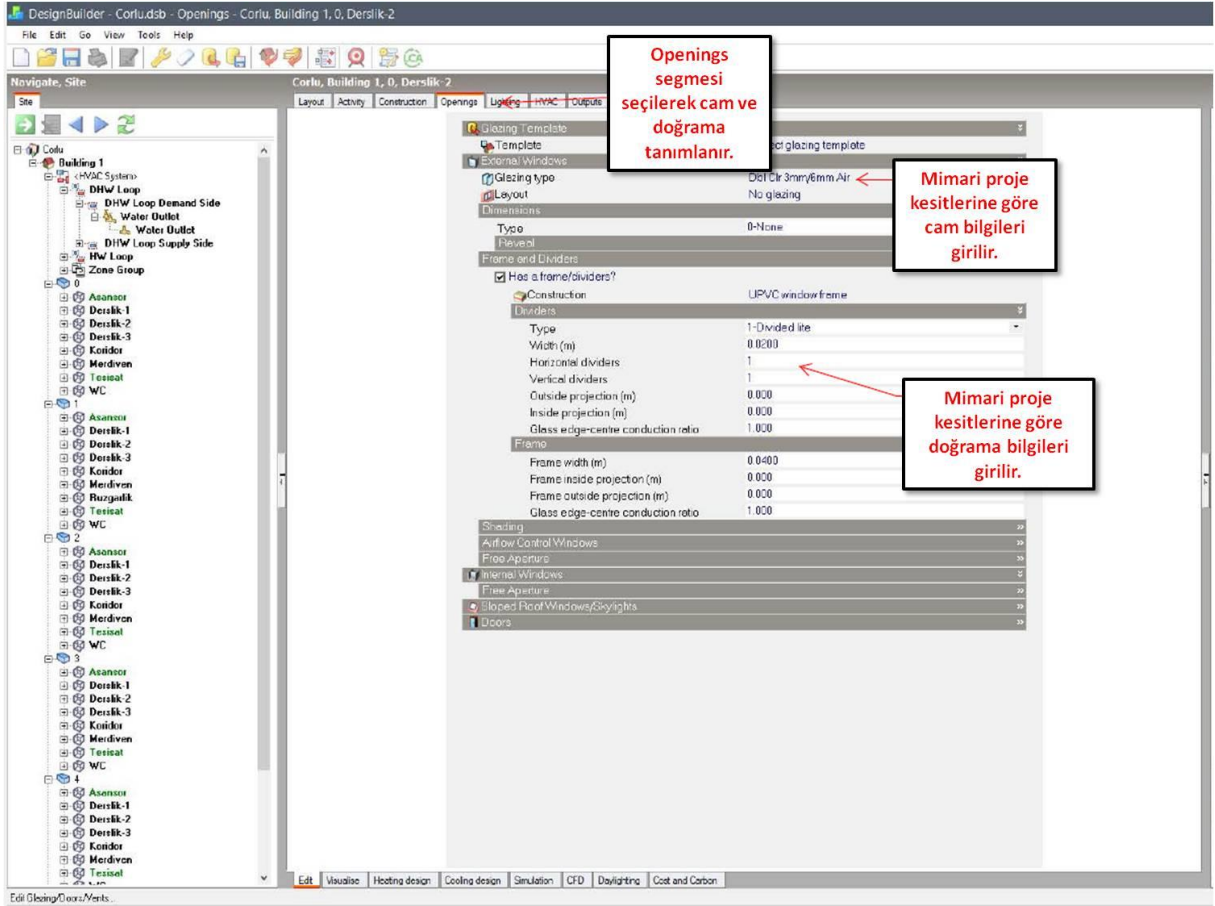
Şekil 3. 6. Ekipman yükü, kişi yoğunluğu ve çalışma saatleri tanımlanan uygulama örneği

Construction segmesi ile mimari projeye göre yalıtım değerleri girilir. Aynı segme içerisinde açılan ara yüze bina mimari projelerine göre duvar, çatı ve döşeme bilgileri tanımlanır. Duvar, çatı ve döşeme bilgileri ve yalıtım değerleri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



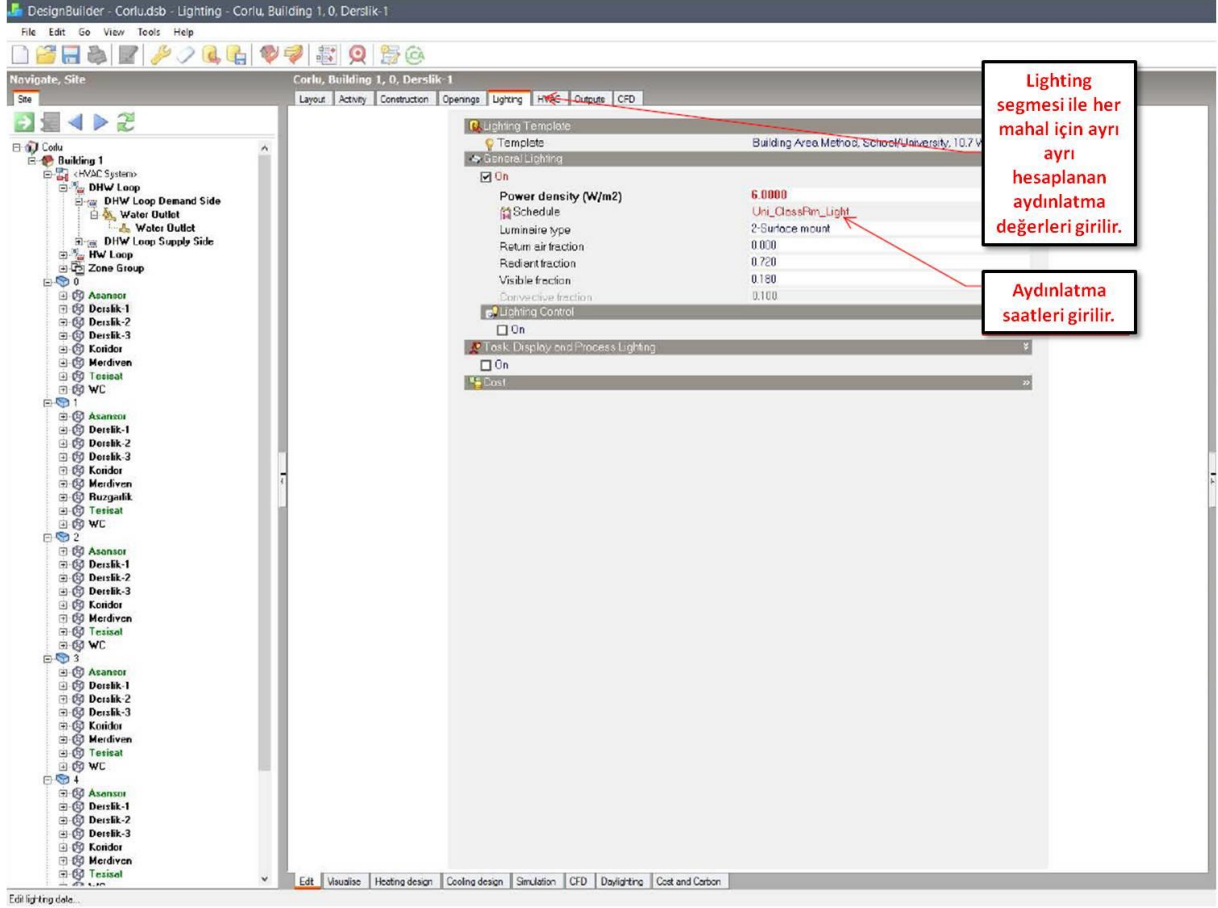
Şekil 3. 7. Duvar, çatı ve döşeme bilgileri ve yalıtım değerleri tanımlanan uygulama örneği

Openings segmesi ile mimari proje kesitlerine göre cam ve doğrama bilgileri programa girilir. Cam ve doğrama bilgileri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.



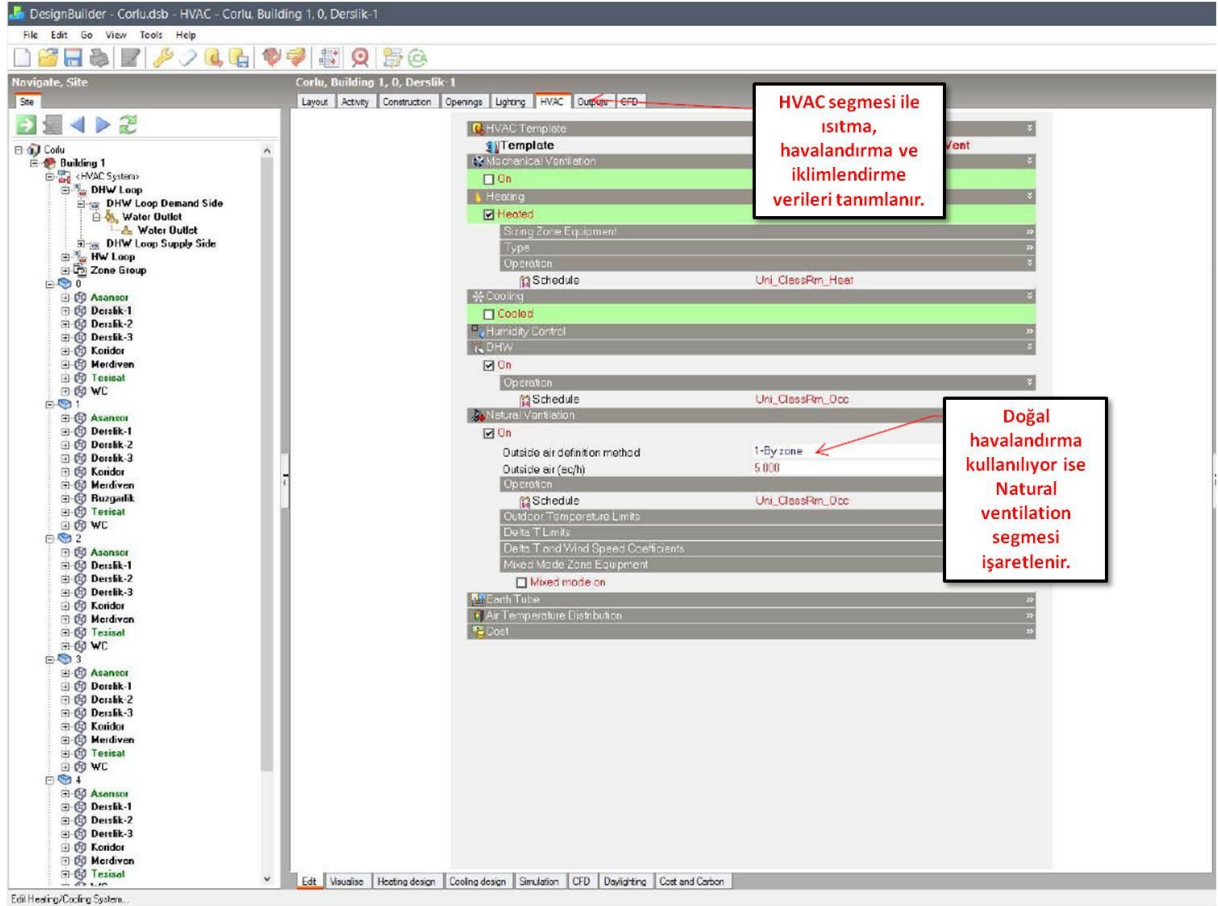
Şekil 3. 8. Cam ve doğrama bilgileri tanımlanan uygulama örneği

Lighting segmesi ile bina elektrik projelerine göre aydınlatma yoğunluk değerleri W/m<sup>2</sup> cinsinden her mahal için ayrı ayrı programa girilir. Aydınlatma yoğunluk değerleri tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



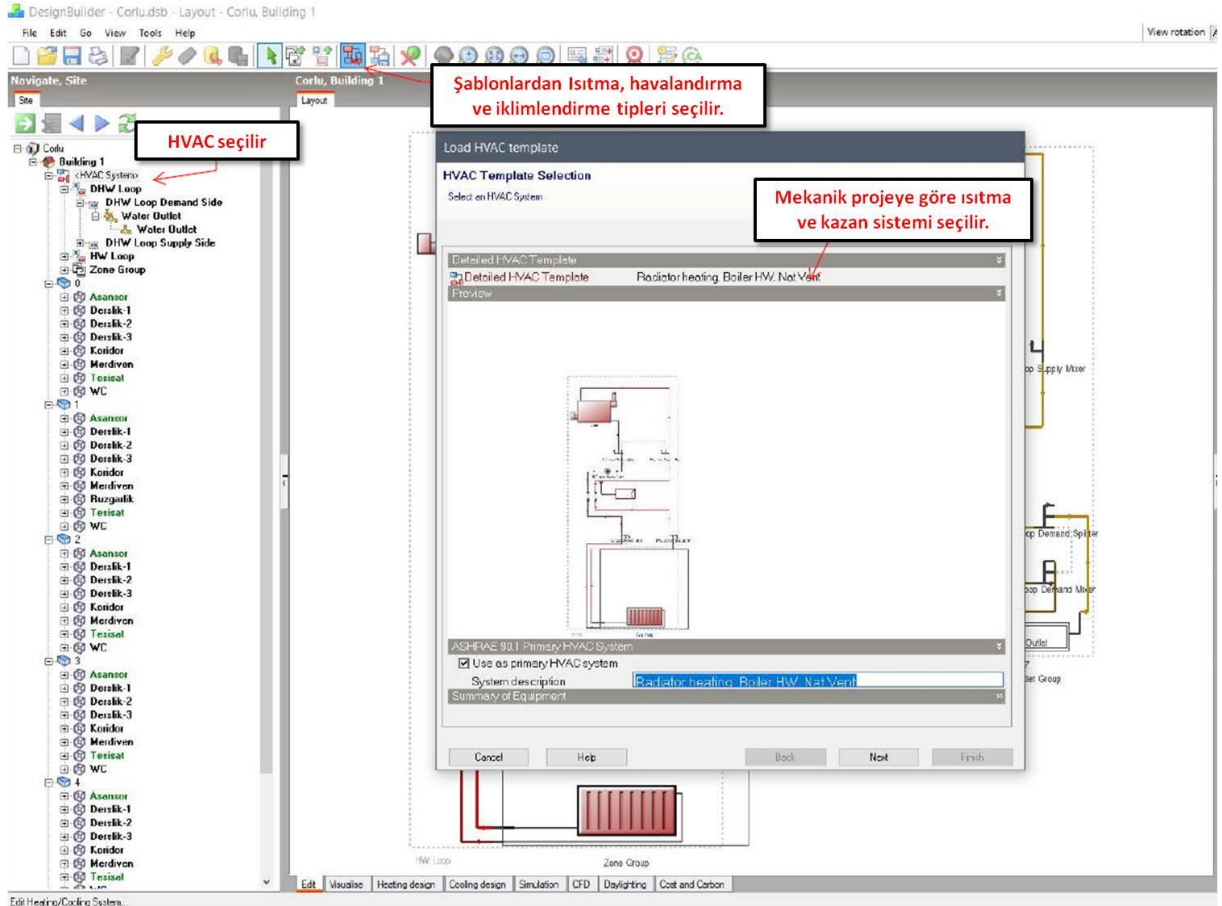
Şekil 3. 9. Aydınlatma yoğunluk değerleri tanımlanan uygulama örneği

HVAC segmesi ile bina mekanik projelerine göre ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme verileri her mahal için ayrı ayrı programa girilir. Binada doğal havalandırmanın kullanılması durumunda Natural Ventilation segmesi işaretlenerek aktifleştirilir. Doğal havalandırma tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 10. Doğal havalandırma tanımlanan uygulama örneği

Ayrıca HVAC segmesinden şablon tipleri seçilerek bina mekanik projelerine göre binaya uygun ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme şablonları tanımlanır. Isıtma ve kazan sistemi şablonu tanımlanan uygulama örneği Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.

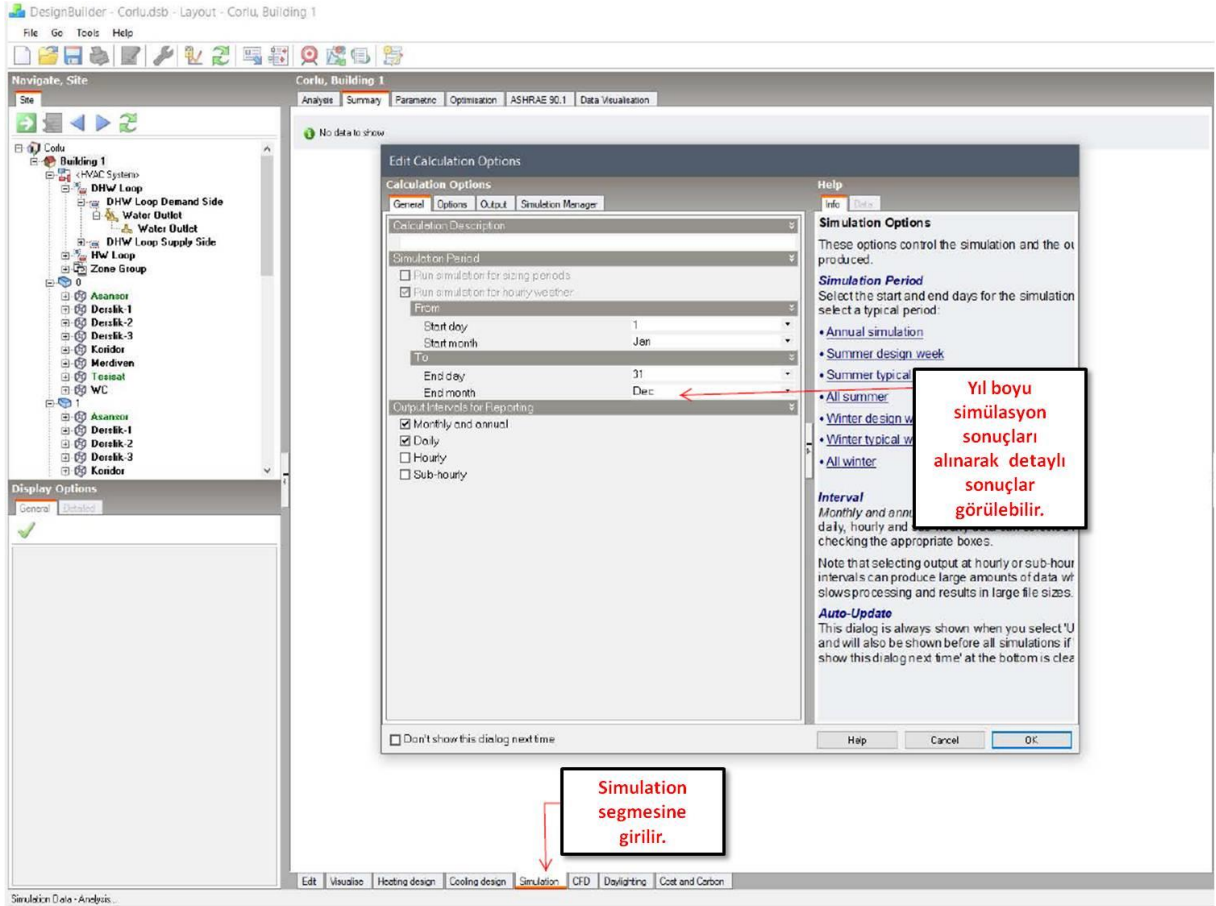


Şekil 3. 11. Isıtma ve kazan sistemi şablonu tanımlanan uygulama örneği

Böylece bina kabuğunun izolasyon değerleri, cam gölgeleme katsayıları, ekipman verimlilikleri (EER, IPLV, vs.), aydınlatma parametreleri ( $W/m^2$ ), sensörler, otomasyon senaryoları, bina doluluk oranları, alternatif enerji sistemleri, çatı malzemesi yansıtma katsayısı vb. birçok parametrenin de programa tanımlanmasıyla model oluşturulur.

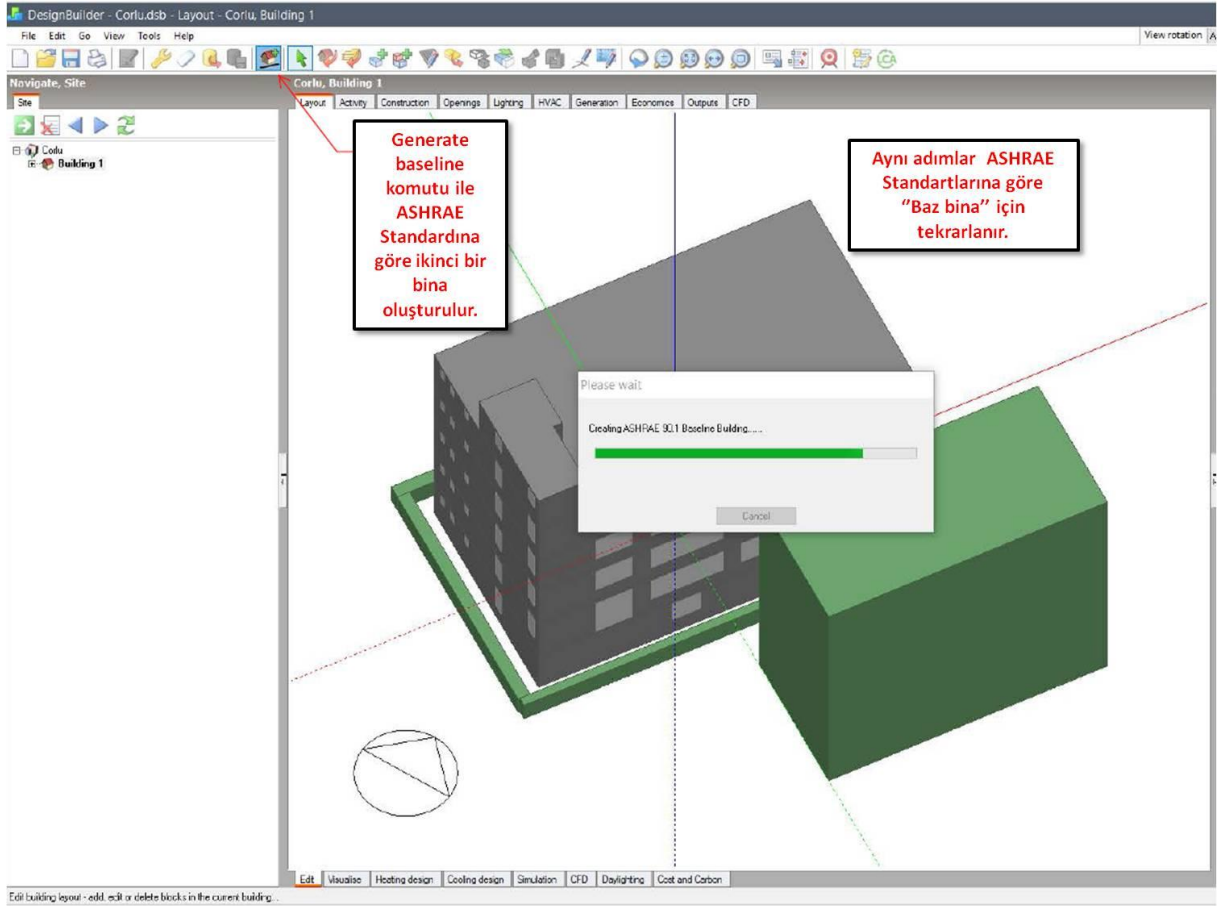


Tüm verileri tanımlanan modelin simulation segmesi yardımıyla yıllık simülasyon sonuçları detaylı olarak görülebilir. Ayrıca Energy Plus programı yardımıyla Design Builder ara yüzünden çeşitli analiz çıktıları alınabilir. Yıllık detaylı simülasyon sonuçları alınan uygulama örneği Şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 12. Yıllık detaylı simülasyon sonuçları alınan uygulama örneği

Binanın simülasyonu tamamlandıktan sonra mevcut ya da tasarımı yapılan bina ile aynı mimari özelliklere sahip bir referans bina modellenir. Bu modelleme için Generate baseline komutu ile ASHRAE Standartlarının tanımlandığı ikinci bir bina oluşturulur. Kıyaslama yapmak için oluşturulan bu “Baz bina” için aynı adımlar tekrarlanır. ASHRAE Standartlarına göre Baz Binanın programa tanımlanması Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 13. ASHRAE Standartlarına göre Baz binanın programa tanımlanması

Ayrıca Programı kullanırken model üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapıp binanın enerji harcamasına etkisini gözlemlemek mümkündür.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binasının Modellenmesi

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yapı İşlerinden temin edilen ek derslik binası; mimari, elektrik ve mekanik projeleri ek derslik binasının modellenmesinde esas alınmıştır. Ek Derslik Binasının üç boyutlu modelinin oluşturulabilmesi amacıyla binanın orijinal mimari projesi kullanılmıştır. Ek Derslik binasının yapı elemanları ile iç ve dış bütün hacimleri, orijinal mimari projeye göre; iki boyutlu (2D) olarak AUTOCAD programı ile çizilmiştir. Daha sonra hazırlanan bu çizimler ile Design Builder programında binanın üç boyutlu (3D) hali oluşturulmuştur.

Binanın bulunduğu bölgenin iklimsel verileri ASHRAE'ye dayanarak programa tanımlanmıştır. İkili öğretim sisteminin uygulandığı Ek derslik binası için aktiflik saatleri 07:00-23:00 olarak belirlenmiştir. Toplam 15 adet dersliğin bulunduğu ek derslik binasında aynı anda her bir dersliğin %80 doluluk oranına sahip olduğu yapılarak programa her bir derslik için 60 kişi tanımlanmıştır. Ek dersliğin ısı verilerini etkileyen yapısal özellikleri, hacimlerin kullanım amaçları, hacim içerisindeki insan yoğunluğu, ekipmanlar ve aydınlatıcı cihazların ısı kazanç ve kayıpları üzerindeki etkisini göz önünde bulundurabilmek amacıyla, bina modeli oluşturulurken, her hacme ait bu değişkenler de modele tanımlanmıştır. Yapı elemanlarının ısı geçiş katsayıları, pencere ve doğrama bilgileri ek derslik mimari projesine göre, aydınlatma yoğunluk değerleri ek derslik elektrik projelerine göre, ısıtma ve kazan bilgileri ek derslik mekanik projelerine göre programa girilmiştir. Ekipman yükleri olarak ek derslikte mevcut olan projeksiyon, bilgisayar, el kurutma, asansör, ısıtıcılı hava perdesi yükleri kullanılmıştır.

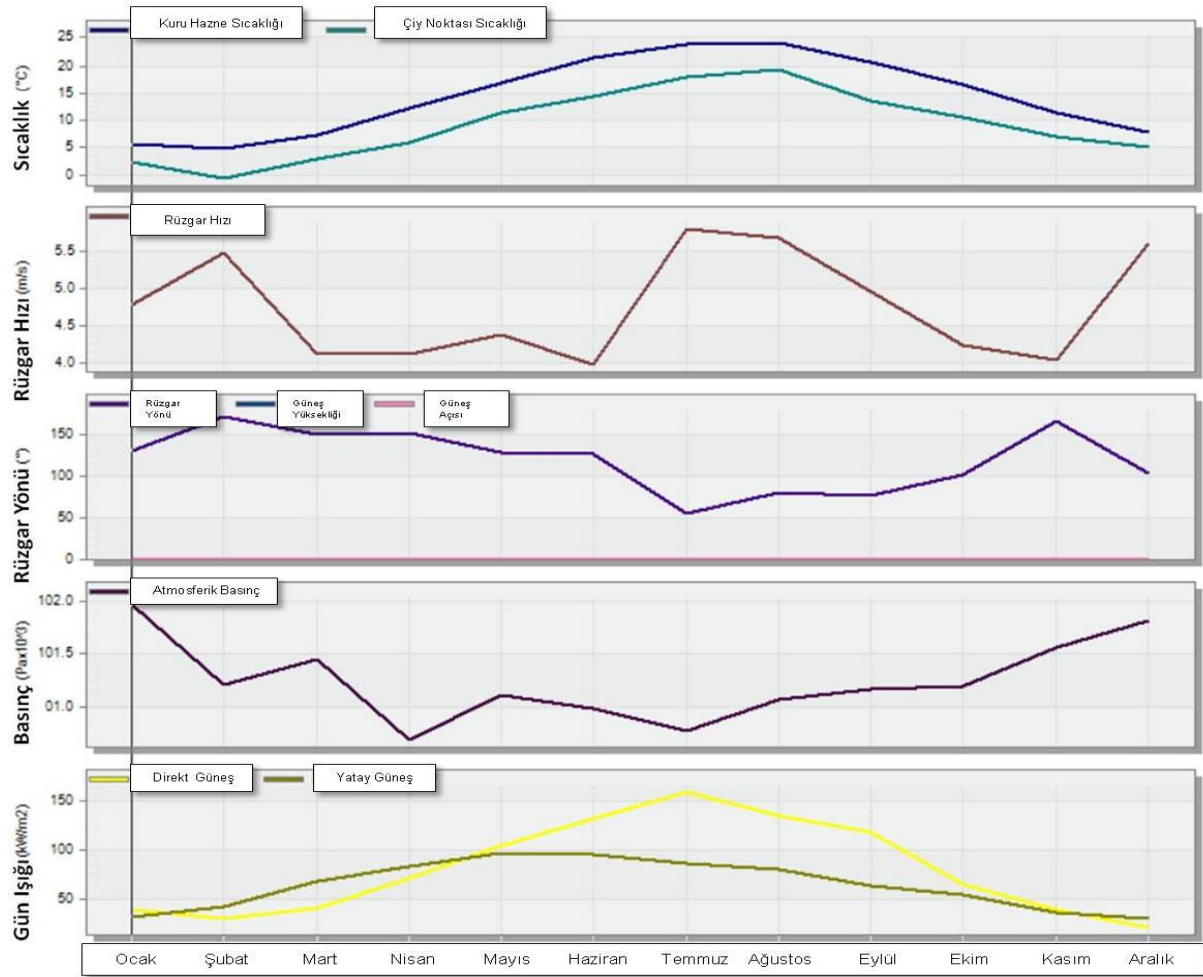
Design Builder programına tanımlanan tüm bu girdiler ile Ek Dersliğin "Gerçek Bina" modeli oluşturulmuştur. Ek Derslik Gerçek bina modeli hazırlandıktan sonra Design Builder ve Energy Plus ile yıllık enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu binayı ASHRAE standartlarına uygun bir bina ile kıyaslayabilmek için bir modelleme daha yapılmıştır. Bu modelin iklimsel, mimari, elektrik ve mekanik girdileri The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE 90.1-2010) standardına göre belirlenmiştir. ASHRAE 90.1 standardının önerdiği bütün sistem ve verilerin kullanıldığı model "ASHRAE baz bina" modeli olarak adlandırılmıştır. İlk modelde olduğu gibi simülasyon ile baz bina modelinin de senelik enerji tüketim miktarları bulunmuştur.

Son aşamada; iki modelin enerji harcamaları birbiri ile kıyaslanıp enerji performansı ve verimlilik miktarları hesaplanmıştır.

#### 4.1.1 Ek Derslik Gerçek Bina Enerji Modellemesi İçin Program Girdi Hesapları

##### 4.1.1.1 İklimsel girdiler

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu mühendislik Fakültesi Ek Derslik binası Marmara iklim bölgesinde, 4B iklim zonunda yer almaktadır. Ek derslik Gerçek bina simülasyonunda Energy Plus programının hava durumu dosyasından alınan 4B iklim zonuna ait hava durumu dosyası kullanılmıştır. Simülasyonda kullanılan 4B iklim zonuna ait hava durumu dosyası, program gereği ASHRAE standartlarının İstanbul ilinde ölçülen 25 yıllık güncel ortalama sıcaklık değerleri verilerinden oluşturulmuştur. 4B iklim zonuna ait hava durumu dosyasına göre aylık sıcaklık, rüzgar hızı - yönü, basınç ve gün ışığı bilgileri Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. 4B iklim bölgesi aylık sıcaklık, rüzgar hızı - yönü, basınç ve gün ışığı bilgileri (ASHRAE 2018)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Tekirdağ ili 1939-2018 ölçüm periyotlu sıcaklık ortalamaları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 1.** Tekirdağ İli 1939-2018 ölçüm periyotlu sıcaklık ortalamaları (MGM 2018)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)
Ocak	4,7	8,0	1,9
Şubat	5,4	8,9	2,4
Mart	7,3	11,0	4,1
Nisan	11,8	15,8	8,1
Mayıs	16,8	20,6	12,7
Haziran	21,3	25,3	16,6
Temmuz	23,8	28,0	19,0
Ağustos	23,8	28,2	19,3
Eylül	20,0	24,4	16,0
Ekim	15,4	19,5	12,0
Kasım	11,0	14,7	8,1
Aralık	7,1	10,3	4,2

Tekirdağ İli 1939-2018 ölçüm periyotlu sıcaklık ortalamaları ile programa tanımlanan İstanbul iline ait 25 yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin neredeyse tamamen örtüştüğü görülmektedir.

#### **4.1.1.2 Mimari girdiler**

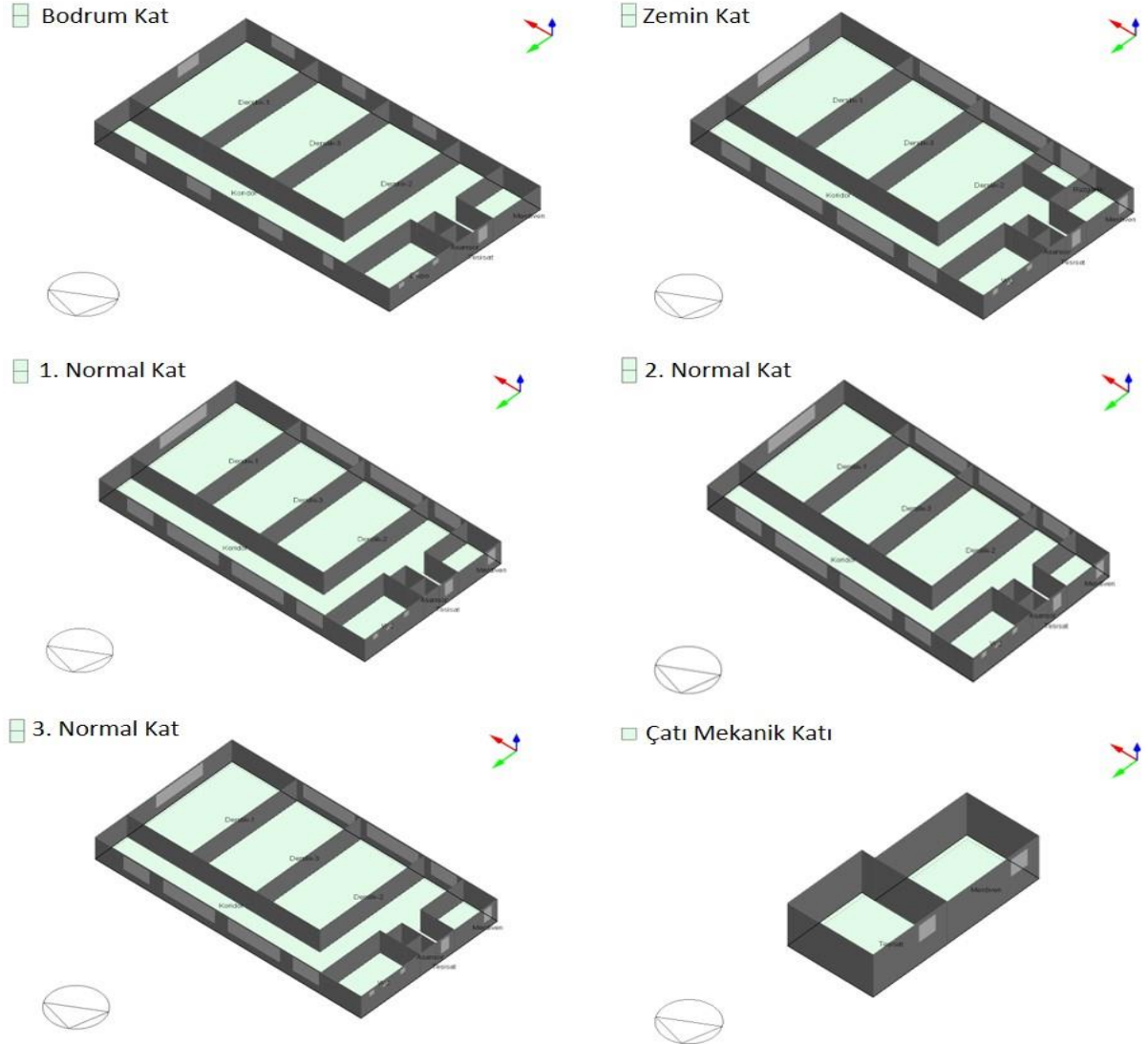
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu mühendislik Fakültesi Ek Derslik Gerçek binasının mimari yapısıyla ilgili bina şekli, yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayıları, pencere özellikleri ek derslik binası mimari projelerine göre programa tanımlanmıştır.

##### **4.1.1.2.1 Binanın şekli**

Ek Derslik bina mimari projesine göre Ek derslik Gerçek binası toplam alanı 2.544,9 m<sup>2</sup>, hacmi ise 9.129,7 m<sup>3</sup>’tür. Kat yüksekliği çatı katı haricinde 4 metredir. Toplam dış duvar brüt alanı 2055,06 m<sup>2</sup>, toplam pencere alanı ise 425,6 m<sup>2</sup>’dir. Ek Derslik Gerçek binası 1 adet bodrum kat, 1 adet zemin kat, 3 adet normal kat ve 1 adet çatı mekanik katı olmak üzere toplam 6 kattan oluşmaktadır.

Yapıda bulunan odalar programa ayrı mahallere ayrılarak tanımlanmıştır. Zemin ve 3 adet normal kat; Derslik, Sirkülasyon(Koridor), WC, Tesisat Odası, ve Merdiven+Sağalık

mahallerinden oluşurken, Bodrum katta WC yerine Depo mahali yer almakta Çatı mekanik katında ise Asansör Makine Dairesi, Tesisat Odası ve Merdiven+Sağamlık mahalleri yer almaktadır. Şekil 4.2’de Ek derslik bina mahalleri gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. Ek derslik bina mahalleri

#### 4.1.1.2 Isıl geçirgenlik katsayısı değerleri (U değeri)

Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri), binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık değerindeki farklılık nedeniyle oluşan ısı kaybının metrekare başına ifadesidir. Birimi  $W/m^2 K$  ‘dir. Enerji bakımından verimli bir bina tasarlarken, bu değer mümkün oldukça düşük tutulması esastır.

Ek derslik mimari projelerinde yer alan mimari kesit bilgileri programa girilmiş ve ek derslik Gerçek bina dış kabuğuna ait ısı geçirgenlik katsayıları program tarafından hesaplanarak modele tanımlanmıştır.

Mimari kesit bilgilerine göre ek derslik bina dış ve iç duvarının malzemesi tuğladır. Dış duvar tuğla kalınlığı 19 cm, zemin dolgu tuğla kalınlığı 28 cm'dir. Temel döşemesinde ön gerilmeli grobeton, teras yüzeyinde mat porselen granit, katlar arası döşemede ise parlak porselen granit kullanılmıştır. Ayrıca bina ısı izolasyonu 5 cm polyester elyaflı xps ile yapılmıştır.

Çizelge 4.2.'de Mimari kesitlere göre programa girilen malzeme özellikleri ve kalınlık bilgileri ile programca hesaplanan ek derslik Gerçek Bina ısı geçirenlik katsayı değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 4. 2.** Ek derslik Gerçek Bina ısı geçirenlik katsayı değerleri

Ek derslik binası mimari proje kesitlerine göre programa girilen malzeme özellikleri ve kalınlık bilgileri			Programca hesaplanan ısı geçirenlik katsayısı
Yapı Elemanı	Malzeme	Kalınlık(m)	U Değeri (W/m <sup>2</sup> K)
Çatı	Mat porselen granit	0,01	0,472
	Isı izolasyonu XPS	0,05	
	Asmolen tuğla dolgu	0,28	
	Eğim betonu	0,05	
	Su izolasyonu	0,003	
Zemin Üstü Duvarlar	Tuğla duvar	0,19	0,516
	Isı izolasyonu XPS	0,05	
	Kaba sıva	0,01	
	Alçı harçlı sıva	0,01	
Zemin Altı Duvarlar	Tuğla duvar	0,19	0,516
	Isı izolasyonu XPS	0,05	
	Kaba sıva	0,01	
	Alçı harçlı sıva	0,01	
Katlar arası döşeme	Parlak porselen granit	0,01	1,867
	Harç	0,01	
	Şap	0,025	
Temel Döşemesi	Grobeton C-20	0,05	0,477
	Baskı betonu C-20	0,05	
	Agrega	0,09	
	Koruyucu beton	0,1	
	Isı izolasyonu	0,04	
	Bohçalama su izolasyonu	0,003	

#### 4.1.1.2.3 Pencere özellikleri

Pencere özelliklerinin başlıcaları; pencere U- değeri, görünür ışık geçirgenliği oranı, güneş ısı kazancı katsayısı ve gölgeleme elemanları olarak sıralanmaktadır.

Pencere U-değeri; binanın içindeki ve dışındaki sıcaklık değerindeki farklılık nedeniyle oluşan ısı kaybına bağlı olarak pencereye verilen derecedir. Görünür ışık geçirgenliği (VLT) oranı; pencereden ne kadar ışığın geçtiğini gösterirken, Güneş ısı kazancı katsayısı (SHGC) değeri ise; pencere içinden hem doğrudan iletilen, hem de içeri doğru emilen ve yeniden yayılan güneş ışınımının fraksiyonudur.

Ek derslik pencere sistemlerinin özellikleri, ek derslik Gerçek bina mimari projelerinde yer alan mimari kesitlere göre programa tanımlanmıştır. Pencere 4+16+4 mm çift cam olup, çevresi alüminyum doğramadır. Ayrıca pencerelerde herhangi bir yapısal gölgeleme elemanı bulunmamaktadır.

Mimari proje kesitlerine göre Ek derslik Gerçek Bina pencere özellikleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 3.** Ek derslik Gerçek Bina pencere özellikleri

Ek derslik binası mimari proje kesitlerine göre programa girilen pencere malzemesi ve kalınlık bilgileri			Programca hesaplanan pencere U-değeri, SHGC değeri ve VLT oranı		
Yapı Elemanı	Malzeme	Kalınlık	U Değeri (W/m <sup>2</sup> K)	SHGC	VLT
Pencere sistemi	Adi cam, Alüminyum doğrama	Cam 4 mm, Hava boşluğu 16mm, Cam 4mm	2,73	0,60	%80

Ek Derslik Gerçek Bina Teras alanı 539 m<sup>2</sup>'dir. Teras üzeri 60x60cm mat porselen granit ile kaplanmış olup güneş yansıtıcılık yüzdesi %40, bina dış duvar yansıtıcılık yüzdesi ise %30 olarak programa tanımlanmıştır.

Ayrıca ek derslik Gerçek binasının doğusunu gölgeleyen ana binada programa tanımlanmıştır. Ayrıca bodrum kat çevresine toprak modellenmiştir. Bina konumu kuzeye 30 derece olacak şekilde arsa planına göre ayarlanmıştır.

#### 4.1.1.3. Elektriksel girdiler

Ek derslik Gerçek Binasında aydınlatma ekipmanı olarak Ek Derslik Binası bodrum katında; 50 adet 2x36 watt'lık etanj armatür, 1 adet 18 watt'lık etanj armatür, zemin ve normal katlarda 2x36 watt'lık 48 adet armatür, 1 adet 18 watt'lık armatür, çatı mekanik katında ise 2x36 watt'lık 2 adet armatür, 2 adet 18 watt'lık armatür bulunmaktadır. Zemin ve normal katlarda yer alan bay ve bayan tuvaletlerinde 3'er adet 2x13 watt'lık tasarruflu ampul, engelli tuvaletinde 1 adet 2x13 watt'lık tasarruflu ampul bulunmaktadır. Ek Derslik Gerçek Bina aydınlatma güç yoğunluk değerleri, ek derslik binası elektrik projesine göre programa mahal bazında ortalamaları alınarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.4'de Ek derslik binası elektrik projesine göre programa tanımlanan Ek derslik Gerçek Bina ortalama aydınlatma güç yoğunluk değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 4. 4.** Ek derslik Gerçek Bina ortalama aydınlatma güç yoğunluk değerleri

Ek derslik binası elektrik projesine göre mahal bazında aydınlatma ekipmanları		Mahal alanı bazında hesaplanarak programa girilen ortalama aydınlatma güç yoğunluk değerleri		
Mahal Tipi	Aydınlatma Ekipmanı	*Aydınlatma Gücü (W)	Mahal Alanları (m <sup>2</sup> )	Aydınlatma Güç Yoğunluk Değerleri (W/m <sup>2</sup> )
Derslikler	180 adet 2x36 watt armatür	8425	1404	6
Koridor	56 adet 2x36 watt armatür	2135	853	2,5
Teknik Alanlar	7 adet 1x18 watt armatür, 3 adet 2x36 watt armatür	270	54	5
WC	28 adet 2x13 watt ampül	410	128	3,2
Merdiven	5 adet 2x36 watt armatür	210	106	2

(Aydınlatma gücü hesabında aydınlatma ekipmanları çalışma süresi ve çalışma gün sayıları ek derslik çalışma takvimine göre belirlenmiştir.)

Ek derslik Gerçek bina priz yükleri binada bulunan elektrikli ekipmanlara göre hesaplanmıştır. Ek derslik binasında Tromp marka 6,6 kw'lik asansör bulunmaktadır. WC'lerin her birinde Steltek marka 2500 watt'lık elektrikli el kurutma makinası bulunmaktadır. WC'lerde fan bulunmamakta olup, havalandırma doğal olarak sağlanmaktadır.

Ek derslik binasında yer alan 15 adet dersliğin her birinde 1 adet 203 watt'lık projeksiyon, 1 adet 90watt'lık laptop bulunmaktadır. Zemin kat girişinde niva marka 9 kw'lik genel tip ısıtıcı hava perdesi ve 60 watt'lık LED projektör bulunmaktadır. Her bir koridorda 5'er adet her biri 10 watt'lık acil durum çıkış işaretleri bulunmaktadır. Programa asansör, giriş kapısı ısıtıcı hava perdesi, WC el kurutma makinaları, projeksiyon, bilgisayar ve diğer priz yükleri girilmiştir.

Çizelge 4.5.'de programa girilen Ek derslik Gerçek Bina için mahal bazında ortalama elektrikli ekipman güç yoğunluk değerleri görülmektedir.

**Çizelge 4. 5.** Ek derslik Gerçek Bina ortalama elektrikli ekipman güç yoğunlukları

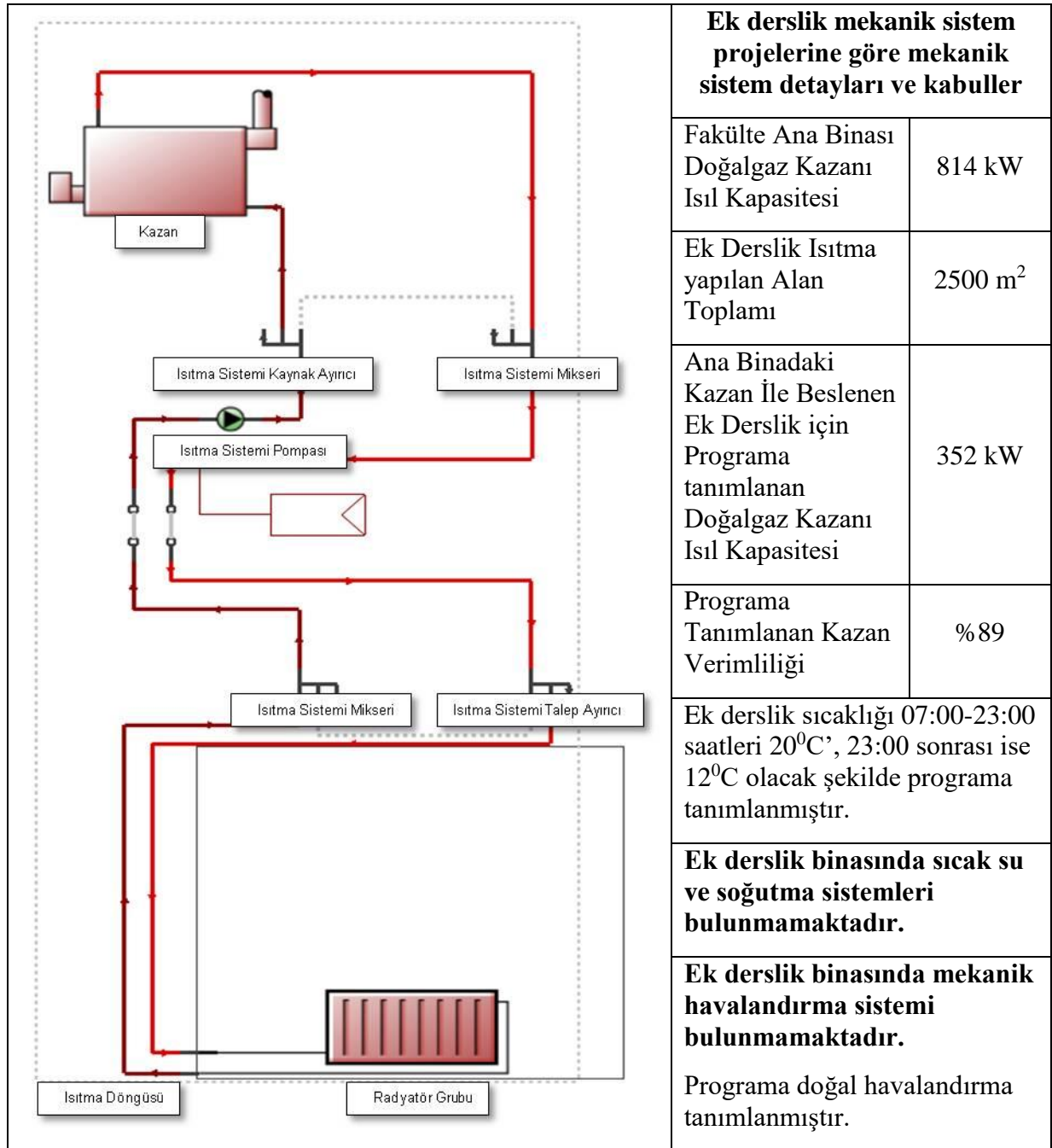
Ek derslik binasında kullanılan başlıca elektrikli ekipmanlar		Mahal alanı bazında hesaplanarak programa girilen ortalama ekipman güç yoğunlukları		
Mahal Tipi	Elektrikli Ekipman Tipi	*Ekipman Gücü (W)	Mahal Alanları (m <sup>2</sup> )	Elektrikli Ekipman Güç yoğunlukları (W/m <sup>2</sup> )
Derslikler	15 adet 203 watt projeksiyon, 15 adet 90 watt laptop, vb. priz yükü	6650	1404	4,74
Koridor	1 adet 6600 watt asansör, 1 adet 9000 watt ısıtıcı hava perdesi,	5750	1141	5,04
Teknik Alanlar	1 adet 60 watt led projektör,			5,04
WC	15 adet 2500 watt el kurutma,			5,04
Merdiven	25 adet 10 watt acil durum çıkış işaretleri, vb. priz yükü			5,04

(Elektrikli ekipman gücü hesabında elektrik ekipmanlarının çalışma süreleri teorik olarak belirlenmiştir.)



#### 4.1.1.4. Mekanik girdiler

Ek derslik binasında ısıtma sistemi olarak doğalgaz kazanlı ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Ek derslik binası mekanik projelerine göre binada boyutları birbirinden farklı 32 adet radyatör bulunmaktadır. Ek derslik binasında bulunan radyatörlerde ısıtma, ana binada bulunan 1 adet doğalgaz kazanı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Şekil 4.3.'de, ek derslik mekanik projelerine göre programa tanımlanan ek derslik Gerçek Binası mekanik sistem diyagramı ve öngörülen mekanik sistem detayları yer almaktadır.

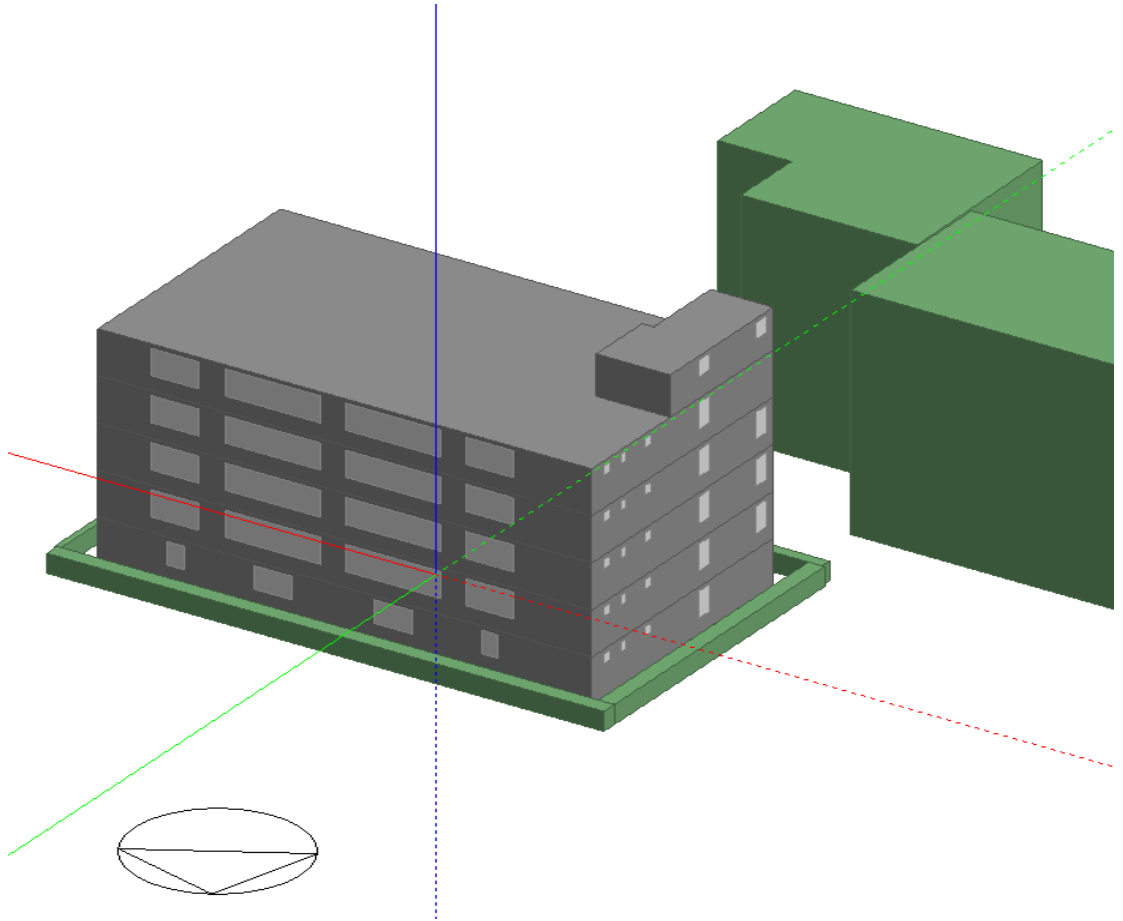


Şekil 4. 3. Ek derslik Gerçek Bina için mekanik sistem bilgileri ve mekanik sistem diyagramı

Ana binada bulunan Alarko marka doğalgaz kazanı ısı gücü 814 kW'dir. Kazan verimliliği %89 olarak öngörülmüştür. Ana binada yer alan doğalgaz kazanı ile ek derslik binasında ısıtma yapılacak alan yaklaşık olarak 2500 m<sup>2</sup>'dir. Bu nedenle ana binadan ek derslik binasına 352 kW besleme yapıldığı öngörülmüştür.

Ek derslik binasında; soğutma ve mekanik havalandırma sistemleri bulunmamaktadır. Havalandırma doğal olarak sağlanmaktadır. Ek derslik binasında sıcaklık; 07:00-23:00 saatleri 20°C, 23:00 sonrası ise 12°C olacak şekilde programa tanımlanmıştır.

Design Builder programı ile tüm iklimsel, mimari, elektriksel, mekanik girdileri tanımlanan Ek derslik Gerçek Bina modeli Şekil 4.4.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Ek derslik Gerçek Bina modeli

## **4.1.2. Ek Derslik ASHRAE Baz Bina Enerji Modellemesi İçin Program Girdi Hesapları**

### **4.1.2.1. İklımsel girdiler**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi orlu mühendislik Fakültesi Ek Derslik ASHRAE Baz Bina modellemesinde kullanılacak iklim verileri tamamen Ek derslik Gerçek Bina modellemesinde kullanılan verilerle aynı olacaktır. Yani, 4B iklim zonu Marmara iklim bölgesinde, ölçülen sıcaklıkların 25 yıllık ortalama değerleri kullanılmıştır. Bunun yanında, ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklıklar da, ısıtma sıcaklığını belirlemek için kullanılmıştır.

### **4.1.2.2. Mimari girdiler**

#### **4.1.2.2.1. Binanın şekli**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi orlu mühendislik Fakültesi Ek Derslik ASHRAE Baz Binasının mimari şekli Gerçek Binanın aynı olacak şekilde programa tanımlanmıştır. Bu doğrultuda Ek Derslik ASHRAE Baz Binası toplam alanı 2.544,9 m<sup>2</sup>, hacmi 9.129,7 m<sup>3</sup>, kat yüksekliği çatı katı haricinde 4 m, toplam dış duvar bürüt alanı 2055,06 m<sup>2</sup>, toplam pencere alanı ise 425,6 m<sup>2</sup> olarak modellenmiştir.

Ek Derslik ASHRAE Baz Binası; Gerçek Ek Derslik binasına uygun olarak 1 adet bodrum kat, 1 adet zemin kat, 3 adet normal kat ve 1 adet çatı mekanik katı olmak üzere toplam 6 kattan oluşmaktadır. Yapıda bulunan odalar yine ayrı mahallere ayrılarak programa tanımlanmıştır. Ek derslik ASHRAE Baz Binasında bulunan mahaller Gerçek Bina katlarında yer alan tüm mahallerle aynı modellenmiştir.

#### **4.1.2.2.2. Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri)**

ASHRAE Baz Bina modellemesinde ısıl geçirgenlik katsayısı değerleri olarak ASHRAE 90.1-2010 standartlarında belirtilen girdiler programa tanımlanmıştır.

ASHRAE 90.1-2010 standardına göre Ek derslik ASHRAE Baz Bina ısıl geçirgenlik katsayısı değerleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Ek derslik ASHRAE Baz Bina ısı geçirenlik katsayısı değerleri (ASHRAE 2018)

Yapı Elemanı	*ASHRAE Baz Bina U Değerleri (W/m <sup>2</sup> K)
Çatı	0,273
Zemin Üstü Duvarlar	0,365
Zemin Altı Duvarlar	C-6,473
Katlar Arası döşeme	1,558
Temel Döşemesi	F-1,264

(\* ASHRAE 90.1-2010 Standartları: Tablo 5.5-4 (4ABC) İklim Bölgeleri için Bina Kabuğu Gereksinimleri)

#### 4.1.2.2.3 Pencere özellikleri

ASHRAE Baz Binasında pencereler gerçek ek derslik binasında olduğu boyutlarda, 4+16+4 mm çift cam, çevresi alüminyum doğrama olacak şekilde ASHRAE 90.1-2010 standardına göre modellenmiştir. Herhangi bir strüktürel gölgeleme elemanı bulunmamaktadır. ASHRAE 90.1-2010 standardına göre Ek derslik Gerçek Bina pencere özellikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 7.** Ek derslik ASHRAE Baz Bina pencere özellikleri (ASHRAE 2018)

*ASHRAE Baz Bina Pencere Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri), Güneş ısı kazanım katsayısı (SHGC) ve Görünür ışık geçirgenliği oranı (VLT)			
Pencere	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	SHGC	VLT
	3,12	0,40	%56

(\* ASHRAE 90.1-2010 Standartları: Tablo 5.5-4 (4ABC) İklim Bölgeleri için Bina Kabuğu Gereksinimleri ve Tablo G3.1 Baz Bina Performansını Hesaplamak için Önerilen Modelleme Gereksinimleri)

Ek derslik ASHRAE Baz Bina güneş yansıtıcılık yüzdesi %30 bina dış duvar yansıtıcılık yüzdesi %30 olarak ASHRAE 90.1-2010 standardına göre programa tanımlanmıştır.

#### 4.1.2.3. Elektriksel girdiler

ASHRAE standartlarına göre belirlenmiş en yüksek aydınlatma güç yoğunluk değerleri Ek derslik ASHRAE Baz Binasındaki her mahal için simülasyona tek tek tanımlanmıştır. ASHRAE 90.1-2010 standardına göre Ek derslik ASHRAE Baz Binası gün ışığı kontrolü programa ayrıca tanımlanmıştır.

ASHRAE 90.1-2010 standardına göre mahal bazında Ek derslik ASHRAE Baz Bina aydınlatma güç yoğunluk değerleri Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 8.** Ek derslik ASHRAE Baz Bina aydınlatma güç yoğunluk değerleri (ASHRAE 2018)

<b>Mahal Tipi</b>	<b>*ASHRAE Baz Bina Aydınlatma Güç Yoğunluk Değerleri (W/m<sup>2</sup>)</b>
Derslik	13
Koridor	7
Teknik Alanlar	10
WC	10
Merdiven	7

(\* ASHRAE 90.1-2010 Standartları: Tablo 9.6.1 Mahal Kullanım Metoduyla Aydınlatma Güç Yoğunlukları)

Baz binada tanımlanmış olan elektrik motorlarının verim sınıfı IE2 olarak simülasyona girilmiştir. Ekipman yüklerinin aslına uygun olması için Ek Derslik Gerçek bina priz yük değerleri, ASHRAE Baz Bina priz yük değerleri içinde aynen seçilmiştir. Ek derslik ASHRAE Baz Bina için mahal bazında programa tanımlanan ortalama elektrikli ekipman güç yoğunluk değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 9.** Ek derslik ASHRAE Baz Bina ortalama elektrikli ekipman güç yoğunlukları

<b>Mahal Tipi</b>	<b>*ASHRAE Baz Bina Elektrikli Ekipman Güç Yoğunlukları (W/m<sup>2</sup>)</b>
Derslik	4,74
Koridor	5,02
Teknik Alanlar	5,02
WC	5,02
Merdiven	5,02

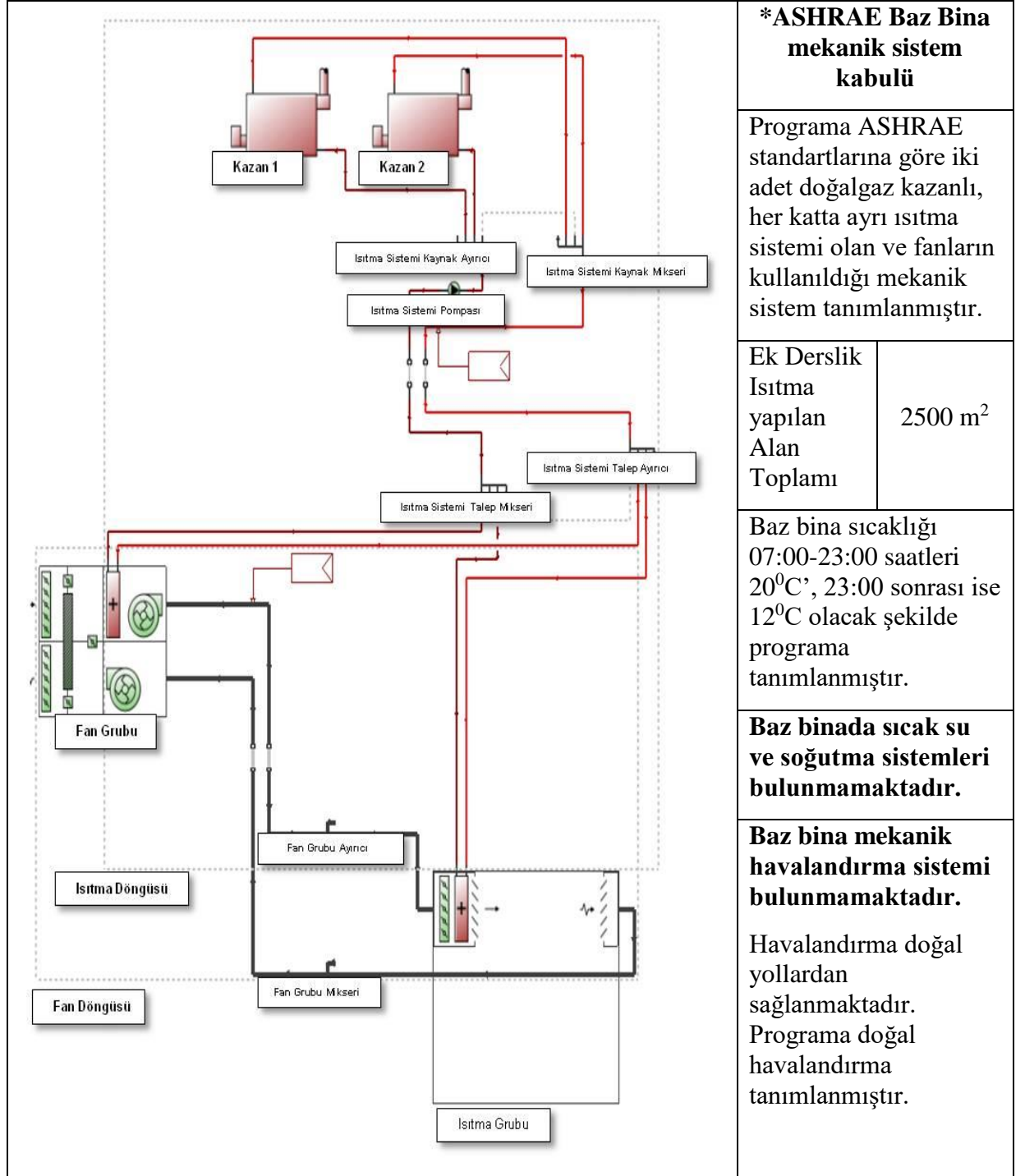
(\* Ek derslik Gerçek binası ile aynı priz yükleri tanımlanmıştır.)

#### 4.1.2.4. Mekanik girdiler

ASHRAE standartlarında, bina tiplerine ve büyüklüklerine göre tanımlanması gereken mekanik sistemler açıklanmıştır. Buna göre Ek derslik binasında soğutma ve mekanik havalandırma sistemi bulunmadığından ASHRAE Baz bina modeline; ASHRAE 90.1-2010 standardında öngörülen fanların kullanıldığı ve her katta ayrı ısıtma sistemi olan mekanik sistem tanımlanmıştır.

Programda sıcaklık; Gerçek Binada tanımlandığı gibi 07:00-23:00 saatleri 20°C'ye 23:00 sonrası ise 12°C'ye ayarlanmıştır. Isıtma sistemi değişken debili bir havalandırma sistemine bağlıdır ve 2 adet kazan ile beslenmektedir.

Şekil 4.5.'de, programa tanımlanan Ek derslik ASHRAE Baz Bina mekanik sistemlerinin diyagramı yer almaktadır.

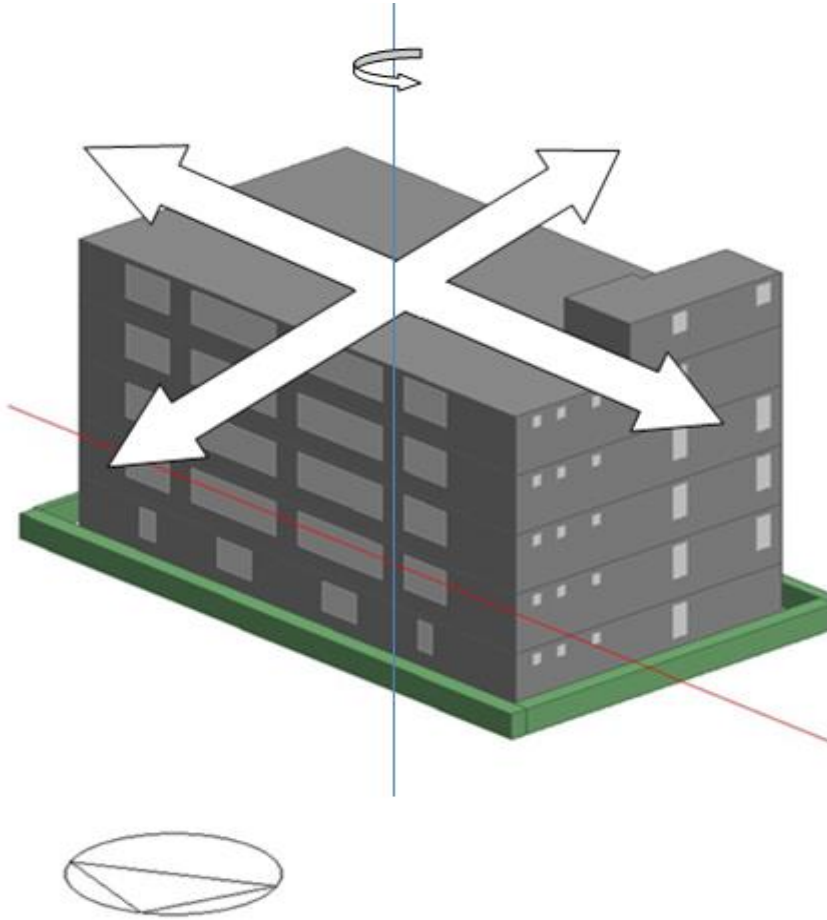


(\* ASHRAE 90.1-2010 Standartları: Tablo G3.1.1A Baz Bina HVAC Sistem Tipleri ve Tablo G3.1.1B Baz Bina Sistem Açıklamaları )

Şekil 4. 5. Ek derslik ASHRAE Baz Bina mekanik sistem diyagramı (ASHRAE 2018)

Ayrıca ASHRAE Standartları 90.1-2010 Ek G kriterlerine göre ek derslik ASHRAE Baz Bina farklı oryantasyonlar için;  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  ve  $270^{\circ}$ 'lik açılarda döndürülerek dört yöne bakacak şekilde ayrı ayrı programa girilip ortalaması alınarak modellenmiştir

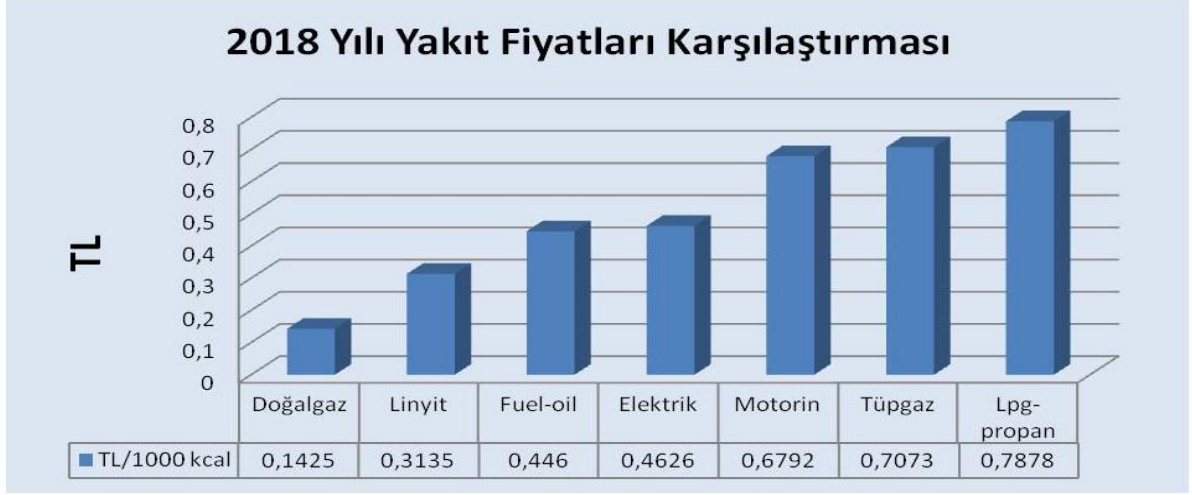
Design Builder programı ile tüm iklimsel, mimari, elektriksel, mekanik girdileri tanımlanan Ek derslik ASHRAE Baz Bina modeli Şekil 4.6.' da gösterilmiştir.



Şekil 4. 6. Ek derslik ASHRAE Baz bina modeli

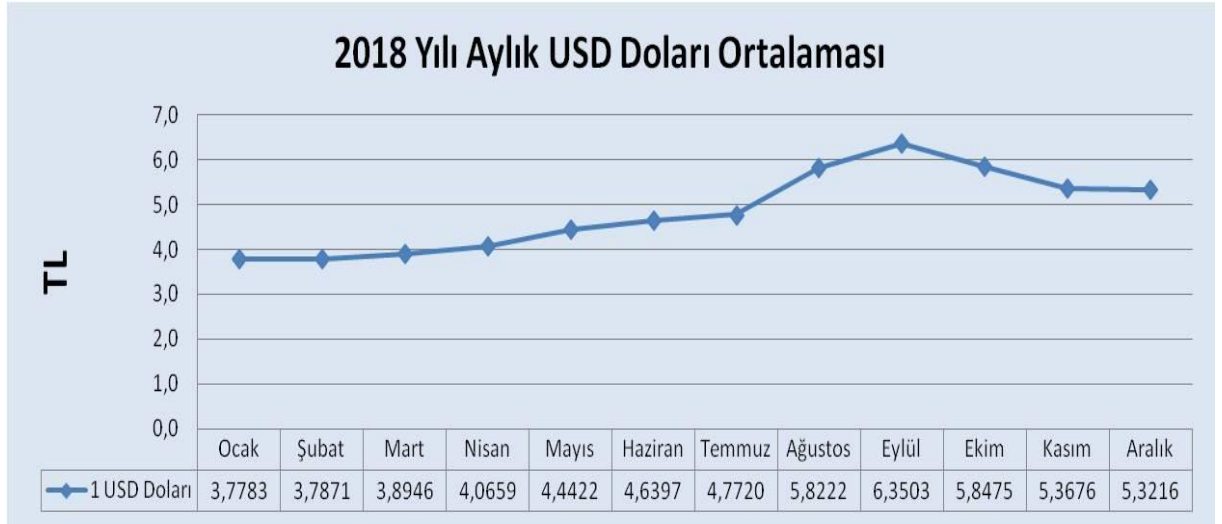
#### 4.1.3. Ek Derslik Gerçek ve Ek Derslik ASHARE Baz Bina enerji maliyeti ile ilgili girdi hesapları

Programda enerji maliyeti, binaların enerji masrafları üzerinden dolar bazında hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda enerji masrafları dolar bazında programa tanımlanmıştır. İstanbul Gaz Dağıtım San. ve Tic. A.Ş. verilerine göre (Anonim 2018-ğ) 2018 yılı Türkiye standart Doğalgaz fiyatı 0,1425 TL, Elektrik fiyatı ise 0,4626 TL olarak belirlenmiştir. Şekil 4.7.'de 2018 yılı Türkiye yakıt fiyatları şekil 4.8.'de ise 2018 yılı dolar ortalaması görülmektedir.



Şekil 4. 7. Türkiye 2018 yılı yakıt fiyatları karşılaştırması (Anonim 2018-ğ)

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası verilerine göre (Anonim 2018-h) 2018 yılı Türkiye aylık USD doları ortalaması Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 8. Türkiye 2018 yılı USD doları aylık ortalamasının TL karşılığı (Anonim 2018-h)

2018 yılı aylık dolar kuru ortalamasına göre; yıllık ortalama 1 USD doları karşılığı 4,84 TL alınmıştır. 2018 yılı ortalama dolar kurunun TL karşılığı ve birim yakıt fiyatlarına göz önüne alındığında ise programa 1 kWh Elektrik enerjisi sarfiyatına karşılık ortalama 0,096 USD doları, 1 kWh Doğal Gaz enerjisi sarfiyatına karşılık ortalama 0,029 USD doları tanımlanmıştır.

Tez kapsamında uygulama örneği olarak seçilen Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik binasının ‘‘Gerçek Bina’’ ve ‘‘ASHRAE Baz Bina’’

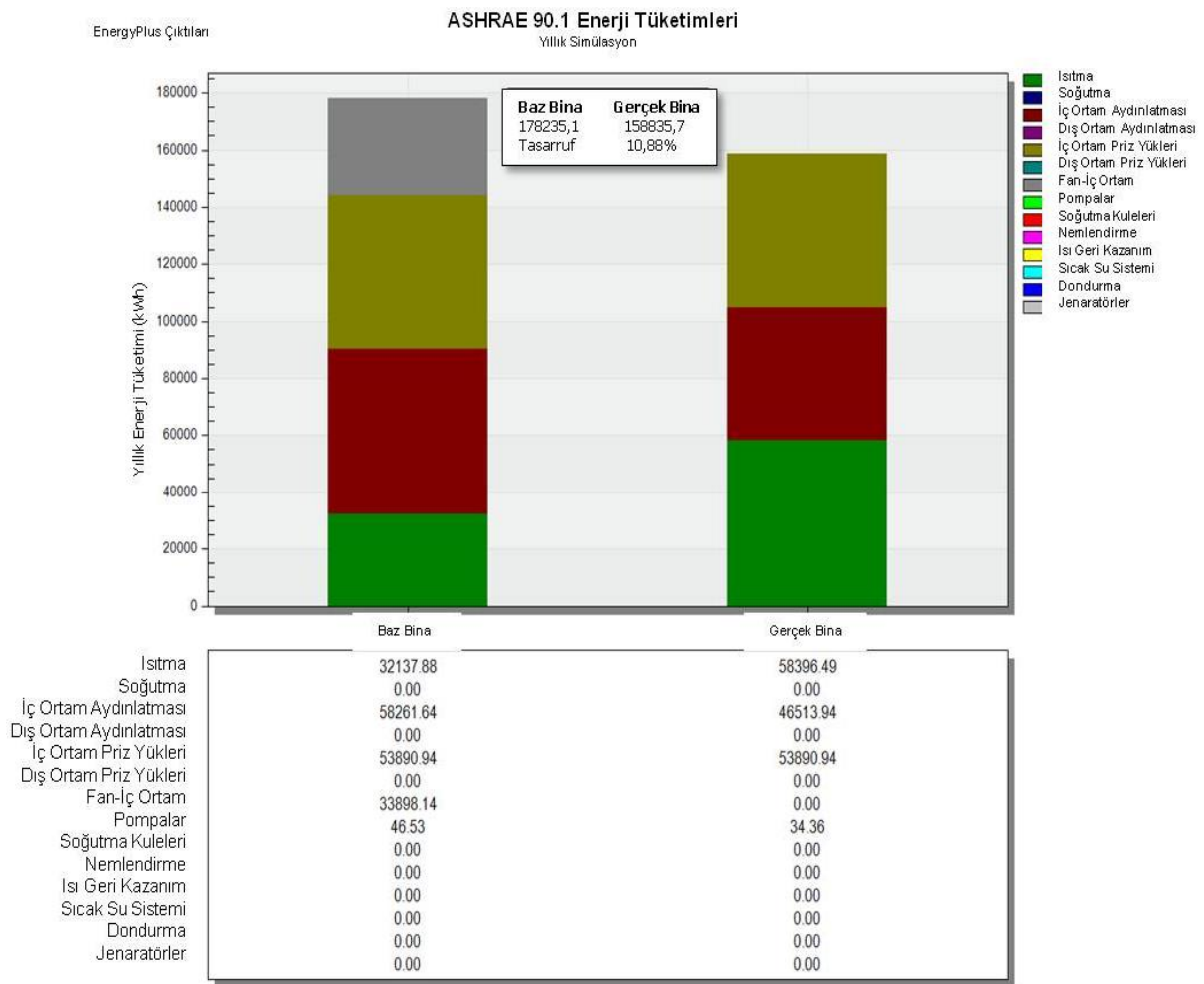


girdileri programa tanımlanarak modellemeleri hazırlanmıştır. Modellemelerden sonra simülasyon başlatılarak ek derslik binasının enerji performans analizleri sonuçları alınmıştır.

## 4.2. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi

### 4.2.1. Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Design Builder ile simüle edilen Ek derslik ASHRAE Baz Bina ve Ek derslik Gerçek Binalarının enerji tüketim sonuçları çıktıları Şekil 4.9.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 9. Ek derslik ASHRAE Baz ve Gerçek Binalarının enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.10.'da Ek derslik ASHRAE Baz Binasının yakıt bazında yıllık tükettiği toplam enerji miktarı görülmektedir.

**Çizelge 4. 10.** Ek derslik ASHRAE Baz Binasının yakıt bazında yıllık tükettiği enerji miktarı

<b>TÜKETİLEN ENERJİ (KWH)</b>	<b>ELEKTRİK</b>	<b>DOĞALGAZ</b>	<b>TOPLAM</b>
Isıtma	0	32.138	32.138
Soğutma	0	0	0
İç Ortam Aydınlatması	58.262	0	58.262
Dış Ortam Aydınlatması	0	0	0
İç Ortam Priz Yükleri	53.891	0	53.891
Dış Ortam Priz Yükleri	0	0	0
Fan-İç Ortam	33.898	0	33.898
Pompalar	47	0	47
Soğutma Kuleleri	0	0	0
Nemlendirme	0	0	0
Isı Geri Kazanım	0	0	0
Su Sistemi (Kullanım Sıcak Suyu)	0	0	0
Dondurma	0	0	0
Jenaratörler	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>146.097</b>	<b>32.138</b>	<b>178.235</b>

Çizelge 4.11.'de Ek derslik Gerçek Binasının yakıt bazında yıllık tükettiği toplam enerji miktarı görülmektedir.

**Çizelge 4. 11.** Ek derslik Gerçek Binasının yakıt bazında yıllık tükettiği enerji miktarı

<b>TÜKETİLEN ENERJİ (KWH)</b>	<b>ELEKTRİK</b>	<b>DOĞALGAZ</b>	<b>TOPLAM</b>
Isıtma	0	58.397	58.397
Soğutma	0	0	0
İç Ortam Aydınlatması	46.514	0	46.514
Dış Ortam Aydınlatması	0	0	0
İç Ortam Priz Yükleri	53.891	0	53.891
Dış Ortam Priz Yükleri	0	0	0
Fan-İç Ortam	0	0	0
Pompalar	34	0	34
Soğutma Kuleleri	0	0	0
Nemlendirme	0	0	0
Isı Geri Kazanım	0	0	0
Su Sistemleri (Kullanım Sıcak Suyu)	0	0	0
Dondurma	0	0	0
Jenaratörler	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>100.439</b>	<b>58.397</b>	<b>158.836</b>

Simülasyon sonucuna göre Ek derslik ASHRAE Baz Bina ve Ek derslik Gerçek Bina arasındaki enerji tüketim farkı başka bir ifade ile Ek derslik Gerçek Bina'nın Ek derslik ASHRAE Baz Bina'ya göre enerji tasarrufu Çizelge 4.12.'de analiz edilmiştir.

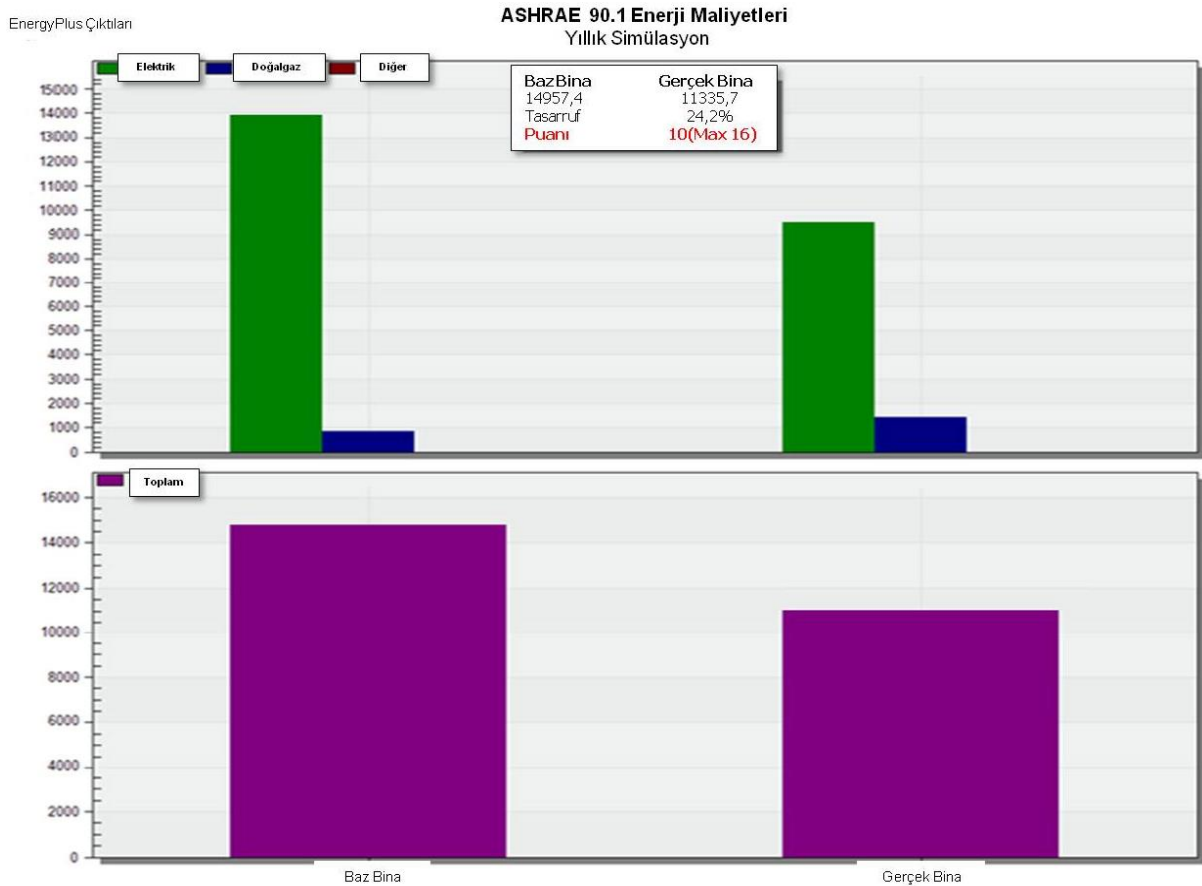
**Çizelge 4. 12.** Ek derslik Gerçek ve ASHRAE Baz Binası enerji performans karşılaştırması

Enerji Tüketen Sistemler	Tip	ASHRAE Baz Bina Enerji (kWh)	Gerçek Bina Enerji (kWh)	Fark (kWh)	Performans %
Isıtma	Doğalgaz	32.138	58.397	-26.259	-%82
İç Ortam Aydınlatması	Elektrik	58.262	46.514	11.748	%20
İç Ort. Cihaz P. Yükleri	Elektrik	53.891	53.891	0	%0
Fanlar	Elektrik	33.898	0	33.898	%100
Pompalar	Elektrik	47	34	12	%26,16
<b>Toplam Tüketim</b>		<b>178.235</b>	<b>158.836</b>	<b>19.399</b>	<b>%11</b>

Karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik Gerçek Bina kendisiyle paralel Ek derslik ASHRAE Baz Bina'ya göre %10,88 daha az enerji tüketmektedir.

#### 4.2.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar

Design Builder ile simüle edilen Ek Derslik ASHRAE Baz Bina ve Ek Derslik Gerçek Binalarının enerji maliyetleri çıktıları Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



**Şekil 4. 10.** Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek Binalarının Yıllık Enerji Maliyet Çıktıları

Çizelge 4.13.'de Ek Derslik ASHRAE Baz Bina ve Ek Derslik Gerçek Binalarının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 13.** Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek Binalarının enerji maliyet karşılaştırması

	ASHRAE Baz Bina	Gerçek Bina
Elektrik Maliyeti (USD)	14025	9642
Doğal Gaz Maliyeti (USD)	932	1694
Toplam Enerji Maliyeti (USD)	14957	11336
İyileştirme Yüzdesi	%24	
LEED Puanı	10 puan	

Enerji maliyetleri karşılaştırıldığında Ek derslik Gerçek binası, Ek derslik ASHRAE Baz Binasına göre %24,21 enerji tasarrufu sağlayarak LEED önkoşulunu yerine getirmiştir. Ek derslik Gerçek Binası Çizelge 2.6. da verilen ve Yeşil bina LEED sertifikalandırma kategorilerinden Enerji ve Atmosfer kategorisi için belirlenen 16 LEED puanından %24,21'lik enerji tasarrufu ile 10 puan kazanmıştır.

#### **4.2.3. Ek Derslik ASHRAE Baz ve Gerçek Binalarının CO<sub>2</sub> salınımları ile ilgili çıktılar**

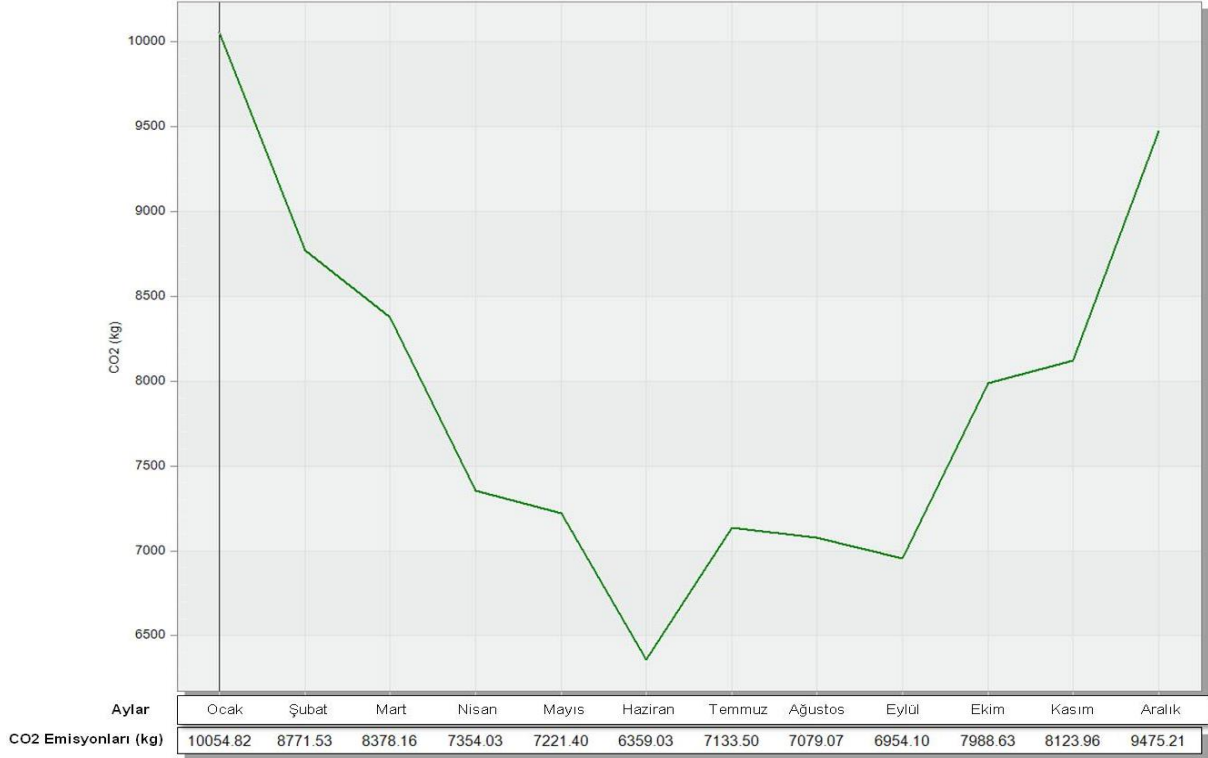
Design Builder ile simüle edilen Ek derslik ASHRAE Baz Binasının yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı yaklaşık 94.893 CO<sub>2</sub>(kg), Ek Derslik Gerçek Binasının yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı ise yaklaşık 71.818 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır.

Ek derslik ASHRAE Baz ve Ek Derslik Gerçek Bina CO<sub>2</sub> salınımlarının ısıtmanın yoğun olduğu kış aylarında fazlaştığı, pik değerlerine ocak ayında ulaştığı ve bu pik değerlerin Ek derslik ASHRAE Baz Binası için yaklaşık 10055 CO<sub>2</sub>(kg), Ek Derslik Gerçek Binası için 8081 CO<sub>2</sub>(kg) olduğu tespit edilmiştir.

Ek derslik ASHRAE Baz Binasının karbon ayak izini gösteren yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerleri çıktıları Şekil 4.11.'de, Ek derslik Gerçek Binasının karbon ayak izini gösteren yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerleri çıktıları ise Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.

10054.82  
EnergyPlus Çıktıları

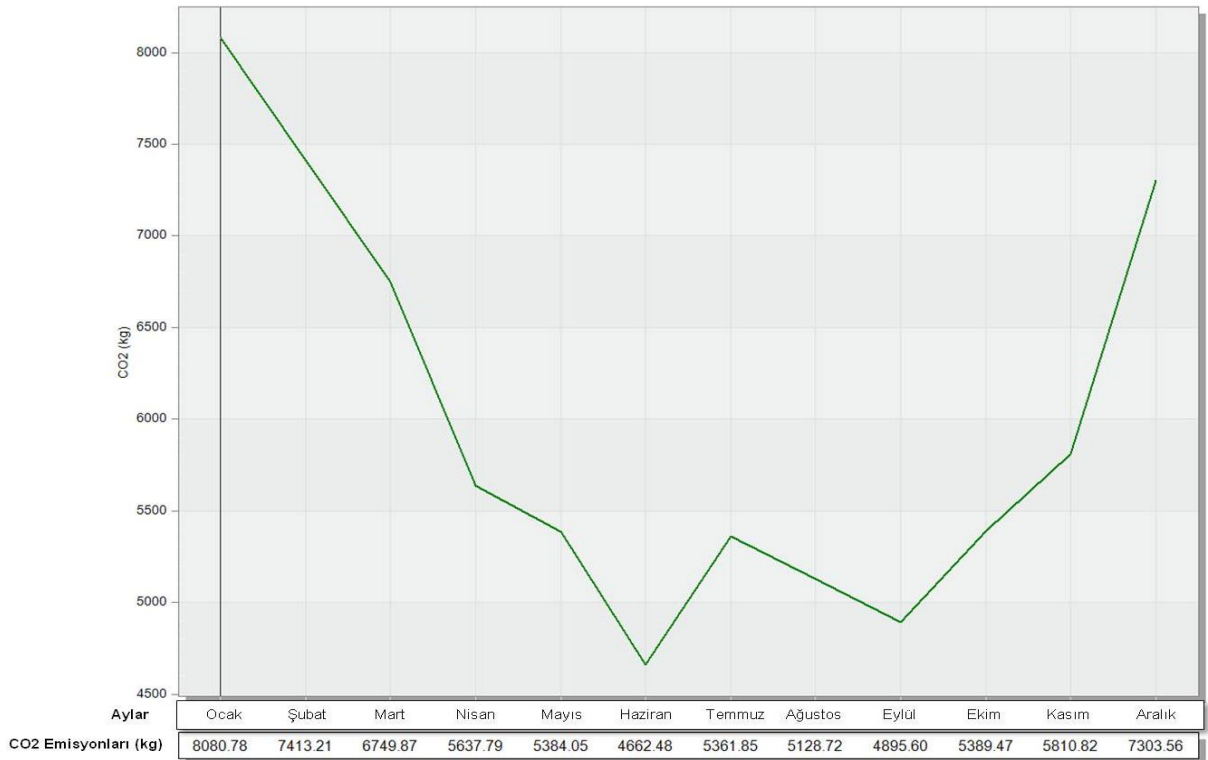
**ASHRAE 90.1 CO<sub>2</sub> Emisyonları**  
Yıllık Simülasyon



**Şekil 4. 11.** Ek Derslik ASHRAE Baz Bina yıllık CO<sub>2</sub> salınımı

8080.78  
EnergyPlus Çıktıları

**ASHRAE 90.1 CO<sub>2</sub> Emisyonları**  
Yıllık Simülasyon



**Şekil 4. 12.** Ek derslik Gerçek Bina yıllık CO<sub>2</sub> salınımı

CO<sub>2</sub> salınım çıktıları karşılaştırıldığında Ek Derslik Gerçek Binasının, ASHRAE Baz Binasına kıyasla yıllık yaklaşık % 24 daha az CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

### 4.3. Yenilenebilir Enerji Kullanımı ile Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi

#### 4.3.1. Ek Derslik Binasının PV Panel ile Tasarımı

Yapı dış kabuğunda kullanılan PV sistemler, en sıcak devre dediğimiz dönemde güneşten olan istenmeyen ısı kazançlarını azaltıp, bu istenmeyen fazla güneş ışınımını elektriğe dönüştürerek binanın enerji ihtiyacını azaltmakta hatta uygun sistemlerle depolayabilmektedir. Ek derslik bina tasarımında kullanılan PV sistemden elde edilecek olan elektrik enerjisi; ek dersliğin elektrik ile çalışan cihazlarında ve binanın aydınlatılmasında kullanılmıştır. Ek Derslik binası terasının 300 m<sup>2</sup>'lik alanına PV panel tasarımı yapılmıştır. Yıllık güneşlenme süresi ek derslik çalışma takvimine ve iklimsel verilere göre program tarafından belirlenmiştir. Çizelge 4.14.'de programa girilen PV panel tasarım parametreleri verilmiştir.

**Çizelge 4. 14.** Programa girilen PV panel tasarım parametreleri

PV Panel Tasarım	
Panel verimi	% 15
Panel alanı	1,5 m <sup>2</sup>
Panel gücü	225 Watt
Toplam panel adedi	200 adet
Toplam panel alanı	300 m <sup>2</sup>
Toplam panel kapasitesi	45 kw

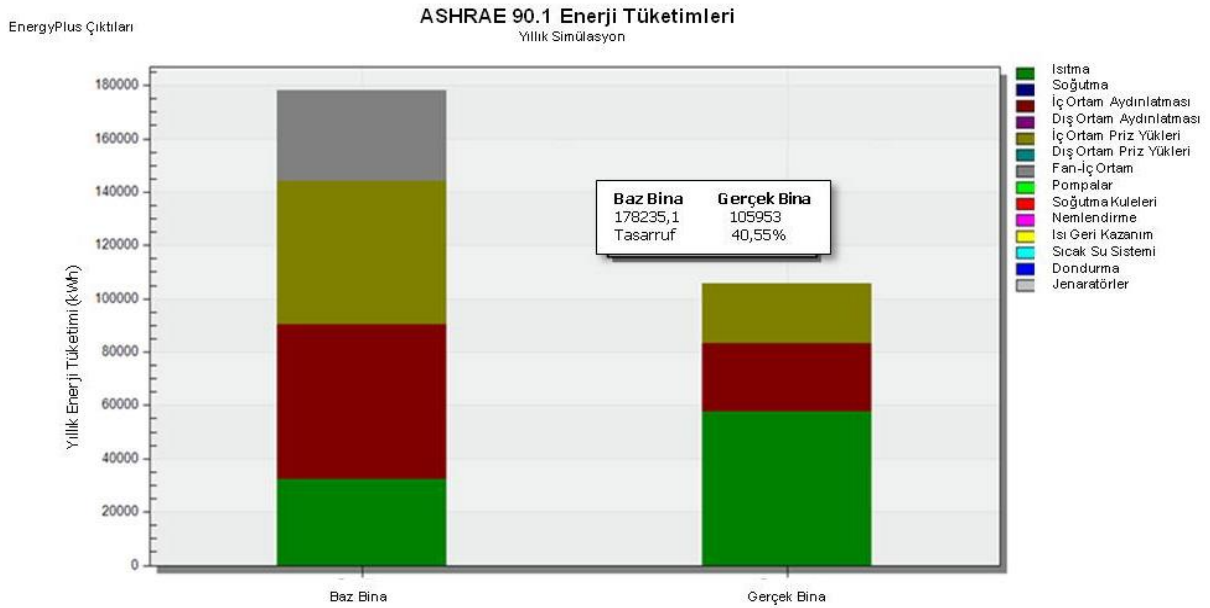
#### 4.3.1.1. Enerji üretim ve tüketimi ile ilgili çıktılar

PV Panel ile tasarım sonrası ek derslik binasının elektrik enerjisi üretim sonuçları çıktıları Çizelge 4.15.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 15.** PV Panel ile tasarım sonrası ek derslik binasının elektrik enerjisi üretimi

PV Panel Elektrik Üretimi (kWh)		Yüzde (%)
Bina Toplam Elektrik İhtiyacı	158835,73	100
Fotovoltaik Güç	55666,062	35,04
Güç Dönüşümü	-2783,30	-1,75
Toplam PV Panel Elektrik Üretimi	52882,759	33,29
Şebekeden Çekilen Net Elektrik	105952,97	66,71

PV Panel ile tasarım sonrası Ek derslik binasının enerji tüketim sonuç çıktıları Şekil 4.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 13. PV Panel ile tasarım sonrası ek derslik binasının enerji tüketimi çıktıları

Çizelge 4.16'da PV Panel tasarımı sonrası ek derslik binasının yıllık tükettiği toplam enerji miktarı görülmektedir.

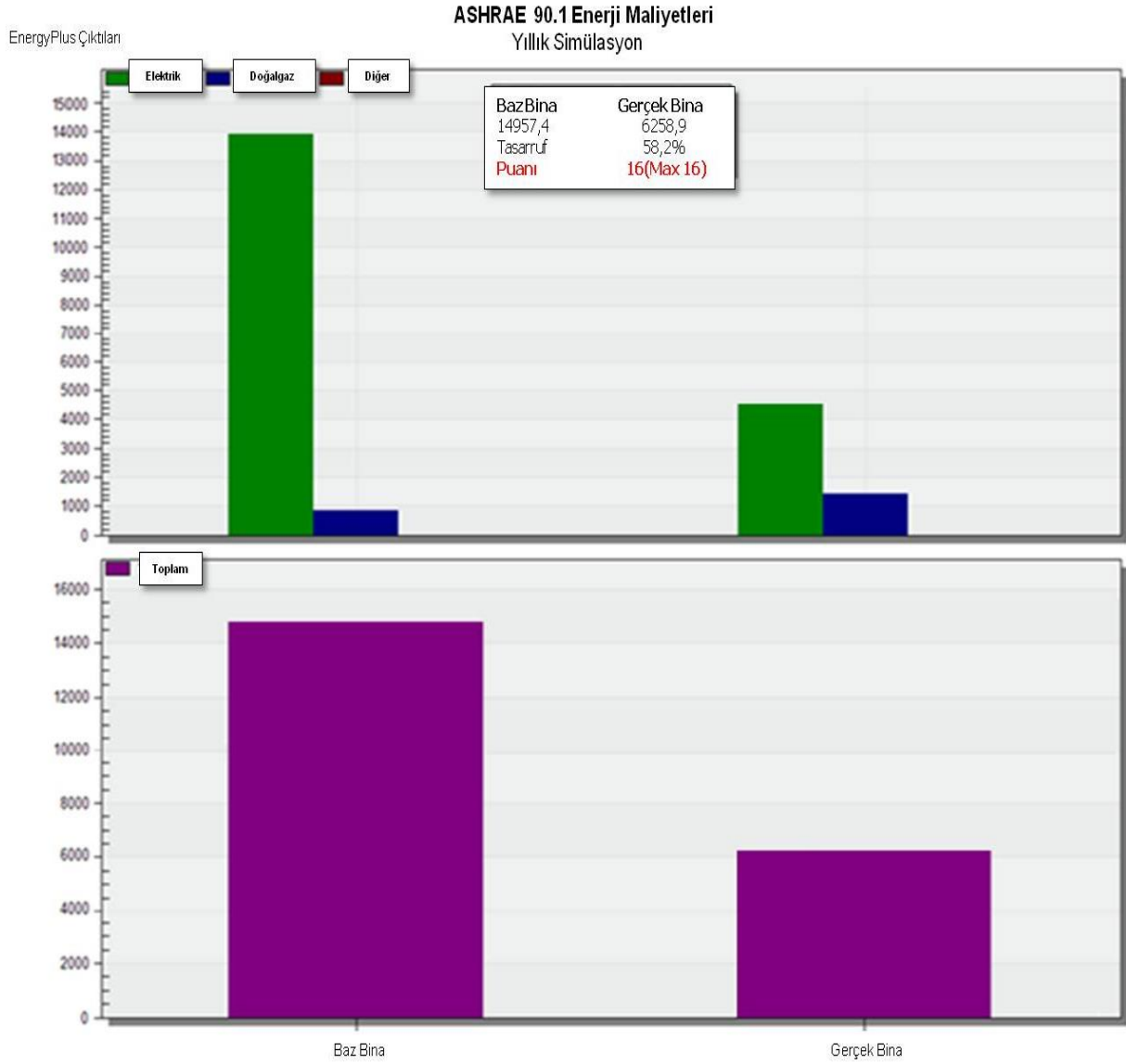
Çizelge 4. 16. PV Panel tasarımı sonrası ek derslik binası enerji tüketimleri

PV PANEL TASARIMI SONRASI EK DERSLİK BİNASI ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh)						
Enerji Tüketen Sist.	Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
ASHRAE Baz Bina	32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33898,14	178235,13
Gerçek Bina	58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73
<b>PV Panel Tasarımı</b>	<b>58396,49</b>	<b>24911,31</b>	<b>22610,81</b>	<b>34,36</b>	<b>0</b>	<b>105953,0</b>

Karşılaştırma sonuçlarına göre PV Panel ile tasarlanan ek derslik binası ek derslik ASHRAE Baz Binasına göre %40,55 daha az enerji tükettiği tespit edilmiştir.

#### 4.3.1.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar

PV panel ile tasarlanan Ek derslik binasının, ASHRAE Baz Binasına göre yıllık enerji maliyetleri Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 14. PV panel tasarımı sonrası ek derslik binası yıllık enerji maliyet çıktıları



Çizelge 4.17.'de PV panel tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz Binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 17.** PV panel tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz Binasının enerji maliyet karşılaştırması

	ASHRAE Baz Bina	Gerçek Bina
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	4565,42
Doğal Gaz Maliyeti (USD)	931,99	1693,49
Toplam Enerji Maliyeti (USD)	14957,4	6258,9
İyileştirme Yüzdesi	%58,16	
LEED Puanı	16 puan	

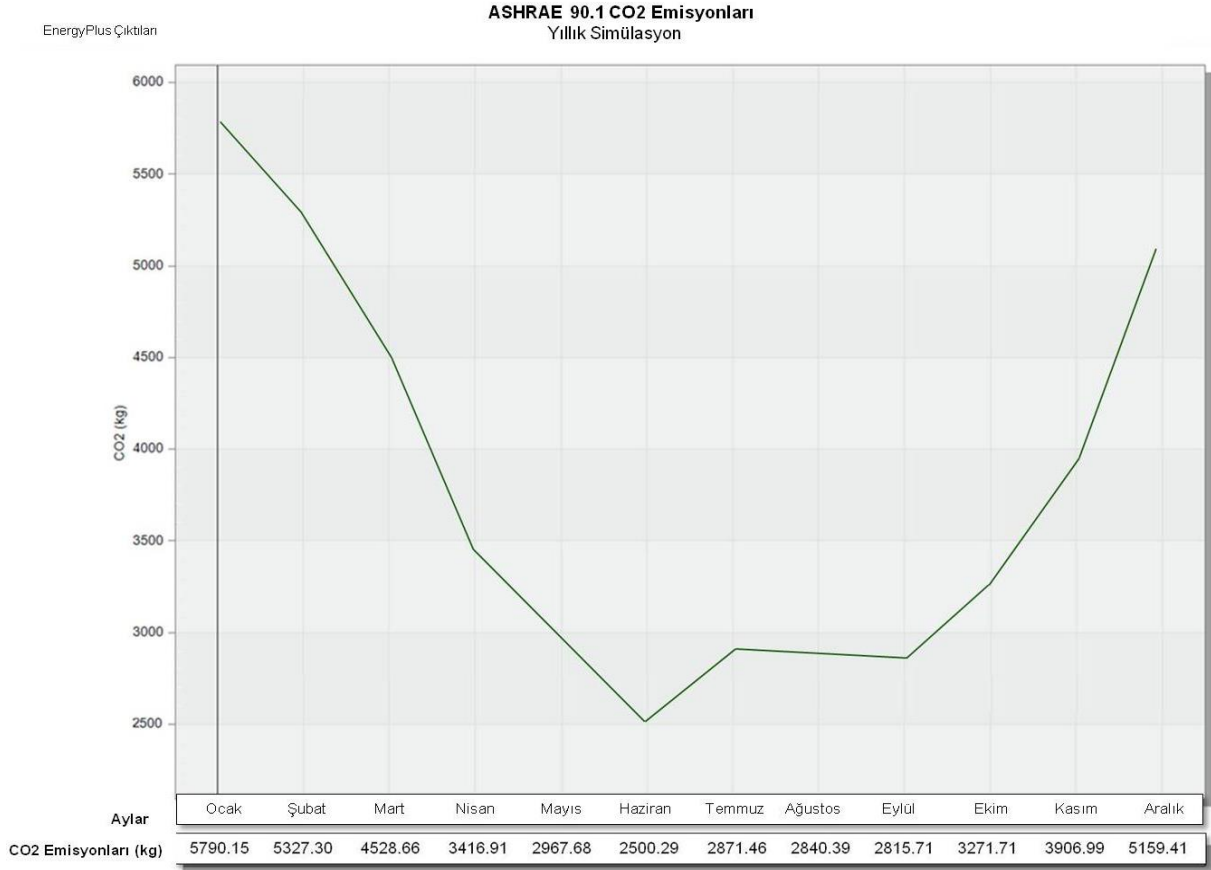
Enerji maliyetleri karşılaştırıldığında PV Panel Tasarımı yapılan Ek Derslik Binası, Ek derslik ASHRAE Baz Binasına göre %58,16 enerji tasarrufu sağlayarak LEED önkoşulunu yerine getirmiştir. PV Panel Tasarımı yapılan Ek Derslik Binası %58,16'lık enerji tasarrufu ile Yeşil bina sertifikası kategorilerinden Enerji ve Atmosfer kategorisinde 16 tam puan kazandığı tespit edilmiştir.

#### 4.3.1.3. PV Panel Tasarımı yapılan Ek Derslik binasının CO<sub>2</sub> salınımı ile ilgili çıktılar

PV Panel Tasarımı sonrası Ek Derslik Binasının yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı 45.396,66 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır. CO<sub>2</sub> salınımının, ısıtmanın yoğun olduğu kış aylarında fazlaştığı, pik değerine ocak ayında ulaştığı ve bu pik değerinin 5790.15 CO<sub>2</sub>(kg) olduğu tespit edilmiştir.

PV Panel tasarımı sonrası Ek Derslik Binası, Ek Derslik ASHRAE Baz Binasına kıyasla yıllık %52,16 daha az CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

PV Panel tasarımı sonrası Ek Derslik Binasının karbon ayak izini gösteren yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin çıktıları Şekil 4.15.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4. 15.** PV Panel tasarımı sonrası ek derslik binası yıllık CO<sub>2</sub> salınımı

#### 4.3.2. Ek Derslik Binasının Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Tasarımı

Toprak kaynaklı ısı pompası borulama sistemiyle, toprağın içine döşenen borular üzerinden topraktan enerjinin çekilmesi ve bu enerjiyi kaynak olarak kullanan ısı pompası cihazına kadar getirilmesi sağlanır. Toprak içinde gömülü borularda dolaşan su veya su-antifriz serpantin içerisinde dolaşarak toprakta gömülü boru demetine geri döner ve kapalı bir devre oluşturur. Toprak kaynaklı ısı pompalarında topraktan elde edilen ısı daha yüksek ısı seviyelerine dönüştürülerek ısıtma sistemi olarak kullanılmaktadır.

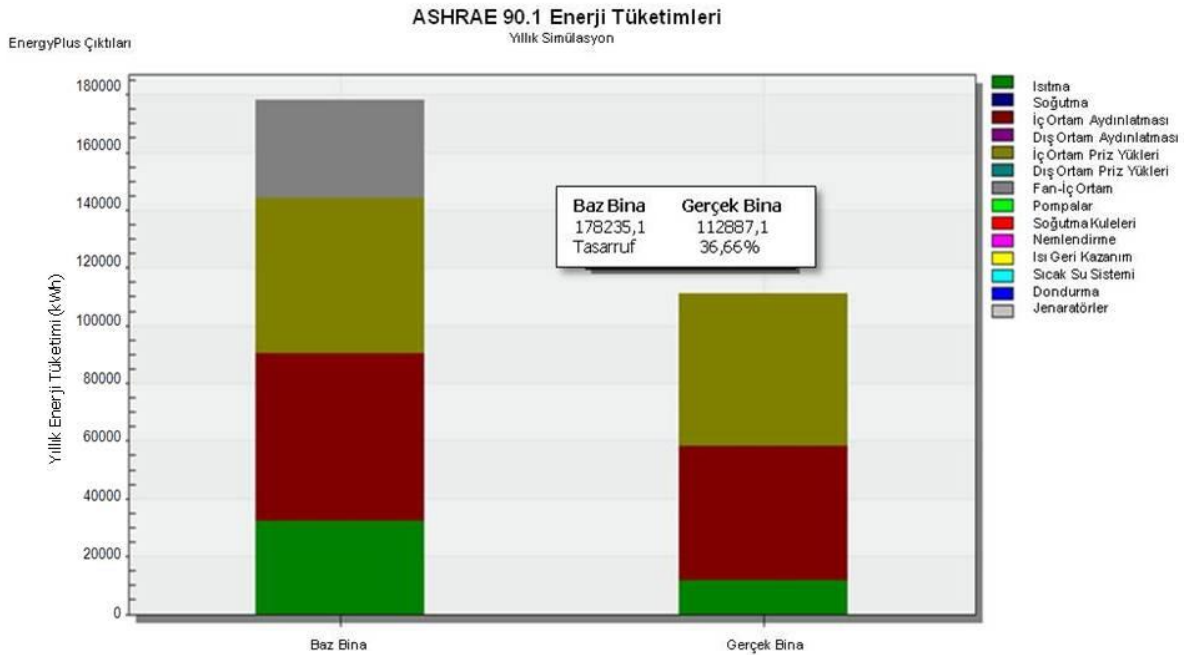
Ek Derslik binasının ısıtma sistemi toprak kaynaklı ısı pompasına bağlanarak tasarım yapılmıştır. Çizelge 4.18.'de programa girilen ısı pompasının tasarım parametreleri verilmiştir.

**Çizelge 4. 18.** Programa girilen Isı Pompası tasarım parametreleri

Toprak Kaynaklı Isı Pompası Tasarı	
Isıtma yakıtı	Elektrik
COP- (Performans Katsayısı)	3,2 (COP)
Toprak sıcaklığı	13,375 °C
Sondaj adedi	6 adet
Sondaj uzunluğu	76 m
Sondaj yarıçapı	0,0635 r
Isı kapasitesi	2347000 J/m <sup>3</sup> -K

#### 4.3.2.1. Enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı, Ek derslik binasının ısıtma ihtiyacını karşılamaya yönelik yapılmıştır. Isı pompası tasarımı sonrası Ek derslik binasının enerji tüketim sonuç çıktıları Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.



**Şekil 4. 16.** Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binasının enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.19'da Isı pompası tasarımı sonrası Ek Derslik binasının yıllık tükettiği toplam enerji miktarı görülmektedir.

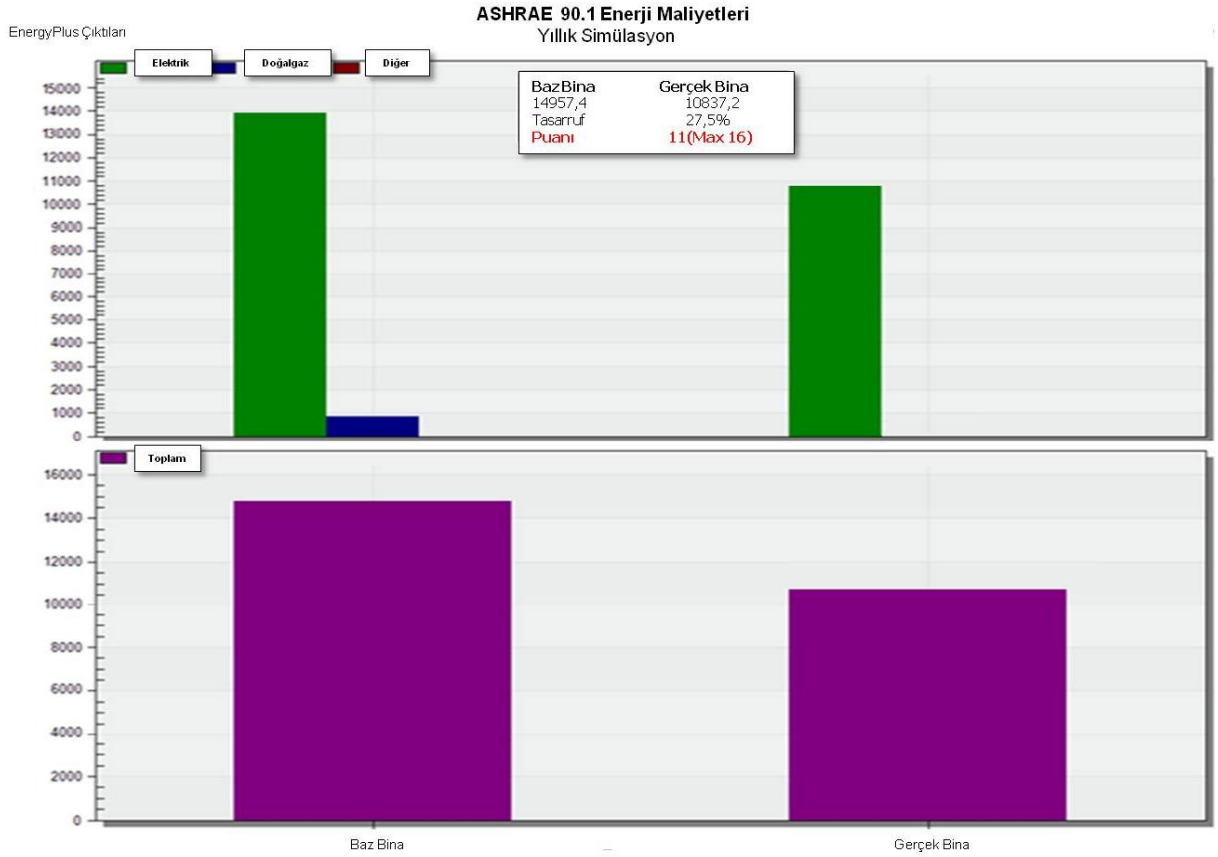
**Çizelge 4. 19.** Isı pompası tasarımı sonrası Ek Derslik binası enerji tüketimleri

ISI POMPASI TASARIMI SONRASI EK DERSLİK BİNASI ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh)						
Enerji Tüketen Sist.	Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
ASHRAE Baz Bina	32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33898,14	178235,13
Gerçek Bina	58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73
<b>Isı Pompası Tasarımı Sonrası Enerji Tüketimleri</b>						
Enerji Tüketen Sist.	Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
Isı Pompası Tasarımı	12212,01	46513,94	53890,94	270,25	0	

Karşılaştırma sonuçlarına göre Isı pompası ile tasarlanan Ek derslik binası Ek derslik ASHRAE Baz Binasına göre %36,66 daha az enerji tüketmektedir.

#### **4.3.2.2. Enerji maliyeti ile ilgili çıktılar**

Isı pompası ile tasarlanan Ek Derslik Binasının, ASHRAE Baz Binasına göre yıllık enerji maliyetleri Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 17. Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binasının yıllık enerji maliyet çıktıları

Çizelge 4.20.'de Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

Çizelge 4. 20. Isı pompası tasarımı sonrası ek derslik binası ve ek derslik ASHRAE Baz binasının enerji maliyet karşılaştırması

	ASHRAE Baz Bina	Gerçek Bina
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	10837,16
Doğal Gaz Maliyeti (USD)	931,99	-
Toplam Enerji Maliyeti (USD)	14957,4	10837,16
İyileştirme Yüzdesi	%27,55	
LEED Puanı	11 puan	

Enerji maliyetleri karşılaştırıldığında Isı pompası tasarımı yapılan Ek Derslik Binası, Ek derslik ASHARA E Baz Binasına göre %27,55 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Ek derslik Gerçek binası LEED önkoşulunu yerine getirmektedir ve %27,55’lık enerji tasarrufu ile Ek derslik binası 11 LEED puanı kazanmıştır.

Isıtma sisteminde doğalgaz yerine elektrik enerjisi kullanımının maliyet açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Bu doğrultuda Elektrik enerjisinin kullanıldığı ısı pompası ile yakıt olarak doğalgazın kullanıldığı ek derslik Gerçek binası ısıtma sistemlerinin karşılaştırması Çizelge 4.21’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 21.** Isı pompalı ek derslik ve ek derslik Gerçek Binası ısıtma sistemlerinin karşılaştırması

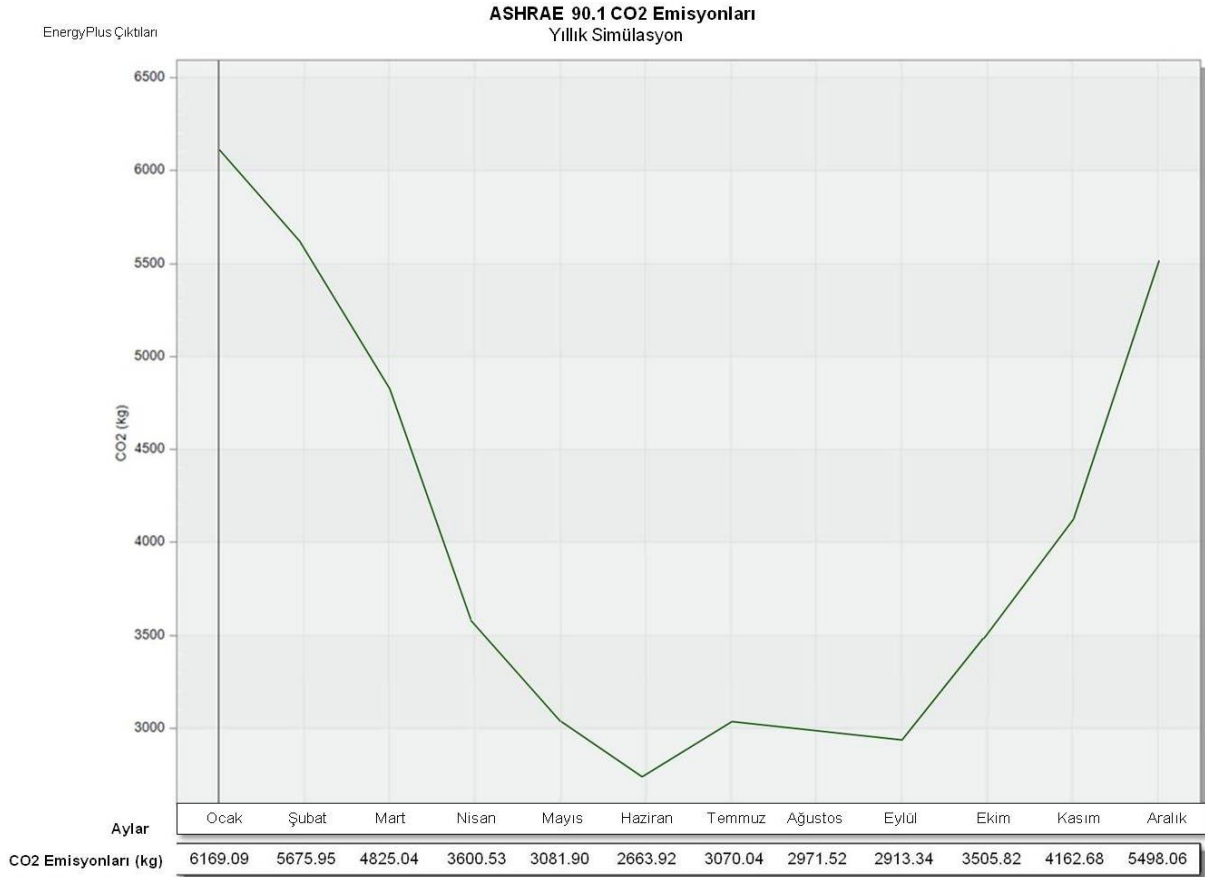
Isıtma Sistemleri Karşılaştırması		
Isıtma Sistemi	Ek Derslik Gerçek Binası	Isı Pompalı Ek Derslik Binası
Yakıt Tipi	Doğalgaz	Elektrik
Enerji Tüketimi (kWh)	58.396,49	12.212,01
Enerji Maliyeti (USD)	1693,49	1194,99

Isıtma sistemi olarak elektriğin kullanıldığı ısı pompası tasarımlı ek derslik binasının, ısıtma sistemi olarak doğalgazın kullanıldığı Ek derslik Gerçek binasından %79,08 daha az enerji tükettiği, maliyet karşılaştırmasına bakıldığında ise ısı pompalı tasarımın, ek derslik Gerçek Binasına göre %29,43 tasarruf sağladığı tespit edilmiştir.

#### **4.3.2.3. Isı Pompası Tasarımı yapılan Ek Derslik binasının CO<sub>2</sub> salınımı ile ilgili çıktılar**

Isı pompası Tasarımı sonrası Ek Derslik Binasının yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı 48.137,89 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır. CO<sub>2</sub> salınımının, ısıtmanın yoğun olduğu kış aylarında fazlaştığı, pik değerine ocak ayında ulaştığı ve bu pik değerinin 5790.15 CO<sub>2</sub>(kg) olduğu, ayrıca PV Panel Tasarımı sonrası Ek Derslik Binası, Ek Derslik ASHRAE Baz Binasına kıyasla yıllık %49,27 daha az CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Isı pompası tasarımı sonrası Ek Derslik Binasının karbon ayak izini gösteren yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin çıktıları Şekil 4.18.’de gösterilmiştir.



**Şekil 4. 18.** Isı Pompası Tasarımı sonrası Ek Derslik Binası yıllık CO<sub>2</sub> salınımı

#### 4.4. Bina Bileşenleri İyileştirmeleri ile Ek Derslik Binasının Enerji Performans Analizi

##### 4.4.1. Adım 1: Ek Derslik Binasında Yalıtımın İyileştirilmesi

Ek Derslik binası; duvar, çatı ve zemin kat yalıtım değerleri ASHRAE standartları ile aynı olacak şekilde revize edilerek tasarım yapılmıştır. ASHRAE 90.1-2010 standardına göre Ek derslik Gerçek Bina için programa tanımlanan yalıtım değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

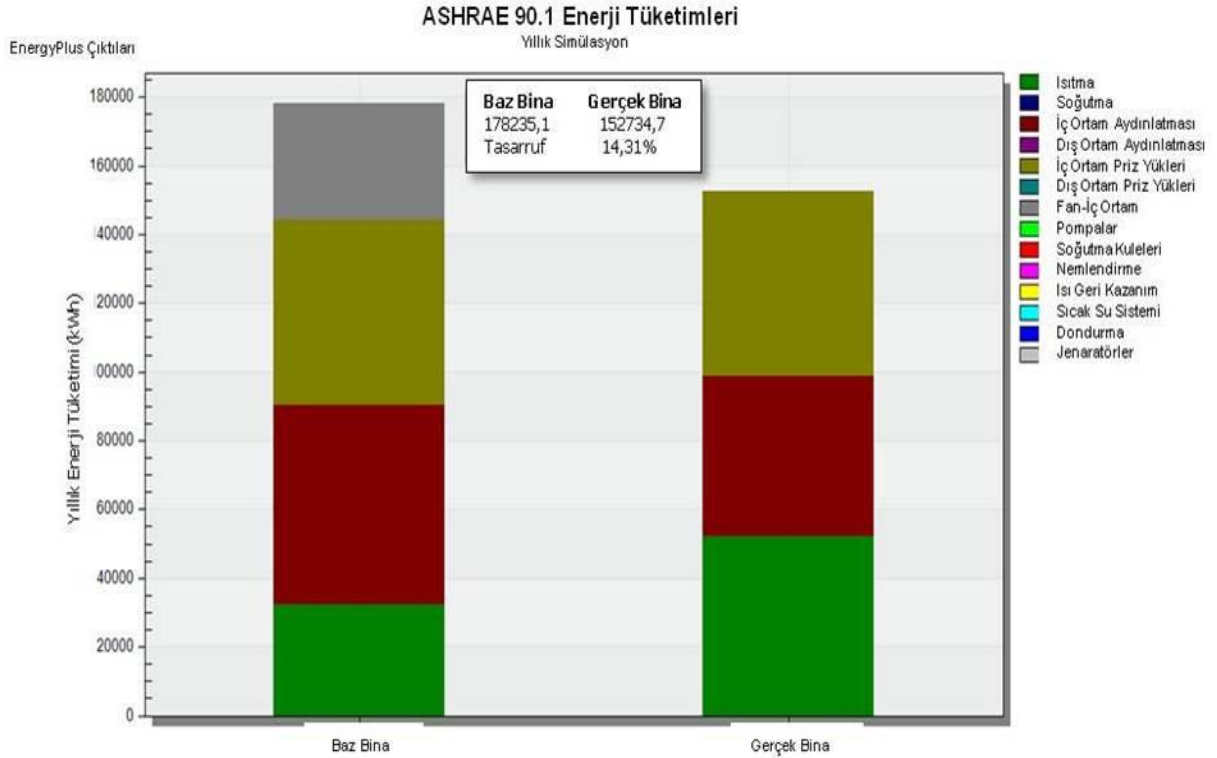
**Çizelge 4. 22.** Ek derslik Gerçek Bina için programa tanımlanan yalıtım değerleri

Yapı Elemanı	*ASHRAE Baz Bina U Değeri (W/m <sup>2</sup> K)
Çatı	0.273
Zemin Üstü Duvarlar	0.365
Zemin Altı Duvarlar	C-6,473
Katlar Arası döşeme	1.558
Temel Döşemesi	F-1,264

(\* ASHRAE 90.1-2010 Standartları: Tablo 5.5-4 (4ABC) İklim Bölgeleri için Bina Kabuğu Gereksinimleri)

#### 4.4.1.1. Adım 1: Yalıtımın iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Şekil 4.19’da Yalıtımın iyileştirilmesi tasarımı sonrası (1.Adım); ek derslik binası enerji tüketim çıktıları verilmiştir.



Şekil 4. 19. Yalıtım iyileştirilmesi sonrası (1. Adım) enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.23’de yalıtım sonrası ek derslik binası yük bazında enerji tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4. 23. Yalıtım sonrası ek derslik binası yük bazında enerji tüketimleri

İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ: 1. ADIM ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh)							
Enerji Tüketen Sist.	Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam	
Tip	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik		
ASHRAE Baz Bina	32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33898,14	178235,13	
Gerçek Bina	58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73	
<b>1. Adım</b>	<b>Yalıtım</b>	<b>52299,15</b>	<b>46513,94</b>	<b>53890,94</b>	<b>30,67</b>	<b>0</b>	<b>152734,70</b>



#### 4.4.1.2. Adım 1: Yalıtımın iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti

Çizelge 4.24'de yalıtım iyileştirilmesi sonrası ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 24.** Yalıtım iyileştirilmesi sonrası ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması

1.Adım	ASHRAE Baz Bina	Yalıtım Sonrası	Performans %
<b>Toplam Enerji Tüketimi (kWh)</b>	<b>178.235,1</b>	<b>152.734,70</b>	<b>%14,31</b>
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	9641,81	%31,25
Doğalgaz Maliyeti (USD)	931,99	1516,67	-%62,73
<b>Toplam Enerji Maliyeti (USD)</b>	<b>14957,36</b>	<b>11158,48</b>	<b>%25,40</b>

Yalıtım sonrası 1. Adım karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik binası, ASHRAE Baz Bina'ya göre %14,31 daha az enerji tüketmektedir. Ek derslik binasının maliyet üzerinden enerji performansı yüzdesi %25,40 olarak gerçekleşmiştir. Enerji performans analizi sonuçlarına göre yalıtım sonrası ek derslik binası LEED puanı 10'dur.

#### 4.4.2. Adım 2: Ek Derslik Binasında Cam ve Doğramaların İyileştirilmesi

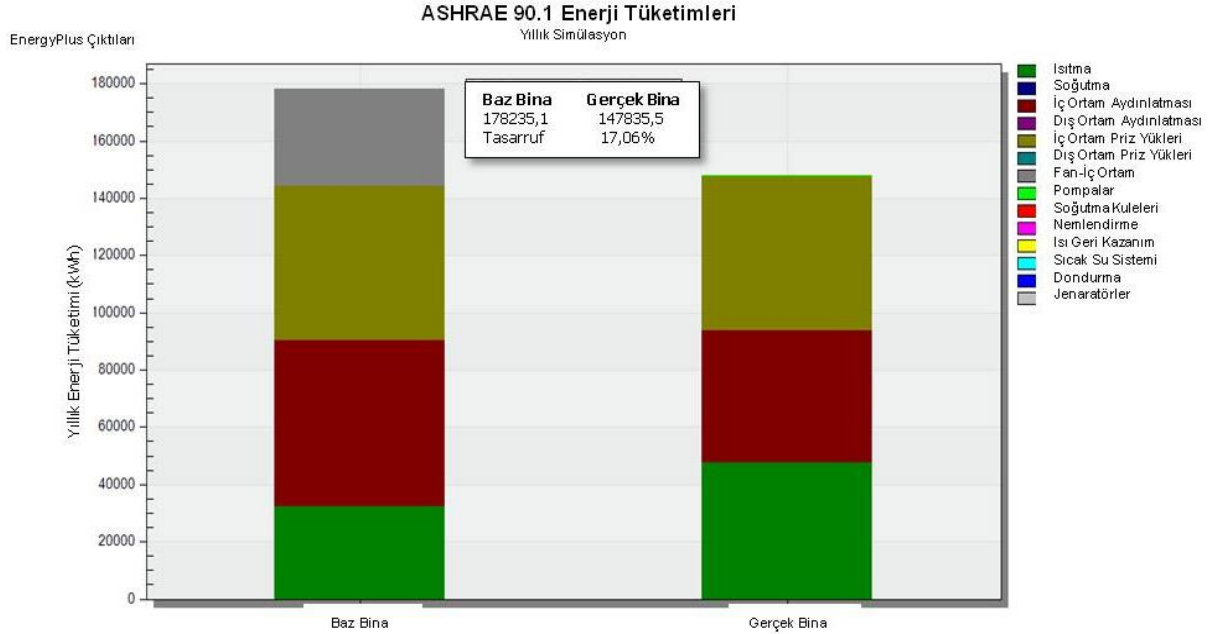
Tasarlanan ek derslik binası 3 camlı ve özel ısı kontrol kaplamalı yüksek verimli sistem ile değiştirilerek tasarım yapılmıştır. Ek derslik Gerçek Bina için programa tanımlanan üç camlı ve özel ısı kontrol kaplamalı yüksek verimli pencere sistemleri değerleri Çizelge 4.25.'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 25.** Ek derslik Gerçek Bina için programa tanımlanan üç camlı ve özel ısı kontrol kaplamalı yüksek verimli pencere sistemleri değerleri

Pencere PVC (3+6+3+6+3)mm	Gerçek Bina
U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	1,573
SHGC (Güneş Isısı Kazanım Katsayısı)	0,472
VLT (Saydamlık Oranı)	%66,1

#### 4.4.2.1. Adım 2: Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Şekil 4.20.'de Cam ve doğrama iyileştirmesi sonrası (2.Adım); ek derslik binası enerji tüketim çıktıları verilmiştir.



Şekil 4. 20. Cam ve doğrama iyileştirmesi sonrası (2.Adım); enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.26.'da Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası Ek derslik binasının yük bazında enerji tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4. 26. Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası ek derslik binasının yük bazında enerji tüketimleri

İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ : 2. ADIM ENERJİ TÜKETİMLERİ (KWH)							
Enerji Tüketen Sist.		Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip		Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
ASHRAE Baz Bina		32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33898,14	178235,13
Gerçek Bina		58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73
1. Adım	Yalıtım	52299,15	46513,94	53890,94	30,67	0	152734,70
2. Adım	<b>Cam ve Doğrama</b>	<b>47401,44</b>	<b>46513,94</b>	<b>53890,94</b>	<b>29,18</b>	<b>0</b>	<b>147835,50</b>

#### 4.4.2.2. Adım 2: Cam ve doğramaların iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti

Çizelge 4.27’de Cam ve İyileştirme sonrası Ek derslik Gerçek Binası ve Ek derslik ASHRAE Baz Binası Enerji Performans ve Enerji Maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 27.** Cam ve İyileştirme sonrası ek derslik Gerçek Binası ve ek derslik ASHRAE Baz Binası enerji tüketim ve enerji maliyet performansı karşılaştırması

Adım	ASHRAE Baz Bina	Cam ve İyileştirme sonrası	Performans %
<b>Toplam Enerji Tüketimi (kWh)</b>	<b>178.235,1</b>	<b>147.835,5</b>	<b>%17,06</b>
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	9641,67	
Doğalgaz Maliyeti (USD)	931,99	1374,64	
<b>Toplam Enerji Maliyeti (USD)</b>	<b>14957,36</b>	<b>11016,31</b>	<b>%26,35</b>

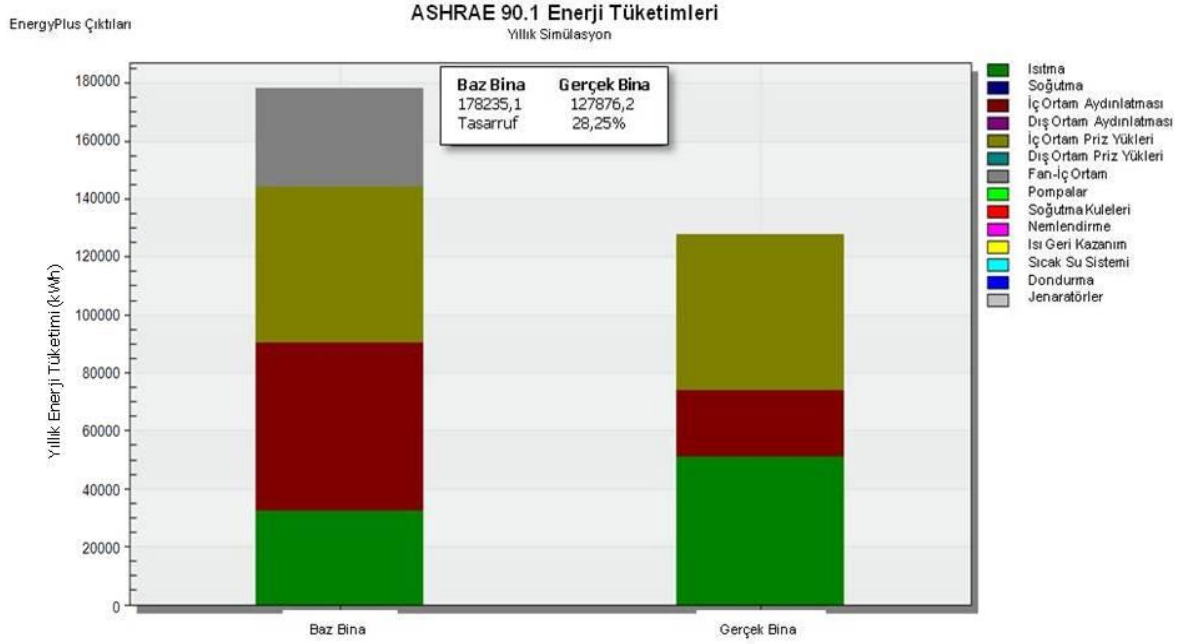
Cam ve İyileştirme sonrası 2. Adım karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik binası, ASHRAE Baz Bina’ya göre %17,06 daha az enerji tüketmektedir. Ek derslik binasının maliyet üzerinden enerji performansı yüzdesi %26,35 olarak gerçekleşmiştir. Enerji performans analizi sonuçlarına göre Cam ve İyileştirme sonrası ek derslik binası LEED puanı 1 birim arttırarak 11’e çıkarmıştır.

#### 4.4.3. Adım 3: Ek Derslik Binasının Gün Işığı Kontrolü ile İyileştirilmesi

Ek Derslik Gerçek binası; aydınlatma sistemi gün ışığı otomasyon sistemine bağlanarak tasarım yapılmıştır.

##### 4.4.3.1. Adım 3: Gün ışığı kontrolü iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Şekil 4.21’de Gün ışığı kontrolü sonrası (3.Adım); ek derslik binası enerji tüketim çıktıları verilmiştir.



Şekil 4. 21. Gün ışığı kontrolü sonrası (3.Adım); enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.28’de Gün ışığı kontrolü ile iyileştirilmesi sonrası Ek derslik binası enerji tüketimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4. 28. Gün ışığı kontrolü ile iyileştirilmesi sonrası Ek derslik binası enerji tüketimleri

İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ: 3. ADIM ENERJİ TÜKETİMLERİ (KWH)							
Enerji Tüketen Sist.	Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam	
Tip	Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik		
ASHRAE Baz Bina	32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33.898,14	178235,13	
Gerçek Bina	58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73	
1. Adım	Yalıtım	52299,15	46513,94	53890,94	30,67	0	152734,70
2. Adım	Cam ve Doğr	47401,44	46513,94	53890,94	29,18	0	147835,50
3. Adım	<b>Gün Işığı Kontrolü</b>	<b>51024,35</b>	<b>22929,34</b>	<b>53890,94</b>	<b>31,58</b>	<b>0</b>	<b>127876,21</b>

#### 4.4.3.2. Adım 3: Gün ışığı kontrolü iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti

Çizelge 4.29’da Gün ışığı kontrolü sonrası Ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 29.** Gün ışığı kontrolü sonrası ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması

Adım	ASHRAE Baz Bina	Gün ışığı kontrolü sonrası	Performans %
<b>Toplam Enerji Tüketimi (kWh)</b>	<b>178.235,1</b>	<b>127.876,2</b>	<b>%28,25</b>
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	7377,78	
Doğalgaz Maliyeti (USD)	931,99	1479,70	
<b>Toplam Enerji Maliyeti (USD)</b>	<b>14957,36</b>	<b>8857,48</b>	<b>%40,78</b>

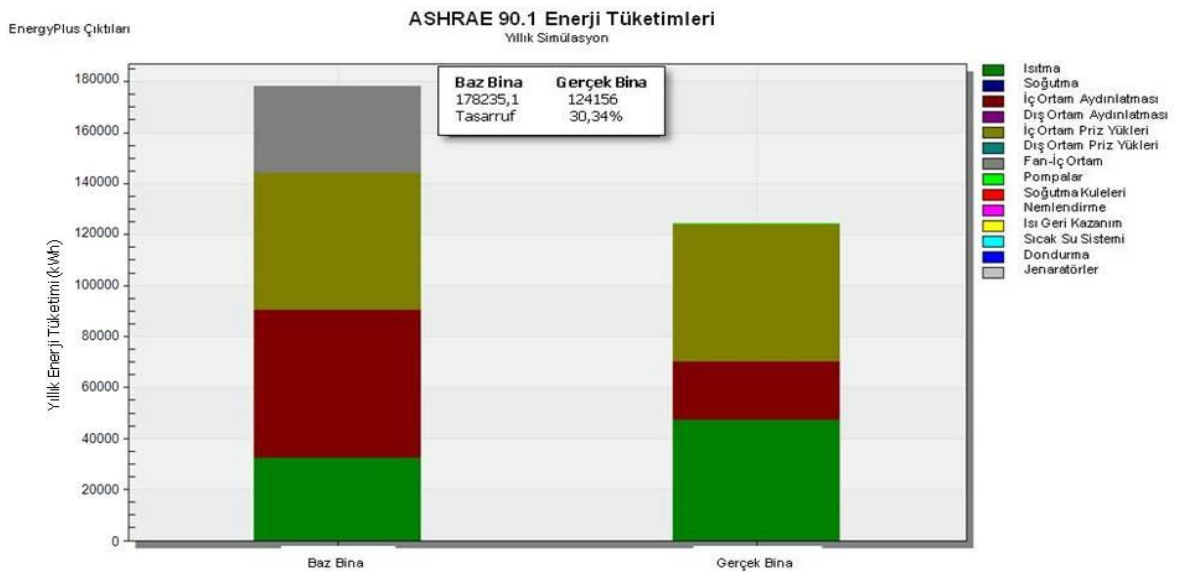
Gün ışığı kontrolü sonrası 3. Adım karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik binası, ASHRAE Baz Bina'ya göre %17,06 daha az enerji tüketmektedir. Ek derslik binasının maliyet üzerinden enerji performansı yüzdesi %28,25 olarak gerçekleşmiştir. Enerji performans analizi sonuçlarına göre Gün ışığı kontrolü sonrası ek derslik binası LEED puanını enerji kategorisi puanını 4 birim artırarak 15'e çıkarmıştır.

#### 4.4.4. Adım 4: Ek Derslik Binası Kazan İyileştirilmesi

Ek derslik binası mevcut doğalgaz kazanı; kazan verimliliği %96 olan doğalgaz kazanı ile değiştirilerek tasarım yapılmıştır.

##### 4.4.4.1. Adım 4: Kazan iyileştirilmesi sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Şekil 4.22.'de Kazan iyileştirilmesi sonrası (4.Adım); ek derslik binası enerji tüketim çıktıları verilmiştir.



**Şekil 4. 22.** Kazan iyileştirilmesi sonrası (4.Adım); enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.30.'da Kazan iyileştirilmesi sonrası ek derslik binası enerji tüketimleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 30.** Kazan iyileştirmesi sonrası ek derslik Gerçek Binası enerji tüketimleri

İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ: 4. ADIM ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh)							
Enerji Tüketen Sist.		Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip		Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
ASHRAE Baz Bina		32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33898,14	178235,13
Gerçek Bina		58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158835,73
1. Adım	Yalıtım	52299,15	46513,94	53890,94	30,67	0	152734,70
2. Adım	Cam ve Doğr	47401,44	46513,94	53890,94	29,18	0	147835,50
3. Adım	Gün Işığ Kont.	51024,35	22929,34	53890,94	31,58	0	127876,21
<b>4. Adım</b>	<b>Kazan İyileştirme</b>	<b>47304,09</b>	<b>22929,34</b>	<b>53890,94</b>	<b>31,58</b>	<b>0</b>	<b>124155,95</b>

#### 4.4.4.2. Adım 4: Kazan iyileştirilmesi sonrası ek derslik enerji maliyeti

Çizelge 4.31.'de Kazan iyileştirmesi sonrası ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 31.** Kazan İyileştirmesi sonrası Ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması

4. Adım	ASHRAE Baz Bina	Kazan İyileştirmesi sonrası	Performans %
<b>Toplam Enerji Tüketimi (kWh)</b>	<b>178.235,1</b>	<b>124.155,9</b>	<b>%30,34</b>
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	7377,78	
Doğalgaz Maliyeti (USD)	931,99	1371,82	
<b>Toplam Enerji Maliyeti (USD)</b>	<b>14957,36</b>	8749,60	<b>%41,50</b>

Kazan iyileştirmesi sonrası 3. Adım karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik binası, ASHRAE Baz Bina'ya göre %17,06 daha az enerji tüketmektedir. Ek derslik binasının maliyet üzerinden enerji performansı yüzdesi %30,34 olarak gerçekleşmiştir.

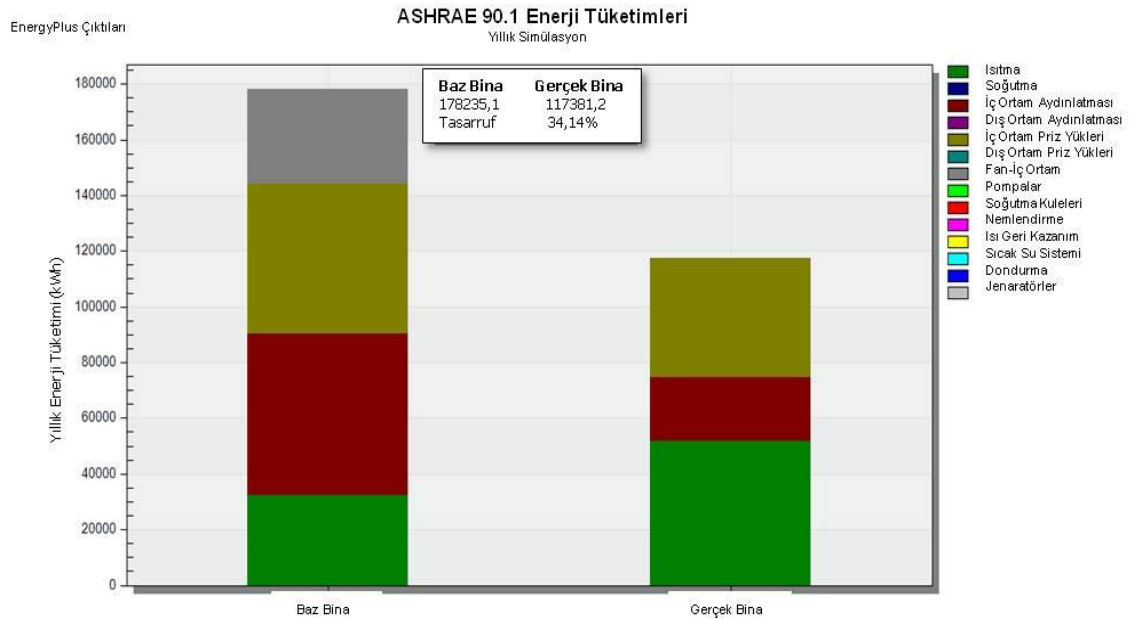
Enerji performans analizi sonuçlarına göre Kazan iyileştirmesi sonrası ek derslik binası LEED puanını Enerji kategorisi puanını 4 birim arttırarak 15'e çıkarmıştır.

#### 4.4.5. Adım 5: Ek Derslik Binası Ekipman Otomasyonu ile İyileştirilmesi

Ek derslik Gerçek Binası; projeksiyon, bilgisayar vb. cihazları otomasyon sistemine bağlanarak Energy Star sertifikalı enerji verimli ekipman ile tasarım yapılmıştır. Asansör %30 daha verimli “regenerative” asansör ile değiştirilmiştir. Rejeneratif asansör kabini dolu olarak aşağıya inerken ya da boş olarak yukarı çıkarken frenleme enerjisinin tekrar kullanılması ile elektrik üretilip elektrik şebekesine geri vermektedir. Opsiyonel olarak sunulan regenerasyon özelliği sayesinde %35'e varan enerji tasarrufu sağlanırken yılda yaklaşık olarak 1400 kilogram CO<sub>2</sub> salınımı azaltılabilmektedir.

##### 4.4.5.1. Adım 5: Ekipman otomasyonu sonrası enerji tüketimi ile ilgili çıktılar

Şekil 4.23.'de Ekipman otomasyonu sonrası (5.Adım); ek derslik binası enerji tüketim çıktıları verilmiştir.



Şekil 4. 23. Ekipman otomasyonu sonrası (5.Adım); enerji tüketim çıktıları

Çizelge 4.32'de Ekipman otomasyonu sonrası ek derslik binasının yük bazında enerji tüketimleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 32.** Ekipman otomasyonu sonrası ek derslik binası yük bazında enerji tüketimleri

İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ: 5. ADIM ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh)							
Enerji Tüketen Sist.		Isıtma	Aydınlatma	Ekipman	Pompa	Fan	Toplam
Tip		Doğalgaz	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	
ASHRAE Baz Bina		32137,88	58261,64	53890,94	46,53	33.898,14	178235,13
Gerçek Bina		58396,49	46513,94	53890,94	34,36	0	158.835,73
1. Adım	Yalıtım	52299,15	46513,94	53890,94	30,67	0	152734,70
2. Adım	Cam ve Doğr	47401,44	46513,94	53890,94	29,18	0	147835,50
3. Adım	Gün Işığı Kon	51024,35	22929,34	53890,94	31,58	0	127876,21
4. Adım	Kazan İyileşt.	47304,09	22929,34	53890,94	31,58	0	124155,95
<b>5. Adım</b>	<b>Ekipman İyileştirme</b>	<b>51681,80</b>	<b>22929,34</b>	<b>42735,37</b>	<b>34,67</b>	<b>0</b>	<b>117381,18</b>

#### 4.4.5.2. Adım 5: Ekipman otomasyonu sonrası ek derslik enerji maliyeti

Çizelge 4.33’de Ekipman otomasyonu ve iyileştirmesi sonrası ek derslik binasının enerji maliyet karşılaştırması gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 33.** Ekipman iyileştirmesi sonrası Ek derslik binası enerji maliyet karşılaştırması

5. Adım	ASHRAE Baz Bina	Ekipman İyileştirmesi sonrası	Performans %
<b>Toplam Enerji Tüketimi (kWh)</b>	<b>178.235,1</b>	<b>117.381,2</b>	<b>34,14</b>
Elektrik Maliyeti (USD)	14025,37	6307,14	
Doğalgaz Maliyeti (USD)	931,99	1498,77	
<b>Toplam Enerji Maliyeti (USD)</b>	<b>14957,36</b>	<b>7805,91</b>	<b>47,81</b>

Ekipman otomasyonu ve İyileştirmesi sonrası 5. Adım karşılaştırma sonuçlarına göre Ek derslik binası, ASHRAE Baz Bina’ya göre %17,06 daha az enerji tüketmektedir. Ek derslik binasının maliyet üzerinden enerji performansı yüzdesi %34,14 olarak gerçekleşmiştir.

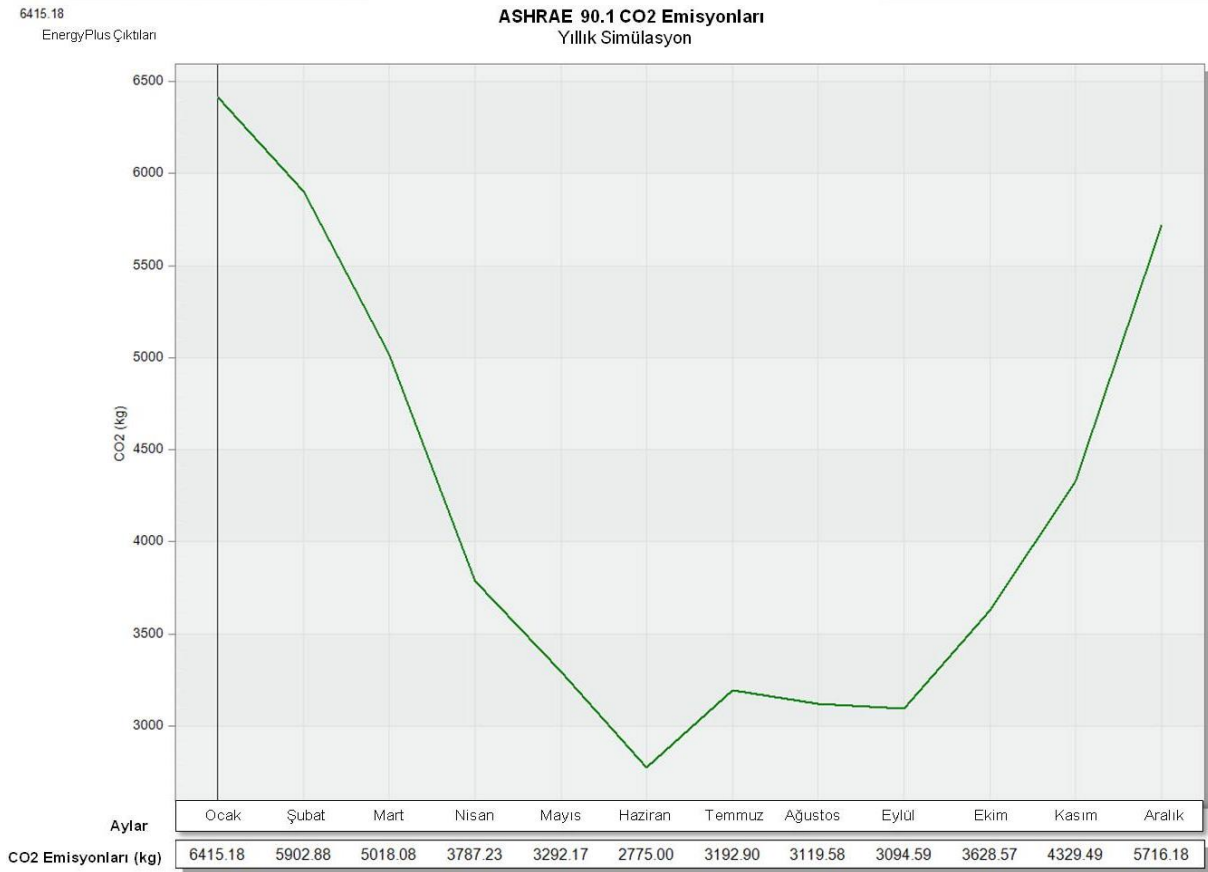


Enerji performans analizi sonuçlarına göre Ekipman otomasyonu ve İyileştirmesi sonrası ek derslik binası LEED Enerji kategorisi puanını 16 tam puana çıkarmıştır.

#### 4.4.6. İyileştirme adımları sonrası Ek Derslik CO<sub>2</sub> Salınımı ile ilgili çıktılar

İyileştirme adımları sonrası Ek Derslik Binasının yıllık toplam CO<sub>2</sub> salınımı 50271.85 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır. İyileştirme adımları sonrası Ek Derslik Binasının CO<sub>2</sub> salınımı pik değerinin 6415.18 CO<sub>2</sub>(kg) olduğu ve Ek Derslik ASHRAE Baz Binasına kıyasla yıllık %47,03 daha az CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

İyileştirme adımları sonrası Ek Derslik Binası, Bina bileşenlerine arka arkaya uygulanan beş iyileştirme adımı sonrası Ek Derslik Binasının karbon ayak izini gösteren yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin çıktıları Şekil 4.24.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 24. İyileştirme adımları sonrası ek derslik binası yıllık CO<sub>2</sub> salınımı

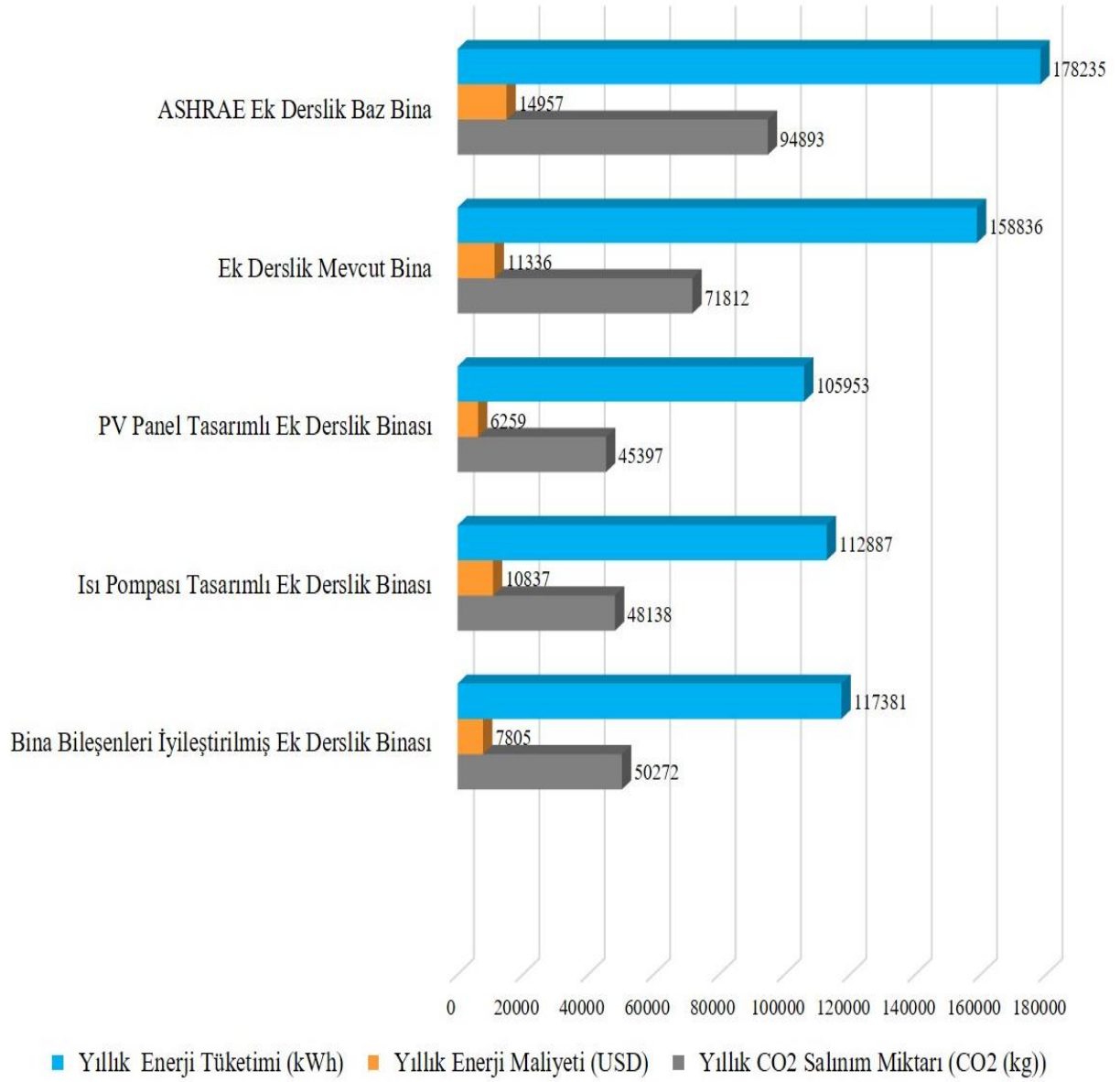
#### **4.5. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Ek Derslik Binası Enerji Performans Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması**

Enerji performans analizi sonucunda ek derslik binasının enerji tüketimleri toplamı; mevcut bina için 158836 kWh, baz bina için 178235 kWh, PV panel tasarımı sonrası için 105953 kWh, toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası için 112887 kWh ve bina bileşenlerinin yalıtım, pencere özellikleri, gün ışığı kontrolü, kazan ve ekipman otomasyonu iyileştirmeleri sonrası için ise 117381 kWh, olarak hesaplanmıştır.

Enerji performans analizleri sonucunda ek derslik binasının yıllık enerji maliyetleri toplamı ise; mevcut bina için 11336 dolar, baz bina için 14957 dolar, PV panel tasarımı sonrası için 6259 dolar, toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası için 10837 dolar ve bina bileşenlerinin iyileştirilmesi sonrası için ise 7805 dolar olarak hesaplanmıştır (2018 yılı ortalaması olarak 1 USD doları 4,84 TL alınmıştır).

Ayrıca enerji performans analizleri sonucunda ek derslik binasının yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarı ise; mevcut bina için 71812 CO<sub>2</sub>(kg), baz bina için 94893 CO<sub>2</sub>(kg), PV panel tasarımı sonrası için 45397 CO<sub>2</sub>(kg), toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası için 48138 CO<sub>2</sub>(kg) ve bina bileşenlerinin iyileştirilmesi sonrası için ise 50272 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.25’de Design Builder ve Energy Plus ile yapılan çeşitli enerji performans analiz sonuçlarına göre ek derslik binasının yıllık enerji tüketimleri, yıllık enerji maliyetleri ve yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarları karşılaştırması görülmektedir.



**Şekil 4. 25.** Enerji performans analiz sonuçlarına göre ek derslik binasının yıllık enerji tüketim, yıllık enerji maliyet ve yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarları karşılaştırması

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfus artışı, teknolojinin gelişmesi ve sanayileşme ile birlikte enerji tüketiminin artması ve buna bağlı olarak mevcut enerji kaynaklarının azalması söz konusudur. Enerji tüketiminin artmasında ve enerji kaynaklarının azalmasında binaların payı oldukça büyüktür. Bu durum binalarda daha az enerji tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum düzeyde yararlanılan, CO<sub>2</sub> salınımını azaltan, daha sağlıklı koşullar ve doğayla dost bir yaşam sunan çevre dostu yeşil binaları gerekli kılmaktadır.

Türkiye'nin 111,4 Mtep'lik nihai enerji tüketiminin %20,6'sını konutlar, %11,8'lik kısmını ise içerisinde eğitim binalarının da yer aldığı ticaret ve hizmet sektörü oluşturmaktadır. Ülkemizde kamu kesimine ait üniversitelerin sadece % 20'sinde enerji verimliliği çalışmalarının yapılması durumunda yılda yaklaşık 7 Milyon TL tasarruf sağlanabileceği düşünüldüğünde eğitim binalarının enerji verimliliği ve enerji etkin yenilenmesinin önemi açıkça görülmektedir. Bu açıdan bu çalışmada, enerji tüketimlerinde önemli bir yer tutan eğitim binalarında enerji modellemesi, enerji performans analizi ve yenilenebilir kaynaklarla enerji etkin yenilenmesi bir uygulama örneği kapsamında ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında, çevre dostu yeşil bina uygulama örneği olarak ele alınan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi ek derslik eğitim binasının enerji modellemesinin yapılarak enerji performansının saptanması ve yenilenebilir enerji kullanımı ile enerji etkin olarak yenilenmesi için öneriler geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmalarda, bir bina enerji ve performansını inceleme programı olan Energy Plus kullanılmıştır. Binanın üç boyutlu olarak modellenmesinde, binaya ilişkin detaylı verilerin oluşturulmasında Energy Plus'a yardımcı bir ara yüz olan Design Builder kullanılarak ek derslik binası simülasyonu yapılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları ile ek derslik binasının mevcut enerji tüketimi, enerji maliyeti ve CO<sub>2</sub> emisyon miktarı belirlenmiştir. İkinci aşamada yenilenebilir enerji kullanımı ve bina bileşenleri iyileştirme tasarımı sonrası ek derslik binasının enerji tüketimi, enerji maliyeti ve CO<sub>2</sub> emisyon miktarı değişimleri irdelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda ek derslik binasının enerji tüketimleri toplamı; mevcut bina için 158.836 kWh, PV panel tasarımı sonrası 105953 kWh, toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası 112887 kWh, bina bileşenlerinin iyileştirilmesi sonrası 117381 kWh, olarak hesaplanmıştır.

Tüketimle ilgili analiz sonuçlarına göre, mevcut ek derslik binasının enerji tüketiminin; bina bileşenlerinde çeşitli iyileştirme tasarımları ile %26, yenilenebilir enerji kullanımının esas alındığı PV panel tasarımı ile %33, ısı pompası tasarımı ile %29 oranında azaltılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kullanımının baz alındığı PV panel tasarımı ile ek dersliğin 52883 kWh elektrik enerjisi ürettiği ve üretilen elektriğin binanın elektrik enerjisi tüketiminde kullanılması ile ek derslik binası elektrik enerjisi tüketiminin %53 oranında azaltıldığı tespit edilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı ile ise ısınmada kullanılan fosil kaynaklı doğalgaz tamamen sıfırlanmış, ısınma ihtiyacı için gereken enerji, mevcut binada ısınmada kullanılan doğalgazın %21'i oranındaki elektrik enerjisi ile sağlanmıştır. Yine bina bileşenleri iyileştirme adımlarıyla mevcut binaya göre doğalgaz tüketimi %12, elektrik enerjisi tüketimi ise %35 oranında azaltıldığı tespit edilmiştir.

Ek derslik binasının enerji maliyetleri toplamı ise; mevcut bina için 11336 dolar, PV panel tasarımı sonrası 6259 dolar, toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası 10837 dolar, bina bileşenlerinin iyileştirilmesi sonrası 7805 dolar olarak hesaplanmıştır.

Enerji maliyetleri ile ilgili analiz sonuçlarına göre, mevcut ek derslik binasının yıllık enerji maliyeti; bina bileşenlerinde çeşitli iyileştirme tasarımları yapıldığında %31 yenilenebilir enerji kullanımının esas alındığı PV panel tasarımı ile %45 oranında ısı pompası tasarımı ile %4 oranında azaltılabildiği tespit edilmiştir. Diğer tasarımlara oranla ısı pompası tasarımındaki enerji maliyeti azaltımı oranının daha düşük olmasının nedeni ise daha düşük ücretli olan fosil kaynaklı doğalgaz tüketiminin sıfırlanmasıdır.

Ek derslik binasının yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarı ise; mevcut bina için 71812 CO<sub>2</sub>(kg), PV panel tasarımı sonrası 45397 CO<sub>2</sub>(kg), toprak kaynaklı ısı pompası tasarımı sonrası 48138 CO<sub>2</sub>(kg), bina bileşenlerinin iyileştirilmesi sonrası 50272 CO<sub>2</sub>(kg) olarak hesaplanmıştır.

Ek derslik binasının yıllık CO<sub>2</sub> salınımları ile ilgili analiz sonuçlarına göre, mevcut ek derslik binasının CO<sub>2</sub> salınımı; bina bileşenlerinde çeşitli iyileştirme tasarımları yapıldığında %30, yenilenebilir enerji kullanımının esas alındığı PV panel tasarımı ile %37, ısı pompası tasarımı ile %33, oranında azaltılabildiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında; ek derslik binasının enerji tüketiminde ciddi oranda tasarruf potansiyeline sahip olduğu, ayrıca yenilenebilir enerji kullanımı ile binanın enerji tüketimleri, enerji maliyetleri ve CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarının yüksek oranlarda azaltılabildiği tespit edilmiştir. Ancak eğitim binalarında genellikle ödenek kısıtından dolayı yatırım gerektiren projelerin hayata geçirilemediği göz ardı edilmemelidir.

Sonuç olarak eğitim binalarında yapılacak enerji etkin çalışmalar ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabileceği, böylece ülkemizin birincil enerji kaynakları kullanımını ve enerjide dışa bağımlılığının azaltılabileceği, ayrıca eğitim binalarında yenilenebilir enerji kullanımını ile oluşan evre kirliliği ve CO<sub>2</sub> emisyonunun yüksek oranlarda önlenebileceği tespit edilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Acuner E (2014). Binalarda Enerji Verimliliği ve Finansman Raporu. Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği. [https://www.imsad.org/Uploads/Files/imsad\\_bev\\_rap\\_kasim\\_2014.pdf](https://www.imsad.org/Uploads/Files/imsad_bev_rap_kasim_2014.pdf). Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- Altın M (2013). Sürdürülebilir Bina Kabuğu Tasarımı ve Fotovoltaik Paneller. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 17-20 Nisan 2013, MMO Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi. İzmir.
- Anonim (2018). Yeşil Binalar. <http://cevreonline.com/yesil-binalar/> Erişim tarihi: 18.10.2018.
- Anonim (2018-a). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. <http://www.enver.org.tr/tr/icerik/yenilenebilir-enerji/50>. Erişim Tarihi: 14.12.2018.
- Anonim (2018-b). <https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg>. Erişim Tarihi: 09.10.2018.
- Anonim (2018-c). Leed Sertifika sistemi. [http://www.xn--leedsertifika-jgc.com/leed-v4-\(2014\).html](http://www.xn--leedsertifika-jgc.com/leed-v4-(2014).html). Erişim Tarihi: 10.11.2018.
- Anonim (2018-d). <http://www.gbig.org/collections/12681/map>. Erişim Tarihi: 14.11.2018.
- Anonim (2018-e). Yeşil Bina Dergisi. [http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/707/bina-enerji-modellemesi\\_21325.html#.XKO7Z9IzbDd](http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/707/bina-enerji-modellemesi_21325.html#.XKO7Z9IzbDd). Erişim Tarihi: 04.11.2018.
- Anonim (2018-f). Jeotermal Enerji. <https://www.yesilodak.com/jeotermal-enerji-nedir->. Erişim Tarihi: 20.11.2018.
- Anonim (2018-g). <https://www.google.com/maps>. Erişim Tarihi: 12.12.2018.
- Anonim (2018-ğ). <https://igdass.com.tr/yakit-fiyatlari-karsilastirmasi/> Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- Anonim (2018-h). [https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar\\_tr.html](https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html). Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- ASHRAE (2018). [https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard\\_90.1-2010\\_\(IP\)](https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_90.1-2010_(IP)). Erişim Tarihi: 24.10.2018.
- Baştaoğlu E (2017). Leed Yeşil Bina Sertifika Sistemi Uygulamalarının Değerlendirilmesi: Avrupa ve Türkiye. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Bulut B (2014). Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye için Bir Sistem Önerisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Çelik E (2009). Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye'de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- ÇŞB (2014). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. BEP TR Uygulaması. Enerji Kimlik Belgesi. <http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx#.XJfUTMkzbDd> . Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- ÇŞB (2011). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Enerji Etkin Tasarımlara Ulaşma Yolunda Temel Tasarım. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/enerji\\_etkin\\_binalar\\_ulasma\\_yolunda\\_temel\\_tasarim\\_prensipleri.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/enerji_etkin_binalar_ulasma_yolunda_temel_tasarim_prensipleri.pdf) . Erişim Tarihi: 04.12.2018.

- EİGM (2018). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Ulusal Enerji Denge Tablosu(2017). <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları>. Erişim Tarihi: 14.12.2018.
- EİGM (2018-a). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023. [http://www.yegm.gov.tr/document/20180102M1\\_2018.pdf](http://www.yegm.gov.tr/document/20180102M1_2018.pdf) . Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- EİGM (2018-b). Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi. [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx). Erişim Tarihi: 09.10.2018.
- Erten D (2017). Sürdürülebilir Üretim v e Tüketim Yayınları – V Yeşil Binalar. <https://recturkey.files.wordpress.com/2017/02/yesil-binalar.pdf>. Erişim Tarihi: 10.10.2018.
- ETKB (2018). Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü(2017). [www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi\\_15/mobile/index.html](http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/mobile/index.html). Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- EVK (2007). Enerji Verimliliği Kanunu. 02/05/2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete.
- Gökçen G, Yaman M (2009). Statik ve Dinamik Hesaplama Metodları ile Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesi, Ölçüm Değerleri ile Karşılaştırılması. Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve sergisi.
- Gazioğlu A (2012). Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Gökçen G (2009). Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (Kep-Sdm) İçin Geliştirilen Enerji Sertifikalandırma Yazılımı Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi İzmir İleri teknoloji Enstitüsü. Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü. İzmir.
- Gürğün A P (2018). Türkiye’deki LEED NC 2009 Sertifikalı Binaların Enerji ve Atmosfer Kredilerinin Değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi, 2017; 20 (2) : 383-392. Erişim Tarihi: 11.11.2018.
- Harputlugil G (2007). Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri. Teknoloji, Cilt 10, Sayı 4, 249-265.
- Hoşgör H (2014). Yeşil Hastane Konsepti ve Türkiye Deneyimi. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi. 1(2), s.75-84.
- IEA (2018). International Energy Agency. World Energy Statistics and Balances. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>. Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- İnanç T (2010). Geleneksel Kırsal Mimari Kimliğin Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi Rize Çağlayan Köyü Evleri Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.
- Karaca Ö (2011). İstanbul’da Mevcut Bir Büro Yapısının Enerji Etkin Yenilenmesi.Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.



- Karagöz S (2014). Yeşil Bina Uygulamaları Bağlamında Çanakkale İli İçerisindeki Örnek Bir Konutun Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Çanakkale.
- Keskin T (2010). Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı Geliştirilmesi Projesi. <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Binalar%20Sektoru%20Mevcut%20Durum%20Değerlendirilmesi%20Raporu.pdf>. Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- Kıncay O (2018). [http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesil\\_IBol\\_BINA.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesil_IBol_BINA.pdf) Erişim Tarihi: 09.10.2018.
- Küçükyalı R (2005). Enerji Ekonomisi. Isısan Çalışmaları No:351. İstanbul.
- MGM (2018). İllerimize ait Genel İstatistik Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TEKIRDAG>. Erişim Tarihi: 18.10.2018.
- Sarıer N, Özay S, Özkılıç Y (2012). Sürdürülebilir Yeşil Binalar I-II. Cumhuriyet Bilim Teknoloji, 22 (1123-1124): 17.
- NVİGM (2018). Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü. Niteliklerine Göre Bina Türü İstatistiği. <https://www.nvi.gov.tr/hizmetlerimiz/istatistikler/ulusal-adres-veri-tabani-istatistikleri>. Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- OECD (2019). OECD Environmental Performance Reviews: Turkey 2019. <http://doi.org/10.1787/9789264309753-en>. Erişim Tarihi: 19.02.2019.
- Öz B (2015). Enerji Verimliliği Kriterlerine Göre Otel Tasarımı ve Enerji Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Öztürk A (2015). Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Erdede B, Bektaş S (2014). Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi. Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu. İstanbul.
- Sarıd F (2017). Türkiye İçin En Uygun Yeşil Binalar Sertifikasyon Sistemini Belirlemeye Yönelik Analitik Hiyerarşi Süreci Tabanlı Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi. Çankaya Üniversitesi. İstanbul.
- Saka İ (2011). Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul'da Bir Ofis Binasının Leed Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.
- Sev A (2009). Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri. Yapı Dergisi, Yapıda Ekoloji Eki (2), Nisan 2009: 45 .
- Sur H (2012). Çevre Dostu Yeşil Binalar. Yeşil Binalar Referans Rehberi 2012, İstanbul.
- Sümer E (2013). Yeşil Bina Proje Yönetim Süreçleri ve Türkiye'de LEED ve BREEAM Uygulamalarında Proje Yönetimi Süreçlerine İlişkin Örnek Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

- TEİAŞ (2018). Türkiye Elektrik Üretim İletim 2017 yılı İstatistikleri. <https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayıplar-0>. Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- Topçu G (2010). Türkiye’de Sertifikalı Yeşil Bina Uygulamasının Örnek Bir Bina Üzerinde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- TÜİK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. Sera Gazı Emisyon İstatistikleri (2016). <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675>. Erişim Tarihi: 04.02.2019.
- Türker M (2010). Yeşil Bina Derecelendirme Sistemleri: Türkiye Üzerine Değerlendirmeler ve Erzurum Alışveriş Merkezi Örneği – Türkiye’nin İlk Breeam Sertifikalı Yeşil Binası. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- USGBC (2007). Green Building Rating System For Existing Buildings, Upgrades, Operations and Maintenance, Washington.
- USGBC (2018). <https://new.usgbc.org/leed>. Erişim Tarihi: 04.12.2018.
- Winkelmann D. C. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program, Energy and Buildings 33: 319-331. .
- Yılmaz Z (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tesisat Mühendisliği Dergisi. 91: 7-15.

## EKLER

### EK-1 Ek Derslik Binası Mahal Bilgileri

	Alan [m2]	Isıtma (Y/N)	Hacim[m3]	Duvar Alanı [m2]	Pencere Alanı [m2]	Aydınlatma [W/m2]	Kişi Sayısı [m2 başına]	Elektrikli Ekipman [W/m2]
0:DEPO	29.78	Evet	48.96	1.12	1.44	3.2		5
0:KORIDOR	157.65	Evet	150.52	14.68	16.1	2.5		5
0:TESISAT	2.21	Hayır	8.08	0	0	5		5
0:ASANSOR	4.34	Hayır	0	0	0	0		5
0:DERSLIKX2	92.37	Evet	30	4.45	4.8	6	1.56	4.74
0:DERSLIKX3	93.15	Evet	30	4.45	4.8	6	1.57	4.74
0:DERSLIKX1	93.15	Evet	84.56	8.91	9.6	6	1.56	4.74
0:MERDIVEN	17.61	Evet	37.84	0	0	2		5
1:WC	32.01	Evet	48.96	1.12	1.44	3.2		5
1:KORIDOR	163.53	Evet	132.12	41.29	43.7	2.5		5
1:TESISAT	2.33	Hayır	8.08	0	0	5		5
1:ASANSOR	4.39	Hayır	0	0	0	0		5
1:DERSLIKX2	93.61	Evet	30	13.14	13.8	6	1.57	4.74
1:DERSLIKX3	93.86	Evet	30	13.14	13.8	6	1.58	4.74
1:DERSLIKX1	93.86	Evet	84.56	13.14	13.8	6	1.55	4.74
1:MERDIVEN	17.61	Evet	37.84	2.04	2.3	2		5
1:RUZGARLIK	11.44	Evet	18.4	10.25	10.77	2.5		5
2:WC	32.01	Evet	48.96	1.12	1.44	3.2		5
2:KORIDOR	163.53	Evet	150.52	47.77	50.6	2.5		5
2:TESISAT	2.33	Hayır	8.08	0	0	5		5
2:ASANSOR	4.39	Hayır	0	0	0	0		5
2:DERSLIKX2	93.61	Evet	30	13.14	13.8	6	1.57	4.74
2:DERSLIKX3	93.86	Evet	30	13.14	13.8	6	1.58	4.74
2:DERSLIKX1	93.86	Evet	84.56	13.14	13.8	6	1.55	4.74
2:MERDIVEN	17.61	Evet	37.84	2.04	2.3	2		5
3:WC	32.01	Evet	48.96	1.12	1.44	3.2		5
3:KORIDOR	163.53	Evet	150.52	47.77	50.6	2.5		5
3:TESISAT	2.33	Hayır	8.08	0	0	5		5
3:ASANSOR	4.39	Hayır	0	0	0	0		5
3:DERSLIKX2	93.61	Evet	30	13.14	13.8	6	1.57	4.74

3:DERSLIKX3	93.86	Evet	30	13.14	13.8	6	1.58	4.74
3:DERSLIKX1	93.86	Evet	84.56	13.14	13.8	6	1.55	4.74
3:MERDIVEN	17.61	Evet	37.84	2.04	2.3	2		5
4:WC	32.01	Evet	48.96	1.12	1.44	0		5
4:KORIDOR	163.53	Evet	150.52	47.77	50.6	2.5		5
4:TESISAT	2.33	Hayır	8.08	0	0	5		5
4:ASANSOR	4.39	Hayır	0	0	0	0		5
4:DERSLIKX2	93.61	Evet	30	13.14	13.8	6	1.57	4.74
4:DERSLIKX3	93.86	Evet	30	13.14	13.8	6	1.58	4.74
4:DERSLIKX1	93.86	Evet	84.56	13.14	13.8	6	1.55	4.74
4:MERDIVEN	17.61	Evet	37.84	0	0	2		5
5:MERDIVEN	17.61	Hayır	53.82	1.21	2,3	2		5
5:TESISAT	2.33	Hayır	8.08	0	0.00	5		5
5:ASANSÖR MAK	18.4	Hayır	43,37	1.21	2.03	5		50
Total	2544.90		2055.06	399.24	425.60	4.4596	2.78	5.1355

## EK-2 Ek Derslik Binası Yıllık Enerji Tüketimi Grafiği

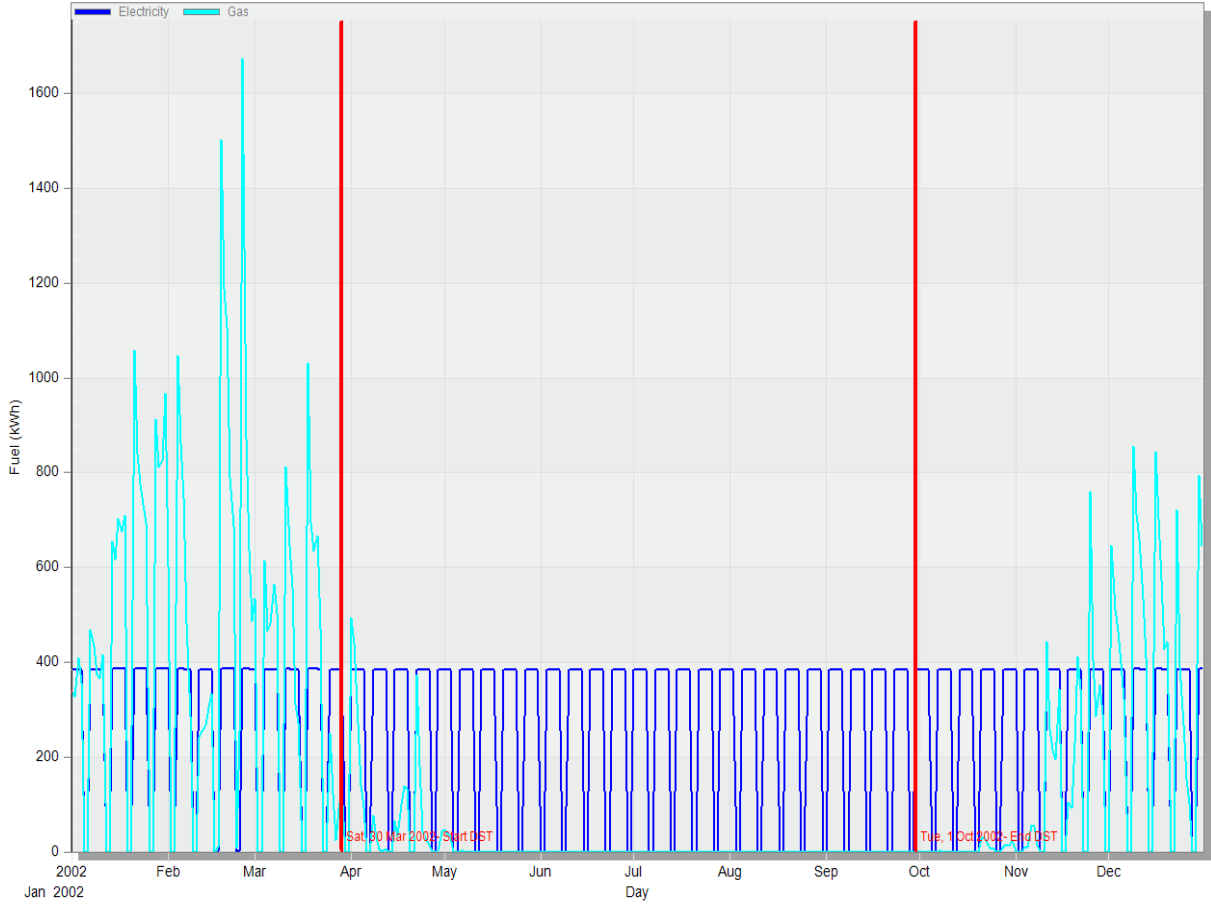
384.88

EnergyPlus Output

Fuel Totals - Corlu, Building 1

1 Jan - 31 Dec, Daily

Student



## EK-3 Ek Derslik Binası Yıllık Enerji Tüketiminin Yüklere Göre Dağılım Grafiği

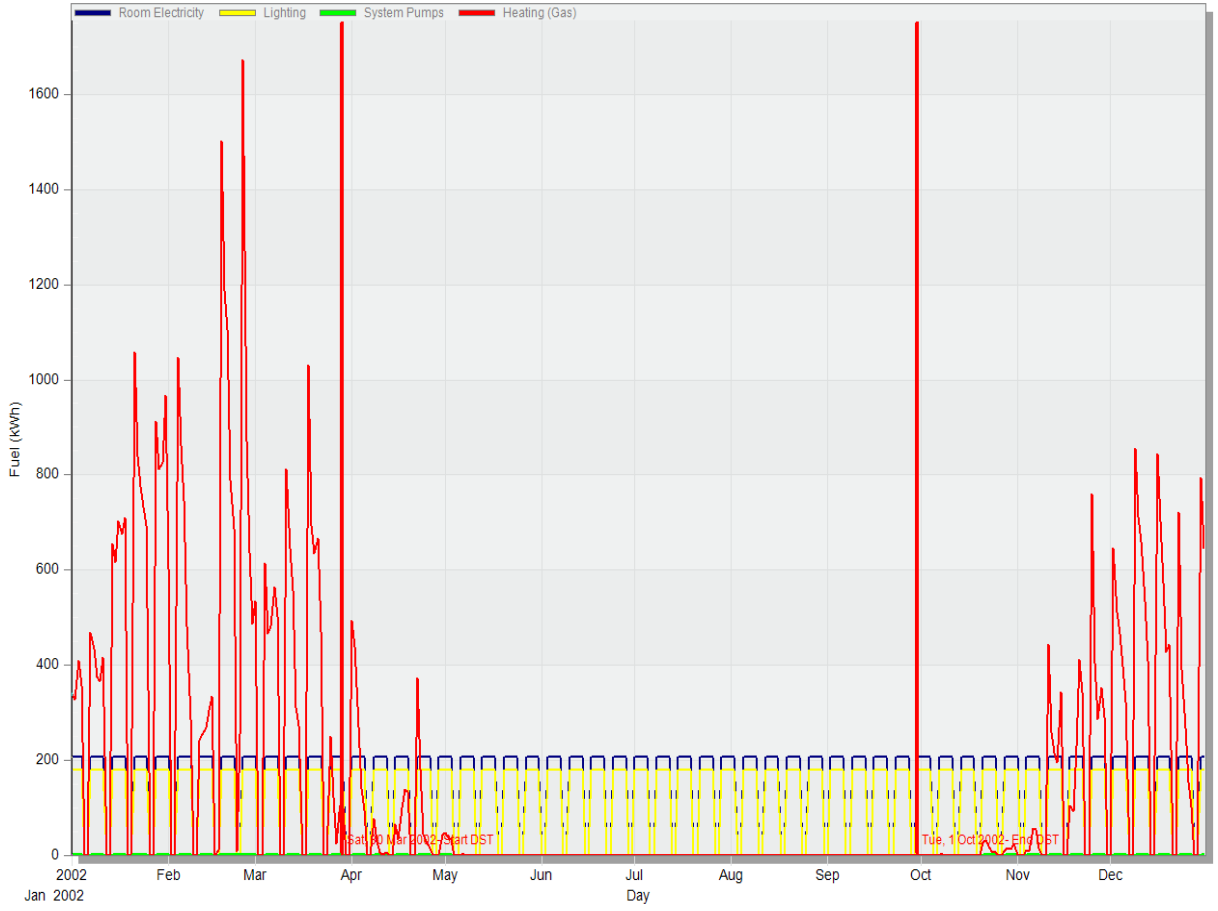
206.48

EnergyPlus Output

Fuel Breakdown - Corlu, Building 1

1 Jan - 31 Dec, Daily

Student



## ÖZGEÇMİŞ

Özgür KAYIN, 1983 yılında İstanbul'un Bakırköy ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında Trakya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. 2007 yılında bölüm birincisi ve fakülte ikincisi dereceleriyle mezun oldu.

2008 yılında askerlik görevini yerine getirdi ve aynı yıl iş hayatına atıldı. Çeşitli firmaların çevre departmanlarında çalıştı. 2014 yılında İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nde Çevre Mühendisi olarak göreve başladı.

2014-2016 yılları arasında İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirmesi Şube Müdürlüğü'nde, 2016-2018 yılları arasında İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevre İzin ve Lisans Şube Müdürlüğü'nde çalıştı.

2018 yılından bu yana halen İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirmesi Şube Müdürlüğü'nde Çevre Mühendisi olarak çalışmakta olan Kayın, Yüksek Lisans eğitimine devam etmekte olup, evli ve bir çocuk babasıdır.