T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON AYAK İZİ AÇISINDAN İNCELENMESİ: KIRKLARELİ ÖRNEĞİ

MERYEM ALTINÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

EDİRNE-2019

MERYEM ALTINÖZ'ün hazırladığı "BİNALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON AYAK İZİ AÇISINDAN İNCELENMESİ: KIRKLARELİ ÖRNEĞİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

Doç. Dr. Doğan ERYENER

Tez Savunma Tarihi: 25/01/2019

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

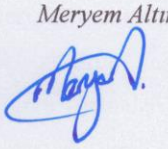
Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

25/ 01/ 2019

Meryem Altınöz



Yüksek Lisans Tezi
Binaların Çevresel Etkilerinin Enerji Verimliliği ve Karbon Ayak İzi Açısından İncelenmesi: Kırklareli Örneği
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Sanayi devrimi ile teknolojinin gelişmesi, hızlı nüfus artışı ve küreselleşme doğal kaynakların hızla tüketilmesine ve çevresel düzenin bozulmasına neden olmuştur. Yapı sektörü doğal kaynakların önemli bir bölümünü kullanmakta ve sera gazı salınımıyla doğal dengeyi bozmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de tüketilen enerjinin büyük bir bölümü yapı üretiminde kullanılmaktadır.

Yapıların çevresel etkileri çeşitli araçlarla denetlenebilmektedir. Bu araçlardan bazıları; yaşam döngüsü değerlendirmesi, yeşil bina sertifika sistemleri, karbon ayak izi ve eko etiket olarak sıralanabilir. Bu sistemlerden karbon ayak izi ürün yaşam döngüsündeki üretim, taşıma, kullanım, geri dönüştürme ve yok etme aşamalarında ortaya çıkan CO_2 salınımının bir ölçüsüdür. Dünya'da karbon ayak izini oluşturan CO_2 emisyonlarını yapı malzemeleri ile birlikte binalar %25, elektrik ve ısıtma %42 oranında etkilemektedir. Buna göre binaların karbon ayak izi üzerinde büyük bir etkisi olduğunu söylemek mümkündür.

Bu çalışmada Kırklareli ilinden örnek olarak 6 farklı özellikle seçilen binaların yıllık enerji tüketimi, karbon ayak izi hesaplaması ve çevresel etkileri; Graphisoft Archicad Programı Eco Designer Star modülü ile analiz edilmektedir. Seçilen binalar yapım sistemi ve imar durum özelliklerine bağlı olarak karşılaştırılmaktadır. Binaların yalıtımsız durumları, mevcut durumlarının renovasyon ile iyileştirildiği düşünülerek yalıtımlı duruma getirilip ek olarak yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara entegre edildiği durumları değerlendirilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda binaların

yalıtımsız ve yalıtımlı duruma ek olarak yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binaların yıllık birincil enerji tüketiminde, yıllık CO_2 emisyonunda, enerji maliyetlerinde kullanılan kaynağa göre fosil kaynakta (doğalgaz) %45 ile %70, ikincil kaynakta (elektrik) %5 ile %21 oranında, yıllık toplam enerji tüketimleri değerlendirildiğinde ise %65 ile %35 oranında iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 111

Anahtar Kelimeler : Çevresel etkiler, Enerji simülasyonu, Enerji verimliliği, Karbon ayak izi hesaplaması.

Master's Thesis
Investigation of Energy Efficiency and Carbon Footprint of Environmental Impacts of Buildings: Kırklareli Example
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Architecture

ABSTRACT

The industrial revolution with the development of technology, globalization, rapid population growth and rapid exhaustion of natural resources and environmental degradation has led to the order. The building sector uses a significant portion of natural resources and disrupts the natural equilibrium with greenhouse gas emissions. A large part of the energy consumed in the world and Turkey is used in the production structure.

Interaction of the structures with the environment can be controlled by various means. Some of these tools; life cycle assessment, certification systems, carbon footprint, eco-labeling and environmental assessment systems. From these systems, the carbon footprint is a measure of the CO_2 release that occurs at each stage of the product life cycle (production, transportation, use, recycling and destruction). CO_2 emissions that make up the carbon footprint in the world are affected by building materials by 25%, electricity and heating by 42%. Accordingly, the carbon footprint of the building is that there is a huge impact.

In this study, the energy consumption, carbon footprint calculation and environmental effects of the buildings selected from Kırklareli province as an example; Graphisoft Archicad Program was analyzed with Eco Designer Star module. Selected buildings are compared according to construction system and zoning situation properties characteristics. The uninsulated conditions of the buildings are considered to have been improved by the renovation of their current situation and the cases where the renewable energy systems are integrated into the buildings are evaluated. As a result,

the buildings are integrated with the renewable energy systems in addition to the uninsulated and insulated condition, the annual primary energy consumption of buildings, annual CO2 emissions, energy resources by the source used in fossil sources (natural gas) 45% to 70%, secondary source (electricity) 5% When the total energy consumption is evaluated as 21%, it is seen that 65% and 35% improvement is achieved.

Year : 2019

Number of Pages : 111

Keywords : Environment effects, Energy simulation, Energy efficiency, Carbon footprint calculation.

ÖNSÖZ VEYA TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında binaların enerji verimliliği ile karbon salınımları incelenmiştir. Farklı parametrelerde seçilen binaların simülasyon programı üzerinden modellemesi yapılarak enerji analiz raporları oluşturulup karbon ayak izleri değerlendirilmiştir.

Çalışma konusunun belirlenmesi ve çalışmanın hazırlanma süreci boyunca ilgisini, tecrübesini ve desteğini esirgemeyerek bana her zaman yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Esma Mıhlayanlar'a, karşılaştığım zorluklarda çalışmaya desteği için sayın hocam Doç. Dr. Doğan Eryener'e, simülasyon programının temin edilmesinde Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (TÜBAP) Birimi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca tüm eğitim hayatım da sevgi ve güvenle hep yanımda olan annem Fikriye Algın, babam Şerafettin Algın ve kardeşim Nuriye Algın'a, çalışmalarımda bana gösterdiği ilgi, anlayış ve yardımları için sevgili eşim Tuğmaç Altınöz'e ve bu süreçte destek aldığım herkese teşekkür ediyorum.

Meryem ALTINÖZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
ÖNSÖZ VEYA TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiv**
BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**
1.1. Tezin Amacı 2
1.2. Tezin Kapsamı 2
1.3. Tezin Yöntemi 3
1.4. Literatür Özeti 4
BÖLÜM 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL ETKİLER **12**
2.1. Binalarda Enerji Verimliliği 15
2.1.1. Binalarda Yenilenebilir Güneş Enerjisi Sistemleri 18
2.2. Enerji Verimliliği İle İlgili Yapılan Ulusal Ve Uluslararası Çalışmalar 24
BÖLÜM 3. ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME ARAÇLARI **29**
3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, YDD (Life Cycle Assessment, LCA) 30
3.2. Derecelendirme/ Sertifikasyon Sistemleri 32
3.3. Karbon Ayak İzi (Carbon Footprint Analysis, CFA) 36
3.4. Ekoetiket (Eco Label) 40
BÖLÜM 4. ALAN (UYGULAMA) ÇALIŞMASI **43**
4.1. Kırklareli İline Ait Genel Özellikler 43
4.1.1. Yapılaşma Durumu 45
4.1.2. Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri 48
4.2. Graphisoft Archicad Programı ve Eco Designer Star Modülü Özellikleri 51
4.3. Alan Çalışması Kapsamında Seçilen Binaların Enerji Analizleri 55
4.3.1. B1 Binası 61
4.3.2. B2 Binası 64
4.3.3. B3 Binası 67
4.3.4. B4 Binası 70
4.3.5. B5 Binası 73

4.3.6. B6 Binası 76
BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER 86
KAYNAK 92
EKLER 104
ÖZGEÇMİŞ 110
TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER 111

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma	Açıklama
BIM	Building Information Model
BMS	Building Management System
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CFA	Carbon Footprint Analysis
CPD	Construction Products Directive
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGNB	German Sustainable Building Council
EMS	Environmental Management System
EPD	Environmental Product Declaration
IEA	International Energy Agency
ISO	International Standards Organisation
JaGBC	Japan GreenBuild Council
JSBC	Japan Sustainable Building Consortium
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environment Design
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
RES	Rüzgar Enerji Santrali
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
UIA	Union of International Architects
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USGBC	U.S. Green Building Council
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
WGBC	World Green Building Council

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Dünya'da toplam enerji tüketimi dağılımı (IEA, 2018).....13
Şekil 2.2. Ekonomik sektörlere göre sera gazı emisyonları dağılımı (IPCC, 2014).....13
Şekil 2.3. Türkiye'nin birincil enerji talebi dağılımı (IEA, 2016a).....14
Şekil 2.4. Türkiye'nin enerji talebinin sektörlere göre dağılımı (IEA, 2016a).....14
Şekil 2.5. Çeşitli konut tipleri (URL 3,4).....15
Şekil 2.6. İklime göre bina yerleri (Kutlu, 2012).....16
Şekil 2.7. İklime göre bina formları ve optimum yön (Zeren, 1987).....17
Şekil 2.8. Bina kabuğunda enerji kayıpları (URL 6).....18
Şekil 2.9. Doğrudan kazanç (Wachberger, 1983).....19
Şekil 2.10. Güneş duvarı (Trombe duvarı) (Wachberger, 1983).....20
Şekil 2.11. Kış bahçesi (Güneş odası) (Wachberger, 1983).....20
Şekil 2.12. Su duvarı (Wachberger, 1983).....20
Şekil 2.13. Çatı havuzu (Wachberger, 1983).....21
Şekil 2.14. Ayrılmış kazanç (Wachberger, 1983).....21
Şekil 2.15. Düzlemsel güneş kolektörünü oluşturan elemanlar (URL 7).....22
Şekil 2.16. Vakum borulu güneş kolektörünü oluşturan elemanlar (URL 8).....23
Şekil 2.17. Fotovoltaik paneli oluşturan elemanlar (URL 9).....23
Şekil 2.18. Fotovoltaik panel çeşitleri (URL 10).....24
Şekil 2.19. Fotovoltaik panelin çeşitli amaçlarda kullanımı (URL 11,12).....24
Şekil 3.1. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü (URL 19).....30
Şekil 3.2. Yapılarda yaşam döngüsü analizi aşamaları (Şenel, 2010).....31
Şekil 3.3. Karbon ayak izi ifade şekilleri (URL 29).....36
Şekil 3.4. Çeşitli faaliyetlerin karbon ayak izi (URL 30).....37
Şekil 3.5. Dünya'nın ekolojik ayak izi ve biyokapasitesinin karşılaştırması(WWF, 2018).....38
Şekil 3.6. Türkiye'nin ekolojik ayak izinin yıllara göre değişimi (URL 31).....38
Şekil 3.7. Türkiye'de ekolojik ayak izi dağılımı (URL 32).....39
Şekil 3.8. CO_2 emisyonlarının yakıtlara göre dağılımı (IEA, 2016).....39
Şekil 3.9. CO_2 emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (IEA, 2016b).....40
Şekil 3.10. CE ve G işareti.....42
Şekil 4.1. Kırklareli fiziki haritası (URL 35).....44
Şekil 4.2. Aylık ortalama sıcaklık grafiği (^oC).....44
Şekil 4.3. Yıllık bağıl nem grafiği (%).....45
Şekil 4.4. Kırklareli merkez mahalleler (Kırklareli Belediyesi,2018).....46
Şekil 4.5. Taş ve tuğla yığma yapı örnekleri (Altınöz,2018).....47
Şekil 4.6. Ahşap ve betonarme iskelet sistemi yapı örnekleri (Altınöz,2018).....47
Şekil 4.7. Rüzgâr enerjisi kapasite faktörü (URL 41).....48
Şekil 4.8. Türkiye yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi (URL 46).....49
Şekil 4.9. Kırklareli güneş enerjisi potansiyeli (URL 47).....50
Şekil 4.10. Graphisoft Archicad ve Eco Designer Star modülü (URL 48).....51
Şekil 4.11. B1 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri.....57

Şekil 4.12. B2 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri 57
Şekil 4.13. B3 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri 58
Şekil 4.14. B4 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri 58
Şekil 4.15. B5 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri 59
Şekil 4.16. B6 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri 59
Şekil 4.17. Binaların ortalama ısıl geçirgenlikleri (U değeri).....81
Şekil 4.18. Binaların yıllık birincil enerji tüketimleri (kWh).....82
Şekil 4.19. Binaların yıllık CO_2 emisyonları (kg).....83
Şekil 4.20. Binaların yıllık yakıt maliyetleri (TL) 84

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Sertifikasyon sistemleri ülkeler ve kuruluş tarihleri 35
Çizelge 3.2. Çevre etiketi çeşitleri 41
Çizelge 4.1. Archicad programı veri girişi 52
Çizelge 4.2. Eco Designer Star veri girişi 54
Çizelge 4.3. Seçilen binaların özellikleri 55
Çizelge 4.4. Binaların güneye bakan çatı yüzey alanları ve güney yönüne açısı 56
Çizelge 4.5. Binaların optimum yenilenebilir güneş enerji sistem büyüklükleri 60
Çizelge 4.6. B1 bina özellikleri 62
Çizelge 4.7. B1 binası malzeme özellikleri 63
Çizelge 4.8. B1 binasının sonuçların değerlendirmesi 64
Çizelge 4.9. B2 bina özellikleri 65
Çizelge 4.10. B2 binası malzeme özellikleri 66
Çizelge 4.11. B2 binasının sonuçlarının değerlendirmesi 67
Çizelge 4.12. B3 bina özellikleri 68
Çizelge 4.13. B3 binası malzeme özellikleri 69
Çizelge 4.14. B3 binasının sonuçlarının değerlendirmesi 70
Çizelge 4.15. B4 bina özelikleri 71
Çizelge 4.16. B4 binası malzeme özellikleri 72
Çizelge 4.17. B4 binasının sonuçlarının değerlendirmesi 73
Çizelge 4.18. B5 bina özellikleri 74
Çizelge 4.19. B5 binası malzeme özellikleri 74
Çizelge 4.20. B5 binasının sonuçlarının değerlendirmesi 76
Çizelge 4.21. B6 bina özellikleri 77
Çizelge 4.22. B6 binası malzeme özellikleri 78
Çizelge 4.23. B6 binasının sonuçlarının değerlendirmesi 79
Çizelge 4.24. Binaların enerji, CO_2, maliyet sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi 80
Çizelge 4.25. Binaların enerji değerlendirmesi sonuçları 85

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi ve çevre kirliliği ile birlikte iklim değişikliği sorunları ortaya çıkmış ve tüm dünyada enerjinin etkin ve doğal kaynakların verimli kullanılması üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Yapı sektörünün çevreye olan olumsuz etkilerini enerji kaynaklarının verimli kullanımını ve binaların karbon salınımlarını azaltarak bu olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Tüm dünya da tüketilen enerjinin büyük bölümü bina üretiminde kullanılmaktadır. Bu nedenle binaların tasarım ve uygulama aşamalarında önlem alınması daha da önem kazanmaktadır.

Ülkemizde bina sektörünün enerji tüketiminin önemli bir bölümü oluşturması binalarda enerji verimliliği konusunda çalışmaların artırılarak çözüm geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Ancak, ülkemizde enerji verimliliğine gerekli önem gösterilmediğinden enerji tüketimi ile birlikte enerji ithalatı artmakta bu da çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ülkemizde enerji verimliliği için yeterli önlemlerin alınmadığı durumda çevre sorunlarının artması olağandır.

Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması için bina tasarım aşamasında enerji etkin bina tasarımları dikkate alınmalıdır. Bu anlayışla tasarlanan binalar enerji verimliliği sağlarken kullanıcılara optimum düzeyde konfor sağlamaktadır. Buna ek olarak potansiyel yenilenebilir enerji kaynaklarının binalara entegre edilmesiyle bina enerji tüketimlerinin önemli bir bölümünün karşılanması mümkün olmaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Günümüzde yapıların enerji etkin tasarıma uygun olmamasıyla birlikte enerji tüketimi artmakta ve yapıların üretim aşamasında kullanılan doğal kaynaklar hızla tüketilmektedir. Binalar için hammadde üretiminden itibaren başlayan ve yapı tamamlanıncaya kadar devam eden yaşam döngüsü süresince ortaya çıkan karbon salınımı göz ardı edilmeyecek kadar büyüktür. Günümüzde binaların su, enerji, malzeme ve kaynaklara olan çevresel etkileri ile karbon salınımları simülasyon programları yardımıyla önceden hesaplayarak önlem almak mümkün hale gelmiştir.

Tez çalışmasında Kırklareli ilinden seçilen taşıyıcı sistem, kat adedi, toplam inşaat alanı ve imar durumu özelliklerine göre 6 farklı bina üzerinde çevresel etkiler, enerji verimliliği, karbon salınımları simülasyon programı aracılığıyla değerlendirilmektedir.

1.2. Tezin Kapsamı

Binalar hammadde üretiminden inşaat ve kullanım süresi boyunca çevreyi olumsuz etkilemektedir. Bu etkileri binaların karbon salınımını azaltarak ve enerji kaynaklarını verimli kullanarak azaltmak mümkündür. Bu tez çalışmasında Marmara bölgesinin Trakya kesiminde bulunan Kırklareli İl'i alan çalışması olarak seçilmiştir. Kırklareli'nde taşıyıcı sistem, kat adedi, toplam inşaat alanı ve imar durumu gibi farklı parametrelere göre seçilen binaların malzeme özellikleri de dikkate alınarak Graphisoft Archicad isimli simülasyon programında modelleri oluşturulmuştur. Programda Eco Designer Star modülünden faydalanılarak binaların enerji tüketimleri ve karbon ayak izi araştırılmıştır. Ayrıca binalarda güneş enerjisinden faydalanılıp çatı yüzeylerinde güneş panelleri eklenerek hesaplar tekrarlanmıştır. Bu kapsamda tez çalışması 5 farklı bölümde ele alınmaktadır.

Tez çalışmasının birinci bölümü olan giriş bölümünde öncelikle enerji kavramının önemi ile dünyada ve Türkiye'deki enerji durumu özetlenmiştir. Çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi üzerinde durularak daha önce konu ile ilgili yapılmış çalışmalar literatür özeti alt başlığıyla irdelenmektedir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde enerji verimliliği ve çevresel etki kavramları ele alınarak binalarda enerji verimliliğini etkileyen faktörler ile yenilenebilir güneş enerjisi sistemleri ve çevresel etkileri azaltmak için uluslararası ve ulusal alanda yapılan çalışmalar özetlenmektedir.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde binaların çevresel etkilerinin belirlenebilmesi için yapı malzemesi ya da yapı ölçeğinde kullanılan çeşitli sistemler açıklanmaktadır. Bunlar yaşam döngüsü değerlendirmesi, yeşil bina sertifika sistemleri, karbon ayak izi ve eko etiketleme şeklinde dört alt bölüm olarak incelenmektedir.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde Kırklareli'nin doğal ve yapay çevre özellikleri ile birlikte yenilenebilir enerji potansiyellerine, Graphisoft Archicad programı ile Eco designer Star modülüne ve seçilen bina özelliklerine yer verilmektedir. Binalar yalıtımsız ve yalıtımlı olarak Archicad Programı ile modellenerek ve Eco Designer Star modülü aracılığıyla binaların enerji tüketim raporları ve karbon salınımları hesaplanmıştır. Binalara yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilebildiği programdan elde edilen sonuçlar enerji tüketimi ve karbon salınımları üzerinden değerlendirilmektedir.

Tez çalışmasının sonuç bölümünde yapılan alan çalışması sonucu elde edilen bulgular değerlendirilerek daha sonra yapılacak çalışmalara da önerilerde bulunulmaktadır.

1.3. Tezin Yöntemi

Tez çalışmasında literatür taraması ile birlikte alan çalışması üzerinde simülasyon programından faydalanma yöntemi kullanılmaktadır. Literatür taramasında konu ile ilgili ulusal ve uluslararası yayınlanmış tez, kitap, dergi ve makalelerin incelenmesine yer verilmektedir. Alan çalışması olarak seçilen Kırklareli ilinde çeşitli parametlere göre belirlenmiş binaların Graphisoft Archicad programı aracılığıyla mevcut durumları modellenerek enerji analiz değerlendirme raporları oluşturulmaktadır. Daha sonra Eco Designer Star modülü aracılığıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edildiği enerji analizi raporları tekrar verilmektedir. Elde edilen raporların sonuçları belirlenen parametrelere göre değerlendirilmektedir.

1.4. Literatür Özeti

Literatür araştırması yapılırken ulusal ve uluslararası alanda yayınlanmış tez, dergi ve makalelerden yararlanılmıştır. Yapılan çalışmalarda çevresel etkiler, enerji simülasyonu, enerji verimliliği, karbon salınımı ve karbon ayak izi konu başlıkları araştırılmıştır. Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar konut, ofis binaları gibi çeşitli fonksiyonlardaki yapılarda enerji verimliliği ve karbon salınımı araştırmalarının dışında enerji tüketiminin yoğun olduğu üniversite kampüsü ve fabrika binaları vb gibi farklı fonksiyonlardaki yapılar da ele alınmaktadır. Uluslararası alanda yapılan çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda bulunmaktadır.

Conway, Dalton, Loo ve Benakoun (2007), Toronto Üniversitesi'nde üç farklı yaklaşım ile ekolojik ayak izi değişimini incelemektedirler. Birinci yaklaşımda dışarıdan alınan elektriğin üniversite içinde yapılan değişiklerle (güneş panelleri, yakıt hücreleri ve mikro türbinler) sağlanması, ikinci yaklaşımda ise öğrencilerin okula ulaşımlarından açığa çıkan emisyonlar üzerine çalışmışlardır. Bu yaklaşıma göre öğrencilere otobüsler için otomatik geçişi sağlayan ve yıllık cüzi bir miktara verilecek, otobüs kartları ile seyahatleri sağlanarak, toplu taşıma teşvik edilecektir. Son yaklaşımların da ise kâğıt kullanımına yöneliktir: %25, %50 veya %100 geri dönüştürülmüş kâğıtları tüm kampüs birimlerinde kullanarak ekolojik ayak izine etkisini incelemişlerdir. Sonuçlara göre enerji tüketiminin Toronto Üniversitesi'nin ayak izinin en büyük bileşenini oluşturduğu, ikinci olarak ise kampüs ulaşımının yarattığı etki olduğunu belirtmektedirler (Conway vd., 2007).

Kneifel (2010), çalışmasında yeni ticari binalarda entegre bir tasarım yaklaşımı kullanarak yaşam döngüsü enerji tasarruflarını, karbon emisyon azalmasını incelemiştir. 16 ildeki 12 prototip bina için toplam 576 enerji simülasyonu gerçekleştirilmiş olup, her bina-yer kombinasyonu için 3 bina tasarımı bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar geleneksel enerji verimliliği teknolojilerinin, yeni binalardaki enerji kullanımını ortalama % 20-30 oranında düşürdüğü gözlenmiştir. Bu gelişmeler sadece para ve enerji tasarrufu sağlamakla kalmayıp aynı zamanda bir binanın karbon ayak izini ortalama % 16 oranında azaltmaktadır (Kneifel, 2010).

Catalina, Blanco ve Virgone (2011), sıfır enerjili bir bina tasarlayarak binanın karbon ayak izini hesaplamaya çalışmışlardır. Binada ısıtma ve elektrikte enerji

tüketimini azaltmak amacı ile bazı aktif sistemler ve yalıtım kullanılmaktadır. İnşaatın 40 yıllık ömründe sıfır enerjili binanın yılda 934 kg_eC karbon ayak izi bulunmuştur. Bu değer klasik bir evde 1106 kg_eC olarak bulunmaktadır. Sıfır enerjili binada kullanılan yeni teknoloji üretim aşamasında karbon salınımına neden olsa da klasik bir binaya göre %15 oranında azalma sağladığı görülmektedir (Catalina vd., 2011).

Airaksinen, Matilainen (2011), yeni bir ofis binasının bina enerji tüketimi, yapı malzemeleri ve enerji kullanımından kaynaklı CO_2 emisyonlarını ele almışlardır. Ofis binası 9 katlı ve brüt kat alanı 26000 m²'dir. Bina da pencere, ısıtma geri kazanımı, led aydınlatma kullanımı ve sistem kontrol seviyesi gibi parametreler dikkate alınarak 6 farklı şekilde incelenmiştir. Buna göre enerji kullanımın azaltılmasıyla CO_2 emisyonu azaltılmaktadır. En düşük enerji tüketimi ve CO_2 emisyonu binaya enerji sağlamak için biyo esaslı yenilenebilir enerjiler kullanıldığında elde edilmektedir (Airaksinen, Matilainen, 2011).

Culakova, Vilcekova, Burdova ve Katunska (2012), çalışmalarında biyo malzemelerin yapı üretiminde kullanılması ile binanın çevresel ve enerji performansının optimizasyonunu araştırmışlardır. Optimize edilmiş alternatiflerden tasarlanan pasif ev, düşük gömülü enerji 2357.374 MJ/m², yaşam döngüsü değerlendirmesinin inşaat aşamasında gömülü 356.764 kg CO_2 bulunmaktadır (Culakova vd., 2012).

Biswas (2014), çalışmasında Curtin Üniversitesi'ne ait üniversite binasında bina yönetim sistemi (BMS) kullanarak karbon ayak izi ve enerji tüketimi değerlendirmesi yapmıştır. Binada soğutma sistemi %69 oranında etkili olduğu için 50 yıllık yaşam döngüsü sürecinde sera gazı emisyonlarında %63'lük tasarruf tespit edilmektedir (Biswas, 2014).

Rippon (2014), Cape Town Üniversitesi'nde sürdürülebilir bir üniversite yaşamı için yaptığı çalışmalarla karbon ayak izini hesaplamıştır. 2013 yılı ve 2012 yılında yapılan çalışmaları karbon ayak izini doğrudan ve dolaylı şekilde ayırarak 3 kapsamda değerlendirmektedir. Buna göre Rippon vd. (2013) üniversiteye ait filo araçlarını ve LPG kullanımından dolayı oluşan emisyonları Kapsam 1 altında değerlendirmiş, 2012 yılına kıyasla %12,7'lik bir azaltma gerçekleştirmişlerdir. Kapsam 2 olarak değerlendirilen emisyonlar ise üniversite içindeki kampüslerin kullandıkları elektrik tüketimini ilave ederek hesaplamaktadır. Son olarak Kapsam 3 dâhilinde ise diğer

dolaylı araç emisyonları, personellerin iş veya çalışma için yaptıkları seyahatler, yemek tüketimi ve su tüketiminden doğan emisyonları dâhil etmektedir. 2013 yılı için hesapladıkları emisyon değeri 85360 ton CO_2 hesap edilmiştir ve bu değeri 2012 yılı değeri ile kıyasladıklarında %2,7'lik bir azaltma gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Emisyon yoğunluğunu kişi başına 2,87 ton CO_2'den, 2013 yılında 2,75 ton CO_2'e düşürülmektedir. Emisyonlarda etkili olan ana faktörler tıp kampüsünde kullanılan elektriğin ve personellerin iş ve seyahat amaçlı ulaşımlarından doğan emisyonlar olarak tespit edilmiştir. Toplam emisyonların %76,07'sinin elektrik tüketiminden kaynaklı olduğu rapor edilmiştir. Cape Town Üniversitesi'nin, Kaliforniya Üniversitesi (2,74 ton CO_2) ve Monash Üniversitesi (2,47 ton CO_2) ile karşılaştırıldığında daha fazla emisyona sahip oldukları belirtilmektedir (Rippon, 2014).

Bonamente ve Cotana (2015), çalışmalarında prefabrik endüstriyel binaların yaşam döngüsü boyunca sera gazı emisyonlarının (karbon ayak izi) ve birincil enerji tüketimlerinin (enerji ayak izi) analizi gerçekleştirilmiştir. 4 farklı bina için binaların 50 yıllık ömrü değerlendirilmiştir. Binaların taban alanı 1048 m²'den 21.910 m²'ye yükseldikçe, dört binanın sonuçları 1446 $kgCO_2/m^2$'den 1235 $kgCO_2/m^2$'e ve 6495 kWh/m²'den 5568 kWh/m²'e düştüğü görülmüştür. Bina kullanım aşaması karbon ve enerji ayak izine yaklaşık %76 oranında etki etmektedir. 50 ve 20 yıllık ömürleri varsayılan 10,000 m²'lik bir bina için, karbon ayak izi sırasıyla 2.608 $kgCO_2/m^2$/yıl ve 3.516 $kgCO_2/m^2$/yıl olduğu belirlenmiştir (Bonamente, Cotana, 2015).

Shujaa Gardezi, Shafiq, Wan Abdullah, Khamidi ve Farhan (2015), çalışmalarında Malezya konut endüstrisinde geleneksel ve geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanarak karşılaştırmalı bir analiz yapmışlardır. Bunun için çift katlı yarı müstakil ev örnek olarak seçilmiş ve sanal ortamda modellenmiştir. Sonuç olarak geri dönüştürülmüş malzemelerin içeriğinin %25 ile %100 arasında değişmesi karbon ayak izinden %4,5 ile %18 arasında tasarruf sağlamıştır. Yani %100 geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması karbon ayak izinde %18 tasarruf sağlarken birim alanda 241 $kgCO_2/m^2$'den 197 $kgCO_2/m^2$'ye düşürülmektedir (Shujaa Gardezi vd., 2015).

Uchenna Ikedi ve Okoroh (2015), çalışmalarında İngiltere'de bulunan bir üniversite binasında fotovoltaik güneş paneli entegre edilerek CO_2 emisyonlarını ölçmüşlerdir. Binaya entegre edilen fotovoltaik güneş panelinin yaz aylarındaki

performansı yüksektir. Çevresel etki değerlendirmesi yapıldığında binanın yıllık 12887,92 kg CO_2 emisyonlarından tasarruf sağladığı görülmektedir (Uchenna Ikedi, Okoroh, 2015).

Koller, Stucki, Mathez, Itten ve Frei (2016), çalışmalarında İsviçre'nin Kloten, Davos ve Locarno bölgelerinde PV ve PV/T modüllerin karbon ayak izinin hesaplanması için bir yöntem geliştirmişlerdir. Geleneksel fotovoltaik modüller sadece elektrik üretirken hibrit PV/T modüller hem ısı hem de elektrik üretmektedir. Bir m^2'de PV/T modülünün karbon ayak izi 245 kg CO_2 iken geleneksel güneş sisteminin karbon ayak izi 276 kg CO_2 hesaplanmıştır. Geleneksel modüle göre PV/T sistem daha küçük modül alanına ihtiyaç duymaktadır. Davos'un ortam sıcaklığının düşük olması PV'nin termal verimini azaltmaktadır. Ancak Davos'taki yüksek güneş ışınımı toplam elektrik veriminin Kloten'den yüksek olmasını sağlamıştır. Çalışmada PV/T'nin geleneksel sisteme göre karbon ayak izi azaltma potansiyelinin daha yüksek bir teknoloji olduğu tespit edilmiştir (Koller vd. 2016).

Lapenangga ve Satwiko (2016), çalışmalarında Kupang'daki bir T-45 evinin karbon ayak izini araştırmışlardır. Binanın tasarım, inşaat süresinden, kullanım (25 yıl) süresine CO_2 emisyonu hesaplanmıştır. İnşaat aşamasında çimento kullanımı ve beton çalışmaları %96,7 oranında etkilemektedir. Binanın 25 yıllık faaliyeti boyuna CO_2 emisyonu 45.568.38 kgCO_2/yıl/kişi ve oran %98,61'dir. Buna göre yerelde mevcut inşaat malzemeleri ile daha az ya da sıfır karbon yayan doğal materyallerin kullanılması önerilmektedir (Lapenangga, Satwiko 2016).

Padilla Rivera ve Balnchet (2017), çalışmalarında ahşap yapıların prefabrik yöntemlerle ve geleneksel yapım sistemiyle inşa ederek sera gazı emisyonlarının azaltılmasına etkisini incelemişlerdir. Buna göre prefabrik ahşap binadan farklı 4 senaryo belirlenmiştir; ahşap, çelik ya da beton çerçeve. Prefabrik ahşap bina çelik ya da betonla inşa edilen geleneksel binalardan %25 daha az CO_2 emisyonu üretmektedir. Prefabrik ahşap bina yaşam döngüsü boyunca 275 kg CO_{2e} hesaplanmıştır. Diğer senaryolara göre yaklaşık olarak %38 CO_2 emisyonu tasarrufu yapılmaktadır. İnşaat malzemeleri %75 ulaşım %13 oranında etkilemektedir (Padilla Rivera, Balnchet, 2017).

Maheshwari ve Jain (2017), çalışmalarında Hindistan'ın enerji tüketimi ve karbon ayak izini incelemişlerdir. Buna göre artan fosil yakıt kullanımıyla birlikte

toplam karbon salınımı 2005-2006'da 1.209.243 Gg, 2013-2014'te 1.768.057 Gg'a çıkmaktadır. Karbon ayak izini oluşturan CO_2 emisyonlarının %65'ini kömür %31'ini petrol %4'ünü doğalgaz oluşturmaktadır (Maheshwari, Jain 2017).

Kunic (2017), çalışmasında inşaatta en sık kullanılanlardan yeni ve verimli yalıtım malzemelerine 15 çeşit malzeme karşılaştırmaktadır. EPS kullanıldığında CO_2 emisyonu 11,8 kg/m², XPS kullanıldığında 33,6 kg/m², düşük yoğunluklu ahşap lif yünü ise 1,8 kg/m² bulunmaktadır. Bina kabuğundaki enerji tasarrufuna bakıldığında EPS 2.yıl, XPS 4.yılda ahşap lif yününün ise ilk yılda karbon ayak izi tasarrufuna başladığı tespit edilmiştir (Kunic, 2017).

Kuittinen ve Takano (2016), çalışmalarında 2011 yılında Japonya depreminden sonra kullanılan geçici evlerin enerji verimliliği ve karbon ayak izini araştırmışlardır. Prefabrik, ahşap ve konteyner barınakları için enerji simülasyonu ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Barınak için kullanılan malzemeler yaşam döngüsü emisyonlarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ahşap barınaklar diğer barınaklara göre daha iyi enerji performansı göstermektedir. Üst üste konulan konteyner barınakların enerji verimliliği yüksek, enerji tüketimi düşüktür. Sonuçlar barınakların uygun tasarımının enerji tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azalttığını göstermektedir (Kuittinen, Takano, 2017).

Jim'enez, Dom'ınquez ve Vega Azamar, (2018) çalışmalarında betonun normal kireçtaşı agrega ve geri dönüştürülmüş kireçtaşı agrega ile üretiminden ortaya çıkan karbon ayak izi miktarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda geri dönüştürülmüş agrega kullanımı karbon ayak izini küçük bir ölçüde etkilemektedir. Çünkü beton üretim aşamasında çimento en büyük CO_2 emisyonu üreten yapı malzemesi olmuştur. Beton atıklarının geri dönüştürülmesi ile yıllık yaklaşık 22.333 CO_2 tasarruf edilmesi mümkündür (Jim'enez vd., 2018).

Ulusal alanda yapılan çalışmalarda illerin ve üniversite kampüslerinin genel enerji tüketimleri, liman ve konutların karbon salınımının geniş bir yelpazede ele alındığı görülmüştür. Yapılan ulusal çalışmalara kronolojik sıra ile aşağıda yer verilmiştir.

Atabey (2013), karbon ayak izini Diyarbakır için hesaplamış ve bu değerlendirmeyi yaparken IPCC metodolojisini kullanmıştır. CO_2 emisyonlarında en

fazla pay ulaştırma sektörüne ait olduğu görülmüştür. Sanayiden kaynaklı CO_2 emisyonunu ise yaklaşık 92 kiloton olarak hesaplamıştır (Atabey, 2013).

Özlem (2013) seçtiği bir kâğıt fabrikasında karbon ayak izini belirlemiş ve bunun için elde ettiği verilerden model geliştirerek fabrikanın kâğıt üretiminden dolayı açığa çıkardığı karbondioksit emisyonlarını hesaplamıştır. Model doğrultusunda fabrikada kâğıt üretim faaliyetlerinden ortaya çıkan CO_2 miktarına ek şirkete ait araçların emisyonlarını da hesaba katarak 98,948 kiloton CO_2 salınım yapıldığını gözlemlemiştir (Özlem, 2013).

Pendik Belediyesi Strateji Müdürlüğü (2014) tarafından Pendik ilçesinde farklı sektörlerdeki fosil yakıtlar ile enerji tüketimi nedeniyle oluşan karbon ayak izi hesaplanmıştır. Standartlarda belirtildiği gibi 3 kapsama ayırarak hesapladıkları karbon ayak izi; 2012 yılı için 2232,41 kiloton CO_2, 2013 yılı için 4028,25 kiloton CO_2 ve 2014 yılı için 7092,92 kiloton CO_2 olarak hesaplanmıştır. Bu değerleri etkileyen en önemli unsurun artan nüfus ve turizm dolayısıyla hareketlenen ulaşım sektörü olduğu görülmüştür (Pendik Belediyesi Strateji Geliştirme Müdürlüğü, 2014).

Yaka, Koçer ve Güngör (2015), çalışmalarında yüksekokul binasının karbon ayak izini hesaplamışlardır. Sonuçta binanın toplam enerji tüketimi, çalışanların günlük ulaşım giderleri ve çalışan araçlarının yakıt türleri üzerinde yapılan hesaplamada karbon ayak izi miktarını 98307 kg/yıl olarak bulunmuştur (Yaka vd., 2015).

Turanlı (2015), çalışmasında bir üniversitenin elektrik ve doğal gaz tüketimi, yemek ve ulaşım giderlerini göz önüne alarak 2000-2014 seneleri arasındaki verilerle karbon ayak izini hesaplamıştır. Bilgilerdeki eksikler ise Monte Carlo simülasyonunda tamamlanarak sonuç olarak karbon ayak izini %90 olasılıkla 56,037 kiloton CO_2 olduğunu rapor edilmiştir. Bu hesaplanan değerlerde 2000-2014 arası 14 yıllık süreçte doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyonların yerini ulaşım faaliyetlerinden dolayı oluşan emisyonlar aldığı gözlemlenmiştir (Turanlı, 2015).

Koşar Danışman ve Özalp, (2015) çalışmalarında yeşil liman uygulamasının karbon ayak izi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda yeşil liman için gerekli koşulları sağlayan Marport'ta karbon ayak izi ISO 14064 Standardı kabullerinde bulunmuştur. Yeşil Liman Marport E-RGT projesi ile karbon ayak izinin azaltılmasıyla birlikte projenin yatırım maliyeti ile sonucunda elde edilen kazanımlar

değerlendirilmiştir. E-RGT projesi fosil yakıt yerine elektrik kullanımının CO_2 emisyonlarını düşürdüğü ve proje yatırım maliyetlerinin yaklaşık 3 yılda geri kazanıldığı gözlenmiştir (Koşar Danışman,Özalp, 2015).

Gültepe Mataracı, İskender ve Germirli Babuna (2016), çalışmalarında Türkiye'nin sanayileşmiş bir bölgesinde bulunan limanın karbon ayak izini araştırmışlardır. Karbon ayak izini azaltmak için aydınlatma amaçlı LED ve fosil yakıt kullanan kargo kullanma aletleri elektrikle çalışanlar ile değiştirilmiştir. Buna göre karbon ayak izi emisyonlarında %14 azalma gerçekleşmiştir (Gültepe Mataracı vd., 2016).

Özçelik (2017), çalışmasında üniversite kampüsünde çeşitli kaynakların karbon ayak izini hesaplamıştır. Bu hesaplama yapılırken kampüsün yakıt kullanımından kaynaklı doğalgaz kullanımı, üniversite yönetimine ait araç filosu, üniversitenin tüketmiş olduğu elektrik, su verileri ve kampüste oluşan atık miktarı ile akademik, idari ve öğrencilerin ulaşımdan kaynaklı emisyonları dâhil edilmiştir. Ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izi tahmini için iki çeşit yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşım 1'de akademik, idari personele ve öğrencilere anket uygulaması yapılırken, yaklaşım 2'de kampüse giriş-çıkış yapan araç sayıları kameralardan ortalama olarak belirlenmiştir. Hesaplanan verilere göre yaklaşım 1'e göre karbon ayak izi 19706,084 tonCO_2, yaklaşım 2'ye göre karbon ayak izi ise 10122,154 tonCO_2 hesaplanmıştır. Bulunan değerler arasındaki fark, yaklaşım 1'de ulaşım emisyonlarının hesabında kayıtlı tüm öğrenciler için yapılan hesaplamadan gözlemlenmiştir. Yaklaşım 2 sonuçlarına göre, enerji tüketimi kampüs ayak izinin en büyük bileşeni, ikinci olarak ise kampüs ulaşımıdır (Özçelik, 2013).

Onat (2018), çalışmasında Türkiye'de 2000-2009 yılları arasında inşaat sektörünün karbon ayak izi küresel ve ulusal alanda araştırmıştır. Bu analizde çevresel etkileri hesaplamak ve kapsamlı sürdürülebilirlik araştırması yapmak için "Küresel Karbon Ayak İzi Muhasebe Modeli" (Global Carbon Footprint Accounting Tool) geliştirilmiş ve kullanılmıştır. İnşaat sektöründeki büyüme ile sektörün karbon ayak izi yıllar boyunca artış göstermiştir. İnşaat sektöründe dolaylı salınımlar sektörün toplam emisyonlarının ortalama %80'ine karşılık gelmektedir ve sektörün emisyonlarını düşürmek için tedarik zinciri ile beraber değerlendirilmesi gerekmektedir (Onat, 2018).

Binboğa ve Ünal, (2018) çalışmalarında Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Bu şekilde sürdürülebilir kaynak kullanımına ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede yapılması gerekenlere dikkat çekmek amaçlanmıştır. Üniversitenin 2016 yılı birincil karbon ayak izi 8.953,906 ton CO_2 emisyonu bulunmuştur (Binboğa, Ünal, 2018).

Gümrükçüoğlu Yiğit ve Şeneren (2018), çalışmalarında geleneksel bir bina ile yeşil bir binanın yapım maliyeti ve salınan CO_2 emisyonları değerlendirmişlerdir. Yeşil bina da ısıtma için güneş kolektörü, elektrik üretimi için rüzgar türbini, elektrik üretimi için güneş paneli ile birlikte gri su ve yağmur su tutma sistemleri bulunmaktadır. Maliyet hesabı sonucunda yeşil bina için fazladan 55.250 TL'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu maliyetle yıllık 2422,1 ton CO_2 emisyonundan tasarruf sağlanacaktır. Sonuç olarak, yeşil binada yapılacak tasarrufla yapılan maliyetin yaklaşık 1,4 yılda karşılanacağı hesaplanmıştır (Gümrükçüoğlu Yiğit, Şeneren, 2018).

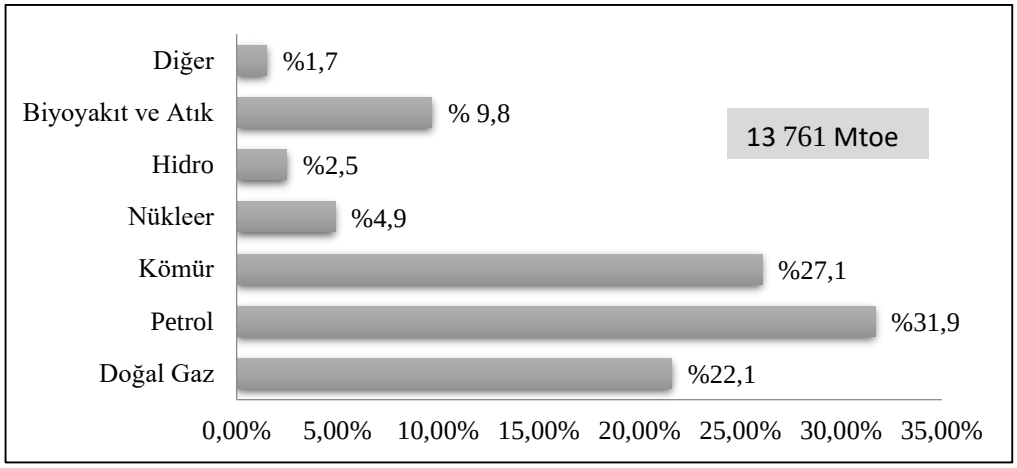
Ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde şehir ya da kampüs ölçeğinde enerji tüketimi ve karbon salınımına en büyük katkı fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır. Bina ölçeğinde değerlendirildiğinde ise binalarda kullanılan yapım sistemi ve malzeme çeşidinin bina kabuğunun enerji tüketimi ve karbon ayak izi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Fosil yakıt kullanımını azaltmak için toplu taşıma araçlarının kullanılması, geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması önem kazanırken binalarda yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edilmesiyle çevresel etkilerin ve karbon ayak izinin azalacağı bilinmektedir.

BÖLÜM 2

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL ETKİLER

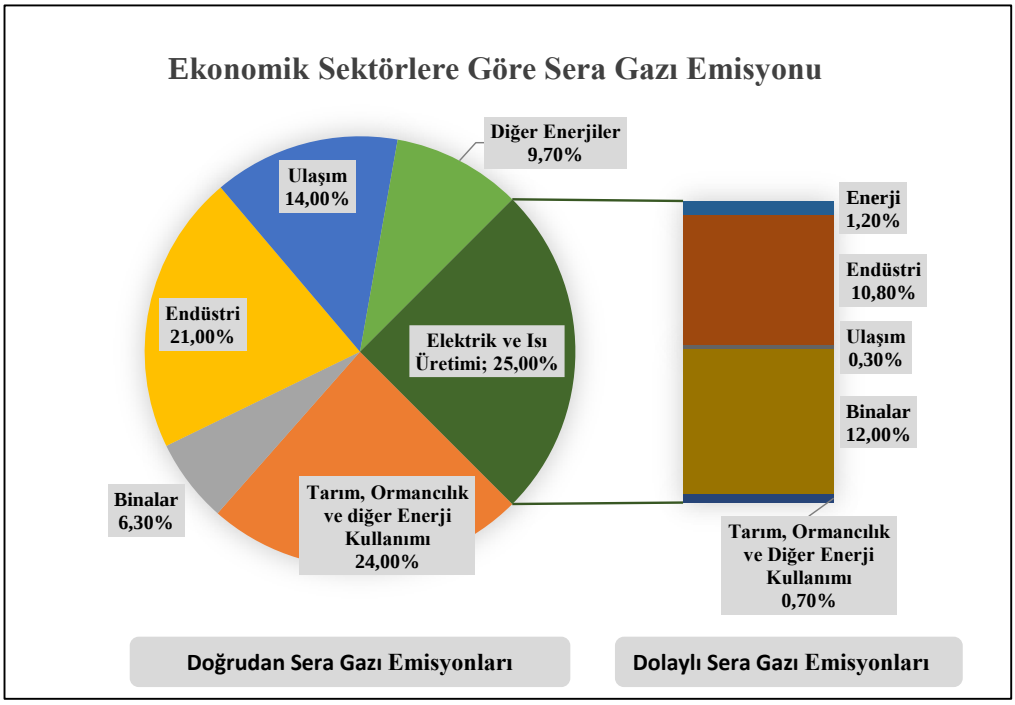
Doğal kaynakların önemli bir bölümünün yapı üretiminde kullanılması binaların enerji tüketimi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin %20'si (IEA, 2018), Türkiye'de tüketilen enerjinin ise %22'si yapı üretiminde harcanmaktadır (IEA, 2016a). Dünya'da toplam 13.761 Mtoe enerji tüketilmektedir ve tüketilen enerjinin %81'inin kömür, petrol ve doğalgazdan gibi fosil yakıtlardan karşılanması çevreyi olumsuz etkilemektedir (Şekil 2.1) (IEA, 2018). Sektörel enerji tüketimine bakıldığında kömürün %7'si, petrolün %13,4'ü, doğalgazın %22,3'ü, elektriğin %27,1'1i konutlar tarafından kullanılmaktadır (IEA, 2018). Bu durum binalarda enerji verimliliği kavramının önemini ortaya koymaktadır.

Küresel ısınma, atmosfere salınan sera gazlarının yer kabuğu ve denizlerin ortalama sıcaklıklarında artış olarak tanımlanabilir. Yapılan araştırmalarda 1986-2005 döneminin 1850-1900 döneminden yaklaşık 0,61°C (0,55°C – 0,67°C) daha sıcak olduğu tespit edilmiştir. 1986-2005'e göre 2016-2035 dönemi için yapılan tahminlerde sıcaklığın 0,3°C–0,7°C artacağı beklenmektedir (IPCC, 2014).



Şekil 2.1. Dünya'da toplam enerji tüketimi dağılımı (IEA, 2018)

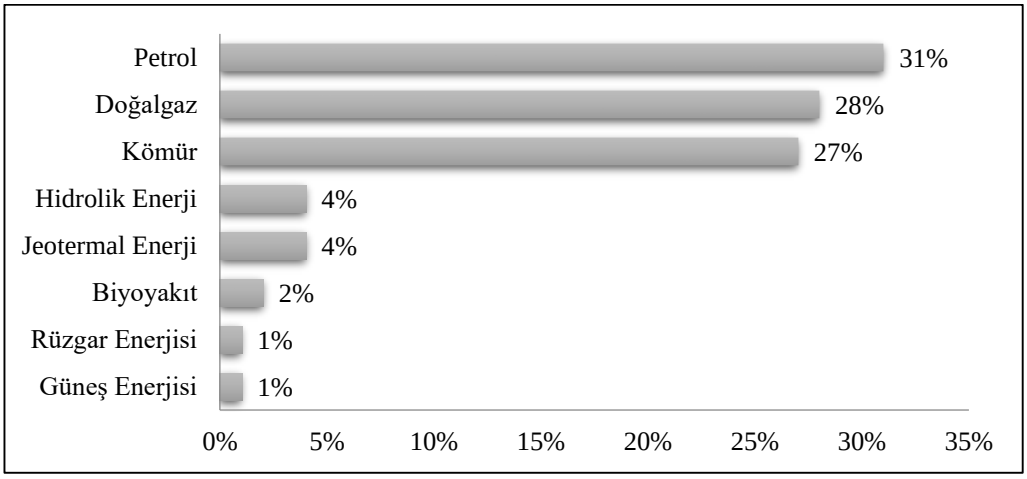
2014 yılında yayınlanan İklim değişikliği Sentez Raporuna göre; sera gazı oluşumunda fosil yakıt ve endüstriyel üretimden kaynaklanan CO_2 %76 ile en büyük paya sahiptir. Ekonomik sektörlere göre sera gazları dağılımı incelendiğinde elektrik ve ısı üretimi %25, tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı %24, endüstri %21, ulaşım %14, binalar %6,3, diğer enerjiler ise %9,6 paya sahiptir. Elektrik ve ısı üretiminin içinde bulunan diğer sektörler de sera gazı emisyonlarına dolaylı olarak etki etmektedir. Bu noktada binalar %12, endüstri %11 paya sahiptir (Şekil 2.2) (IPCC, 2014).



Şekil 2.2. Ekonomik sektörlere göre sera gazı emisyonları dağılımı (IPCC, 2014)

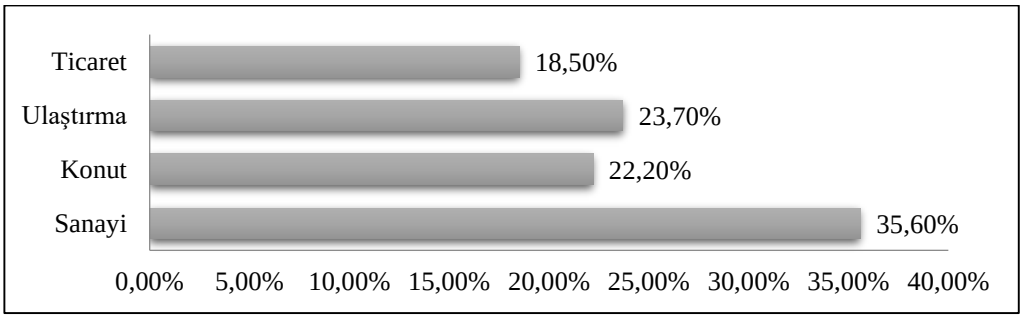
OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Derneği)'nin 1990-2016 yılları arasında 36 ülkenin yer aldığı listede atmosfere salınan sera gazlarında ABD %42,5 ile en büyük paya sahipken, Almanya %5,93, Japonya da %0,85 oranında etki etmektedir. Türkiye 1990 yılında %1,42'lik bir paya sahip iken 2016 yılında sera gazları üzerindeki etkisi %3,22'a çıkmıştır (OECD, 2018) .

Türkiye'nin 2016 yılında, 134,6 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtpe) birincil enerji talebinde fosil yakıtlar en büyük paya sahiptir bunlar sırasıyla petrol %31, doğalgaz %29, kömür %27'dir (Şekil 2.3) (IEA, 2016a).



Şekil 2.3. Türkiye'nin birincil enerji talebi dağılımı (IEA, 2016a)

Türkiye'nin birincil enerji talebi sektörlere göre incelendiğinde %36'sı sanayi, %24'ü ulaşım, %22'si konut ve %18'i ticaret sektöründe tüketilmektedir (Şekil 2.4) (IEA, 2016a).



Şekil 2.4. Türkiye'nin enerji talebinin sektörlere göre dağılımı (IEA, 2016a)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye'deki bina stoğu sayısı yaklaşık 20 milyondur. Yapı kullanma izni istatistiklerine göre Türkiye'nin bina stoğuna her yıl 100.000'den fazla yeni bina eklenmektedir. Bu binaların %87,6'sı konut

sektörüne aittir. Bu noktada yeni yapılan konutlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve yerinde enerji üretimi ile büyük oranda enerji tasarrufu sağlamak mümkündür (URL 1).

2.1.Binalarda Enerji Verimliliği

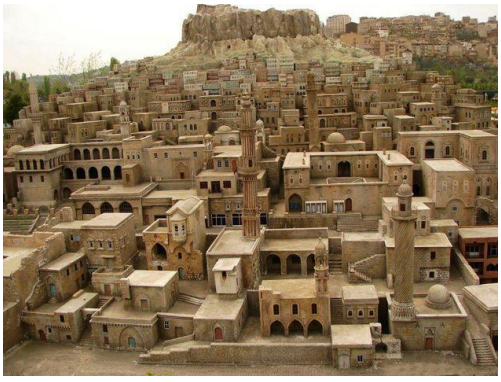
Binaların tüketilen enerjinin büyük bir kısmını kullanması binalarda enerji verimliliği çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Binalarda enerji verimliliği kullanıcı konforunu da artırmaktadır. Bina tasarım aşamasında doğal ve yapay çevre verileri etkili olmaktadır.

- ✓ **Doğal Çevre Verileri**

Arazinin bulunduğu iklim, topoğrafya ve bunlara bağlı olarak güneşlenme süresi, rüzgâr ve dış hava sıcaklığı gibi bina dışı etkenlerdir. Doğal çevre verileri bina tasarım sürecini şekillendirmektedir (URL 2).

Geleneksel konutlar incelendiğinde ülkemizin güneyinde bulunan binalar sıcak sebebiyle arazide yakınlaşarak birbiri üzerine gölge düşürmekte ve serinleme ihtiyacını karşılamaktadır. Ülkemizin kuzeyinde bulunan binalar da ise daha bütünleşik bir tasarım göze çarparken topoğrafya sebebiyle dağınık yerleşim söz konusudur. Şekil 2.5'de ülkemizin kuzey ve güneyinden çeşitli konut tipleri bulunmaktadır.





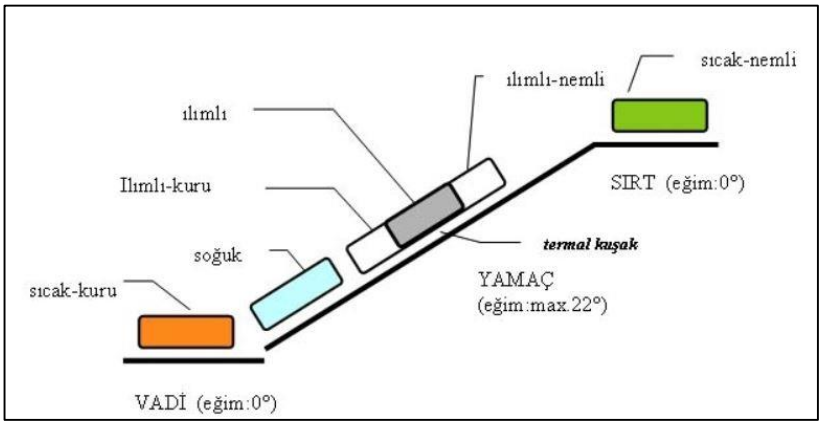
Şekil 2.5. Çeşitli konut tipleri (URL 3,4)

- ✓ **Yapay Çevre Verileri**

Binanın nerede bulunduğu, konumu, yönlenmesi, formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerine bağlıdır. Binanın doğal çevre verileriyle yerini,

güneşlenme süresi ve açısına göre yönünü ve iklim özelliklerine göre formunu belirlemek mümkündür.

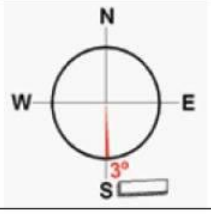
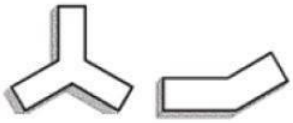
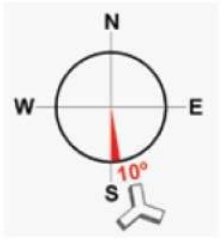
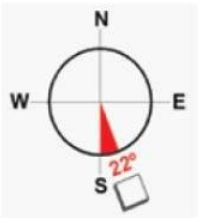
- ***Bina Yeri, Konumu:*** Arazinin iklim özellikleri, çevresinde bulunan bina yükseklikleri, aralıkları gibi etkenlere bağlı olarak güneş alma açısı ve rüzgâr etkisi değerlendirilerek binanın enerji verimliliği gözetilerek karar verilmelidir. Şekil 2.6'da güneye bakan yamaç üzerinde iklim bölgelerinin güneş ışınımı, rüzgar ve nem gibi faktörler dikkate alınarak konumları bulunmaktadır (Kutlu, 2012).



Şekil 2.6. İklime göre bina yerleri (Kutlu, 2012)

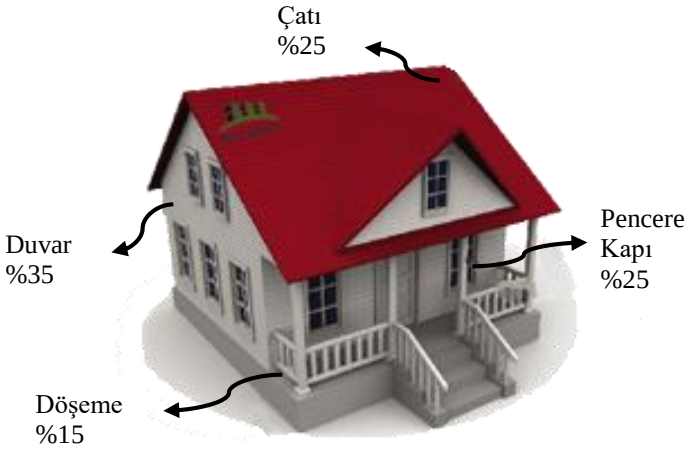
- ***Bina Yönü:*** Binanın bulunduğu yarımküreye bağlı iklim özellikleri göz önüne alınarak kışın güneş ışığından maksimum fayda sağlamak, yaz için güneş ışığından korunmak ve rüzgâr ile serinlemek ön plana çıkmaktadır.

- ***Bina Formu:*** Binanın en boy oranı, bina yüksekliği gibi etkenleriyle birlikte çeşitli formlar da enerji kayıplarını azaltmada etkilidir. Enerji etkin tasarımlı bir binada ısıtma için binayı doğu batı uzantısında dikdörtgen olarak tasarlamak en verimli çözüm olacaktır (URL 5). Binada ısıtma ve aydınlatma ihtiyacı düşük mekânlar kuzeye konumlandırılırken doğal aydınlatma ve ısınma ihtiyacını karşılayan güney cephesine yaşama mekânları konumlandırılmalıdır. Şekil 2.7'de iklime göre bina formları ve uygun yön ilişkisi verilmektedir.

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU	BİNA YÖNLENDİRİLİŞİ (optimum yön)
SICAK NEMLİ (Pilot şehir: Antalya)	Rüzgara açık yüzeyli, uzun dikdörtgene yakın 	
SICAK KURU (Pilot şehir: Diyarbakır)	Avlulu, kare tabanlı, avlulu mekana açık yüzeyli 	
ILIMLI KURU (Pilot şehir: Ankara)	Isıtmanın istendiği dönemde rüzgara kapalı, kareye yakın kompakt 	
ILIMLI NEMLİ (Pilot şehir: İstanbul)	Isıtmanın istenmediği dönemdeki rüzgara geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest planlı 	
SOĞUK (Pilot şehir: Erzurum)	Rüzgara az yüzey veren, dış yüzeyi minimize eden, kompakt, kare vb. tabanlı 	

Şekil 2.7. İklime göre bina formları ve optimum yön (Zeren, 1987).

■ ***Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri:*** Binaların doğal çevre verileriyle ilişkisi enerji etkin tasarımda önemli bir parametredir. Bina kabuğundan kaynaklı ısı kayıplarının çatıda %25, duvarlarda %35, pencere ve kapılardan %25 oranında olması binalarda ısı yalıtımının önemini ortaya koymaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Bina kabuğunda enerji kayıpları (URL 6)

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri bina kabuğundan dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarını belirlemektedirler. Termofiziksel özellikler opak bileşenleri oluşturan katmanların toplam ısıl geçirgenliği (U değeri), ısıl iletkenlik katsayısı (λ), kalınlığı (d) ve yoğunluğu (ρ) gibi özellikleridir (Berköz vd., 1995).

Bina kabuğunda güneş ışınımının binaya girişini sağlayan pencereler optik özellikleri ifade etmektedir. Pencere oranları mekansal ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

2.1.1. Binalarda Yenilenebilir Güneş Enerjisi Sistemleri

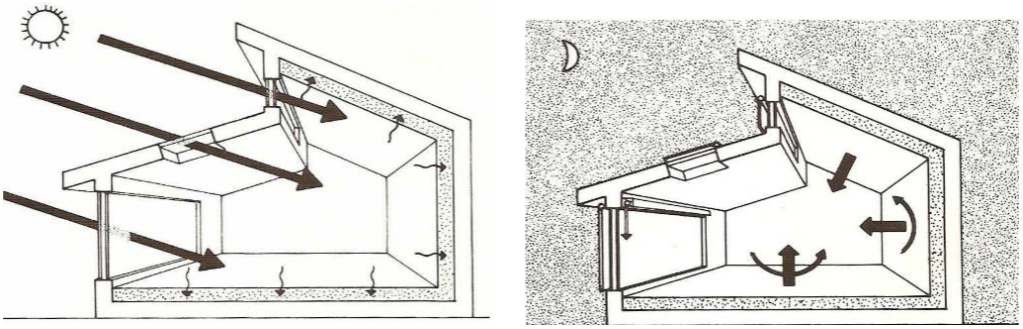
Binalarda enerjinin verimliliğini sağlayacak tasarımlarla birlikte yenilenebilir nitelikte olan güneş enerjisinden mümkün olduğunca faydalanmak gerekmektedir. Binalarda güneş enerjisi aydınlatma, ısıtma ve elektrik gibi çeşitli işlevlerde kullanılabilmektedir. Bu işlevler pasif ve aktif güneş sistemleri ile sağlanmaktadır.

- ✓ **Pasif (Edilgen) Güneş Sistemleri**

Pasif sistemlerle binada yazın soğutma kışın ise ısıtma amaçlanmaktadır. Binada kullanılan yapı elemanlarının (duvar, pencere, çatı vb.) ısıl kütle özellikleri sayesinde bina kabuğunda güneş enerjisinin toplanması, depolanması sağlanarak daha sonra iletim ve taşınım ile enerjinin dağıtımı mümkün olmaktadır (Alparslan, 2010).

Pasif sistemler ısı kazanım biçimlerine göre doğrudan, dolaylı ve ayrılmış kazanç olarak sınıflandırılmaktadır.

- **<u>Doğrudan Kazanç:</u>** Binalarda kullanılan en yaygın pasif güneş ısıtma sistemidir. Bu yöntemde güneş ısı kazancı doğrudan yapının saydam elemanları aracılığıyla iç mekana alınarak opak elemanlarda depolanması ve dağıtımı ile mekan ısıtılmaktadır (Şekil 2.9). Burada opak ve saydam yüzeylerin dengesi ile elde edilen enerjinin kaçışının engellenmesi için yalıtımın optimum düzeyde olması önem taşımaktadır.



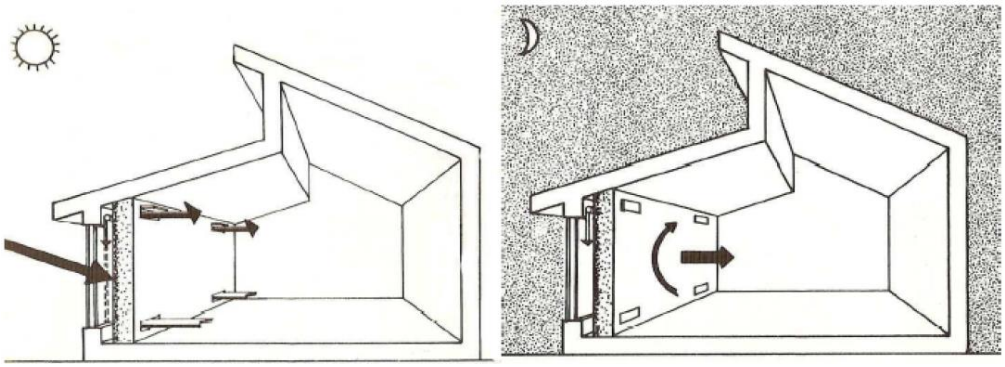
Şekil 2.9. Doğrudan kazanç (Wachberger, 1983)

- **<u>Dolaylı Kazanç:</u>** Bu sistemde binaya gelen enerji saydam alandan geçerek cam ile iç mekân arasında bulunan ısı depolayıcı kütle tarafından toplanıp depolanır. Daha sonra kazanılan bu enerji, taşınım yollarıyla iç mekâna ısı enerjisi olarak iletilir (Akmalı Özçiftçi, 2010).

Binanın direk güneş ışığına maruz kalan mekanların aşırı ısınma ihtimaline karşı hareketli yalıtım malzemeleri (panjur, jaluzi, stor, yatay ve dikey güneş kırıcıları vb.) kullanılabilir.

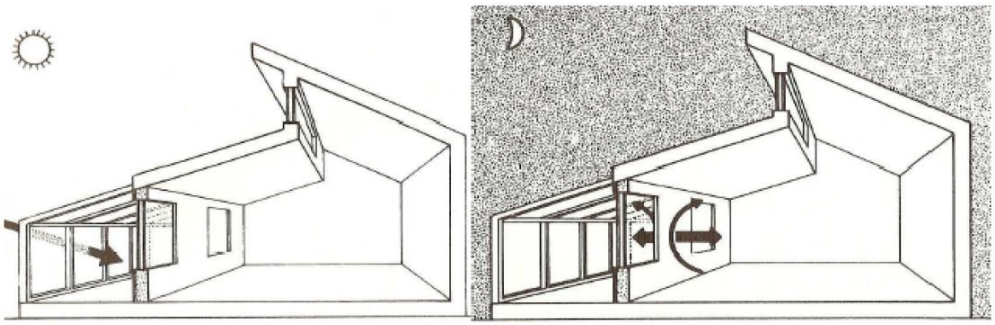
Depolama özelliğine sahip elemanlar genelde taş, tuğla, beton vb. gibi masif kütlelerden oluşabileceği gibi sıvı dolu kaplardan da oluşmaktadır. Dolaylı kazanç sistemlerinde trombe duvarı (güneş duvarı), kış bahçesi (güneş odası), su duvarı ve çatı havuzu yöntemleri kullanılmaktadır.

  - *<u>Güneş Duvarı (Trombe Duvarı):</u>* Cam gibi saydam yüzeyli bir malzeme ile masif duvar arasında bulunan 10-15 cm boşluk aracılığıyla mekânın ısıtılmasını ya da soğutulmasını sağlayan sistemdir. Güneş ışınlarını toplaması için genelde koyu renkli tercih edilen masif duvar gelen enerjiyi depolayarak taşıma ve ışıma yoluyla binayı ısıtmaktadır (Kılıç Demircan, Gültekin, 2015) (Şekil 2.10).



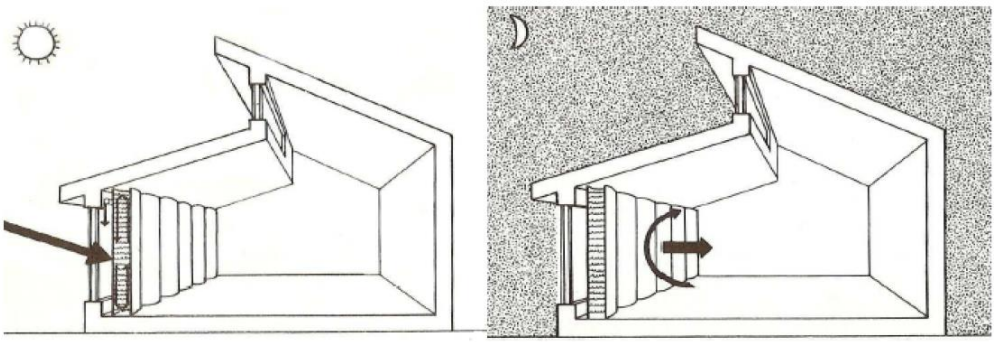
Şekil 2.10. Güneş duvarı (Trombe duvarı) (Wachberger, 1983)

- *Kış Bahçesi (Güneş Odası):* Güneş duvarında saydam yüzey ile masif duvar arasındaki hava boşluğunun bir odaya dönüştürülmesi ile oluşturulmaktadır. Binanın güney cephesine konumlandırılan kış bahçesi dış mekân ile ana mekân arasında bir tampon bölge oluşturarak ısı kayıplarını azaltmaktadır (Şekil 2.11).



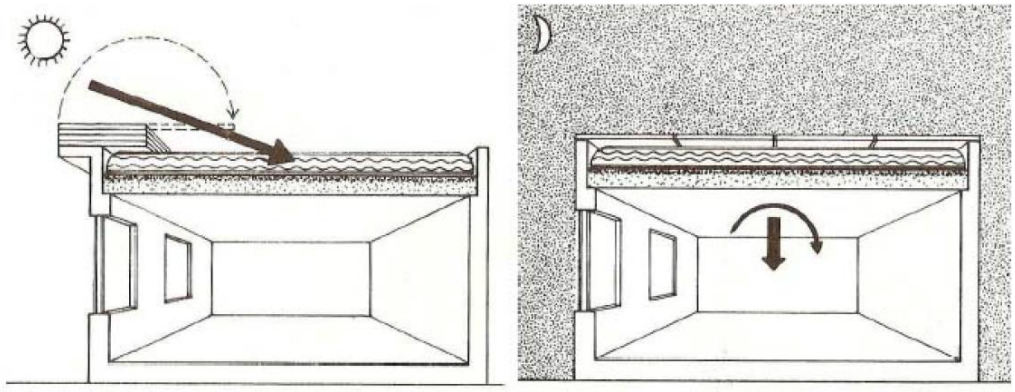
Şekil 2.11. Kış bahçesi (Güneş odası) (Wachberger, 1983)

- *Su Duvarı:* Güneş duvarında bulunan ısı depolayıcı masif duvarın yerine su veya diğer sıvıların kullanıldığı pasif güneş ısıtma sistemidir. Su düşey boru veya kanallarda ya da cam elyafı tüplerde saklanmaktadır. Güneş ışığı ile kaplarda ısınan suyun yukarı doğru çıkmasıyla mekânın ısıtılması sağlanmaktadır (Şekil 2.12).



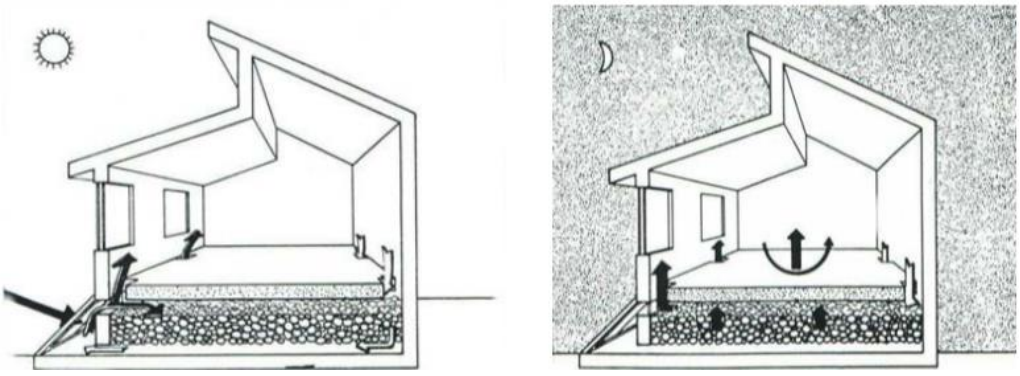
Şekil 2.12. Su duvarı (Wachberger, 1983)

- *Çatı havuzu:* Diğer pasif ısıtma sistemlerinden farklı olarak ısı depolayıcı kütlenin yatayda oluşturularak kullanıldığı sistemdir. Çatı yüzeyinde ısı depolayıcı olarak içi su dolu geniş plastik kaplar kullanılmaktadır. Güneş ışınlarıyla ısınan su kütlesi depoladığı ısıyı aşağıya ileterek mekânın ısıtılmasını sağlamaktadır. Çatı havuzunun üzerinde hareketli ve yalıtımlı bir örtü ile istenmeyen ısı kayıplarını önlemek mümkündür (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Çatı havuzu (Wachberger, 1983)

- **Ayrılmış Kazanç:** Bu sistem daha düşük kota yerleştirilen cam kaplı bir alanda ısıyı toplayarak ısınan havanın mekâna eşit bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Isı depolayıcı olarak çakıl veya kayaların kullanıldığı sistemde hava veya su kanalları sayesinde sürekli akım oluşturularak taşınan enerji mekânın ısıtılmasında kullanılmaktadır (Alparslan, 2010) (Şekil 2.14).

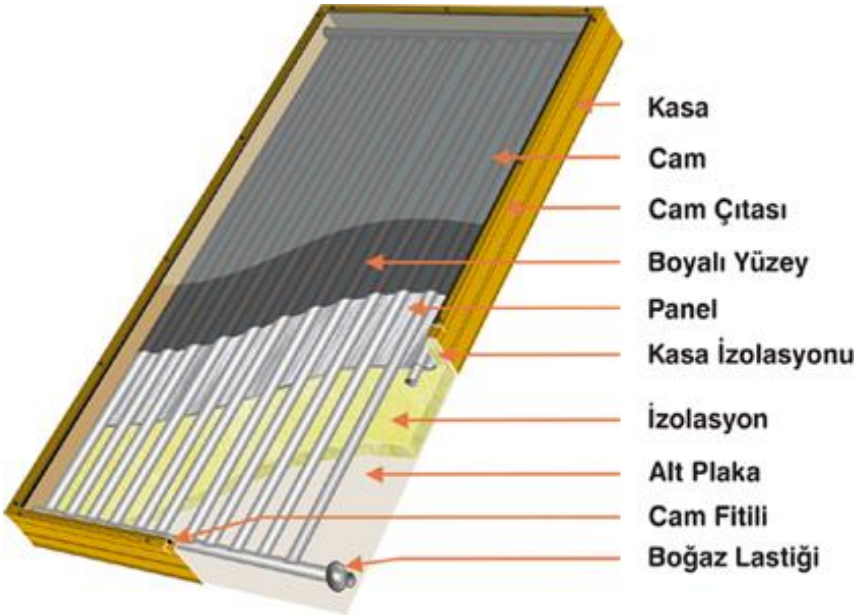


Şekil 2.14. Ayrılmış kazanç (Wachberger, 1983)

✓ **Aktif (Etken) Güneş Sistemleri**

İç mekânın direk olarak ısıtılmadığı aktif sistemlerde güneş enerjisi toplayıcı aracılığıyla toplanarak çeşitli alanlarda depolanmakta ve depolanan enerji mekanik ve teknik ekipmanlar ile dağıtılarak iç mekânlar ısıtılmaktadır. Kollektör ve fotovoltaik panel olarak ikiye ayrılan sistemlerden; güneş kolektörü (Solar Thermal Panel-STP) güneşten gelen enerjiyi suyu ısıtmak, fotovoltaik panel (Photovoltaic Panel-PV) ise güneşten gelen enerji ile elektrik üretmek için kullanmaktadır.

- **Güneş Kolektörü (Güneş Isı Toplayıcısı):** Binaların sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Güneş ışınlarından gelen enerjiyi toplayarak sistemde bulunan suyu ısıtması prensibiyle çalışmaktadır (Alparslan, 2010). Güneş kolektörleri (Solar Thermal Panel-STP); düzlemsel güneş kolektörü, vakum borulu güneş kolektörü olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.15, 2.16). Düzlemsel güneş kolektörlerinde cam örtüsünden taşınım yoluyla ısı kayıpları olabilmektedir. Ancak vakum borulu güneş kolektörü saydam boru ile içindeki siyah boyalı boru arası vakumlanarak ısı kayıpları önlenmiştir. Bu nedenle vakum borulu güneş kolektörlerinin verimleri düzlemsel güneş kolektörüne göre daha fazladır. Bu sistemden alınacak en yüksek verim binanın bulunduğu enleme göre uygun açının belirlenmesiyle sağlanabilir.

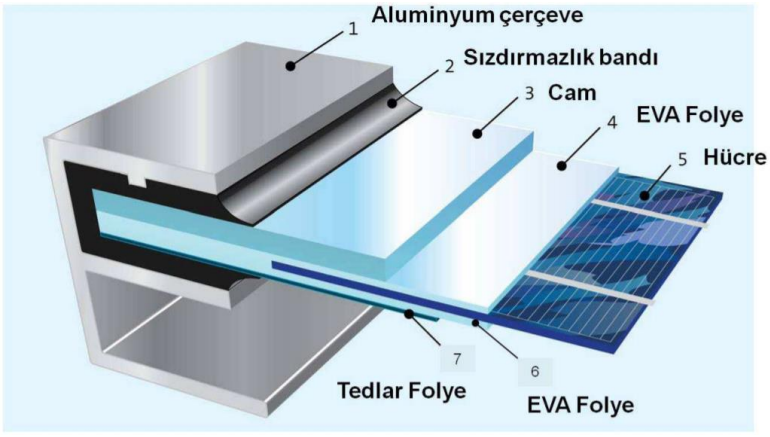


Şekil 2.15. Düzlemsel güneş kolektörünü oluşturan elemanlar (URL 7)



Şekil 2.16. Vakum borulu güneş kolektörünü oluşturan elemanlar (URL 8)

- **<u>Fotovoltaik Panel (Güneş Pilleri):</u>** Yenilenebilir güneş enerjisi ile üretilen elektrik binada ısıtma, soğutma ya da aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır. Kullanımında karbon salınımına sebep olmaması en önemli avantajlarındandır. Şekil 2.17'de fotovoltaik paneli oluşturan elemanlar bulunmaktadır. Gün ışığını direk olarak elektrik enerjisine dönüştüren bu hücrelerin hammaddesi silisyumdur (URL 9). Hücrelerin özel bir işlemle birbirine bağlanması ile çeşitli büyüklüklerde üretilebilmektedir. Kullanılan hücrelerin özelliğine göre monokristal, polikristal modüller bulunmaktadır. Bu modüllerden polikristal modülün verimliliği mono kristal modülden daha yüksektir (Şekil 2.18). Ancak maliyeti sebebiyle daha çok monokristal modüller tercih edilmektedir.



Şekil 2.17. Fotovoltaik paneli oluşturan elemanlar (URL 9)



Poli kristal güneş hücresi Mono kristal güneş hücresi

Şekil 2.18. Fotovoltaik panel çeşitleri (URL 10)

Fotovoltaik paneller mimaride cephe ve çatı kaplaması olarak, güneş kırıcı ve korkuluk elemanı gibi farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Fotovoltaik panelin çeşitli amaçlarda kullanımı (URL 11,12)

2.2.Enerji Verimliliği İle İlgili Yapılan Ulusal Ve Uluslararası Çalışmalar

Enerji tüketiminin sebep olduğu iklim değişikliği ve çevresel etkileri azaltmak için 1980'li yıllardan itibaren küresel ya da yerel ölçekte çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda kronolojik sırasıyla özetlenmektedir.

- ✓ **Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma (Rio) Konferansı (1992)**

1980'li yılların sonunda Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (Rio Zirvesi) Birleşmiş Milletler ile birlikte çeşitli kuruluşların yaptığı çalışmalar sonucunda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change) (UNFCCC) imzalanmıştır. Sözleşme 1994 yılında yürürlüğe girmiştir ve bir çerçeve sözleşme niteliği taşımaktadır. Amacı sera

gazlarının iklim değişikliği üzerindeki etkisini sınırlamaktır (United Nations Sustainable Development, 1992).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne Türkiye 2004 yılında katılmıştır (URL 13).

- ✓ **Kyoto Protokolü (1997)**

1997 yılında Kyoto'da düzenlenen 3. Taraflar Konferansı'nda dünyada sera gazı salınımını azaltıcı hedefler bulunan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne İlişkin Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Protokolde gelişmiş ülkeler için CO_2 emisyonlarını sınırlama ve azaltma sorumluluğu bulunmaktadır. Protokolün yürürlüğe girmesi için CO_2 emisyonu salınımının %55'ini oluşturan tarafların imzalaması şartı bulunduğundan Kyoto Protokolü 2005 yılında yürürlüğe girmiştir (UNFCCC, 2008, URL 14,15). Türkiye Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında taraf olmuştur.

2014 yılında Lima'da düzenlenen 20. Taraflar Konferansı'nda (COP 20), taraflar iklim değişikliğini azaltma hedeflerini 2015 yılından önce paylaşmaları beklenmektedir. Türkiye 2020-2030 yılları için hedefini CO_2 emisyonlarını artıştan azalış yöntemi ile %21 oranında azaltmak olarak belirlemiştir (URL 15).

- ✓ **Paris Anlaşması (2015)**

2015 yılında Paris'te düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) Paris Anlaşması imzalanmıştır. Anlaşmanın yürürlüğe girmesi için CO_2 emisyonlarının en az %55'ini oluşturan en az 55 ülke tarafından onaylanması gerekmektedir. Buna göre Paris Anlaşması 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmada tüm tarafların sera gazı emisyonlarının azaltılması, ülkelerin geliştirdiği hedefler, politikalar ve ilerleme durumunun şeffaflıkla raporlanması, gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere teknoloji ve finansman desteği sağlamaları konuları öne çıkmaktadır (UNFCCC, 2015).

2016 yılında Marakeş'te düzenlenen 22. Taraflar Konferansı'nda (COP22), Paris Anlaşması'nda görüşülen ancak karara bağlanamayan konular için görüşülmüştür (URL 15).

Ülkemizde enerji tüketimi ve buna bağlı olarak enerji verimliliği konusu binaların artarak çevreye zarar vermesiyle başlamıştır. Enerjinin en çok kullanıldığı alan olan yapı sektöründe gerekli tasarruf uygulamalarına gidilmeli, yalıtım konusu üzerinde durulmalı ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Türkiye'de bina kaynaklı enerji tüketimlerinin azaltılması ve verimli kullanılmasına yönelik yürütülen çalışmalar; yasa ve yönetmeliklerden oluşan mevzuatı, hazırlanan ulusal strateji belgelerini toplumun bilinçlendirme faaliyetlerinden oluşmaktadır. Enerji verimliliğiyle ilgili Avrupa da uygulanan yönetmeliklere benzer biçimde Türkiye'de de bina enerji performansına yönelik uygulamalar getirilmiştir. Bu çalışmalar aşağıda kronolojik sırayla özetlenmiştir.

- ✓ **Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı - TS 825 (1998)**

Türkiye'de binaların enerji tüketimlerinin azaltılması ve verimli kullanılmasına yönelik politikalar 1998 yılında ''TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'' ile başlamıştır. Standardın amacı yapılardaki ısı kayıplarının azaltılması ve yakıt tasarrufunun sağlanmasıdır. Standart, ısı kayıpları bakımından çevre şartlarına göre binaların uygun yalıtım kalınlıklarını, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması ve bölgelere göre belirlenen yıllık ısıtma enerjisi değerlerini içermektedir. 2008 yıllarında revize edilen TS 825 2008 yılında Bakanlıkça "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" ile mecburi standart olarak kabul edilmiştir (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008).

- ✓ **Enerji Verimliliği Kanunu (2007)**

Enerjinin etkin kullanılması için 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. Kanunda, enerjinin üretimi, dağıtımı, iletimi ve tüketiminde, sanayi tesislerinde binalarda, iletim ve dağıtım şebekeleri ile enerji verimliliğinin artırılmasına, toplumda enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik esaslar belirlenmiştir (Enerji Verimliliği Kanunu, 2007).

- ✓ **Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği (2008)**

Binaların ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama için esasların belirlendiği Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği 2008 yılında yürürlüğe

girmiştir. Yeni yapılacak binalarda uygulanmaktadır (Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği).

- ✓ **Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (BEP) (2008)**

Bir binanın tüm enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini ve değerlendirilmesini, yeni ve mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlayan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (BEP) 2008 yılında yürürlüğe girmiştir (Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği, 2008).

Yönetmelik kapsamında; binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin hazırlanması, enerji kimlik belgesi düzenlenmesi, ülke genelindeki enerji ihtiyacı olan bina envanterinin oluşturulması ve binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesi hedeflenmektedir (Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği, 2008).

Enerji Verimliliği Kanunu ve BEP Yönetmeliği ile binanın minimum enerji ihtiyacı ve tüketiminin değerlendirmesi, bina kabuğu özellikleri ile ilgili bilgilerin bulunduğu binaların enerji kimlik belgesinin (EKB) düzenlenmesi zorunlu hale getirilmektedir. 2011 yılında uygulanmaya başlanan EKB yeni binalarda yapı kullanım izni aşamasında ve enerji performansının EKB'nin an az C sınıfı olacak şekilde tasarlanması beklenmektedir (URL 16).

- ✓ **İklim Değişikliği Strateji Belgesi (İDES) (2010-2020)**

Türkiye'de binalarda enerjinin verimli kullanılması ve enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik hedefleri içeren İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010 yılında Yüksek Planlama Kurulu'nda onaylanmıştır. Yeni binalarda yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması ve mevcut binalarda "Enerji Kimlik Belgesi" uygulaması için altyapı oluşturması hedeflenmektedir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

- ✓ **Kentsel Geliştirme Strateji Belgesi (KENTGES) (2010-2023)**

Kentsel Geliştirme Strateji Belgesi Yüksek Planlama Kurulu tarafından 2010 yılında kabul edilmiştir. İklim değişikliğinin etkilerini azaltıcı sürdürülebilir kent formu, ulaşım sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hedefleri arasında bulunmaktadır (Kentges, 2010).

- ✓ **Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)**

Binalarda enerji verimliliği için yapılan çalışmaların bulunduğu Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu belgeyle binaların enerji ihtiyaçlarını ve karbon emisyonlarını azaltmak, enerji verimliliği yüksek ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan binaların yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, 2012).

- ✓ **Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği (2013)**

1985 yılında yürürlüğe giren Planlı alanlar Tip İmar Yönetmeliği 2013 ve son olarak 3 Temmuz 2017 yılında revize edilerek 30113 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak 1 Ekim 2017 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte yangın, deprem, ısı ve su yalıtımı ile sürdürülebilir çevreye uyum sağlayacak uygun yapı ve yapılaşma amaçlanmaktadır (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017).

BÖLÜM 3

ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME ARAÇLARI

Çevreye zarar veren yapı sektöründe gelişen teknoloji ile birlikte yapı üretimi, kullanımı, bakım onarımı sırasında kullanılan ürünler de değişmektedir. Yapı ürünlerinin çevresel etkileri ile yapıda kullanılan enerji miktarı yapının çevresel niteliğini belirlemektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan bu yeni yapı ürünlerinin kullanıldığı yapıların çevresel etkisini ölçmek ve buna bağlı olarak sürdürülebilir yapı tasarımını sağlamak önemlidir.

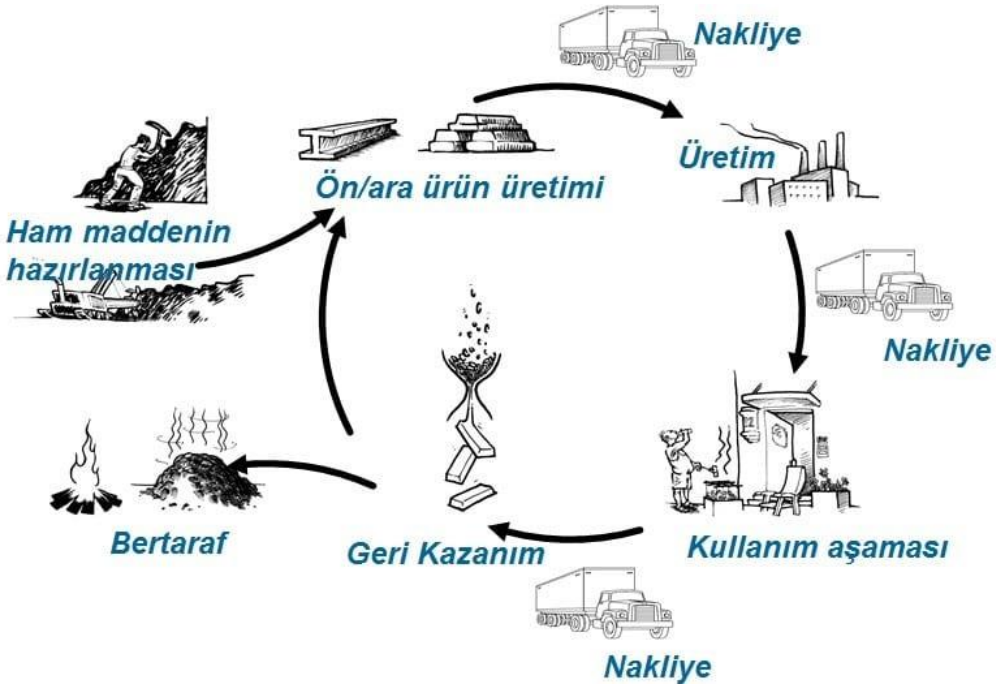
Uluslararası Mimarlar Birliği'nin (Union of International Architects, UIA) 1993'te Chicago'da düzenlediği Dünya Mimarlar Kongresi'nde Dönüm Noktasındaki Mimari: Sürdürülebilir bir Gelecek teması sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği öne çıkarmıştır. Bu kongrede sürdürülebilirliğin sorumlulukların merkezine konulması, tasarımcıları sürdürülebilir tasarıma yönlendirecek müfredat, standartlar, politikalar, kısıtlamaların oluşturulması ve yapılı çevrenin tüm elemanlarının sürdürülebilir tasarım standartlarına ulaşması amaçlanmaktadır (URL 17,18).

Sürdürülebilir yapı tasarımı ile yapı ürünlerini iyileştirerek yapıların çevresel etkilerini azaltmak mümkün olabilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda çevresel değerlendirme araçları ile yapı ve yapı malzemelerinin denetimi sağlanmaya başlanmıştır. Çevresel değerlendirme araçları; çevre yönetmelikleri ve standartlara göre bir binanın tüm yaşam döngüsünün sürdürülebilir gelişimini, tasarımını, yapımını ve pazarlamasını hedefleyen yapı ve yapı malzemelerinin çevresel performansının değerlendirilmesi için gerekli göstergeleri sunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları; yaşam döngüsü değerlendirmesi (Life Cycle Assessment, LCA), yeşil bina sertifika sistemleri, karbon ayak izi analizi (Carbon Footprint Analysis, CFA), ekoetiket (Eco Label) olarak sıralanabilmektedir.

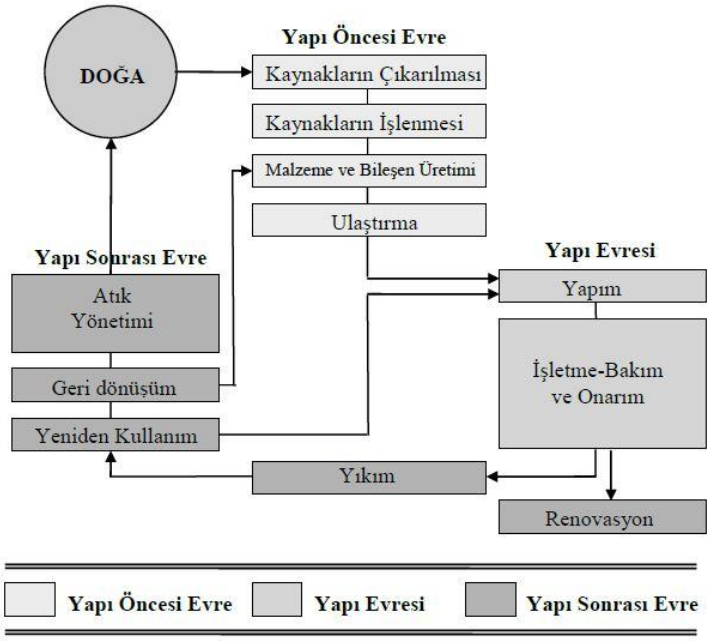
3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, YDD (Life Cycle Assessment, LCA)

Çevresel kirliliği ve enerji tüketiminin önemli bir sorun oluşturması dünyada çevre kalitesini artırmak ve iyileştirmek için yapıların çevre ile etkileşiminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada sürdürülebilir yapı üretiminde çevresel performansı yüksek yapı elemanlarının seçilmesi ve kullanılması gerekmektedir (Çelebi, Aydın, 2005).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD); ürünlerin yaşam döngüleri boyunca oluşmuş ve oluşacak çevresel etkisinin değerlendirilmesidir. Yani bir ürün veya hizmetin "beşikten mezara (cradle to grave)" kadar sürecini ifade etmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yapı ürünleri ve yapılar için iki farklı şekilde incelenebilmektedir (Şekil 3.1, 3.2). Bu yöntemde; çevresel etkiler, kaynak kullanımı, insan sağlığı ve ekolojik sonuçlar açısından değerlendirilmektedir (Paulsen, 2001). Aynı zamanda bu yöntemde yapı ürünleri arasında karşılaştırma yaparak tasarımcıya seçim yapma olanağı sağlamaktadır.



Şekil 3.1. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü (URL 19)



Şekil 3.2. Yapılarda yaşam döngüsü analizi aşamaları (Şenel, 2010)

YDD çalışmaları 1960'lı yıllarda bilim adamlarının fosil kaynakların tüketiminin artması sonucunda enerji tüketimine etkilerinin belirlenmesini araştırmalarıyla başlamıştır. 1969 yılında kurulan Franklin Associates ile Coca Cola firması bir araştırma başlatmıştır. YDD ile içecek kutularının (cam veya plastik) hammadde, enerji ihtiyacı ve çevresel etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırmanın sonucunda beklentilerin aksine plastik kutuların çevresel etkilerinin daha az olduğu belirlenmiştir (Jensen vd., 1997).

1973 yılında yaşanan petrol krizi ile enerjiye yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise YDD yönteminin standartlarının geliştirilmesi için önemli gelişmeler yaratan araştırmalar Çevresel Toksikoloji ve Kimya Topluluğu (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (SETAC) tarafından yapılmıştır. YDD için teknik bir çerçeve yayınlayan SETAC bu çalışmayla YDD'nin ana hatlarını belirgin bir şekilde ortaya koymuştur (Vigon vd., 1994, Curran, 1996, Tuna Taygun, 2005).

Günümüzde YDD standartları Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standards Organisation, ISO) tarafından yayımlanan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları içinde bulunmaktadır. ISO 14040: 1997'den yapılan çevirilerle hazırlanan TS EN ISO 14040 ve 14043 Standartları "Çevre Yönetimi, Hayat

Boyu Değerlendirme, Prensipler ve Çerçeve" şeklinde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Standartlarına girmiştir (ISO, 2006).

3.2. Derecelendirme/ Sertifikasyon Sistemleri

Yapıların çevre ve insan üzerindeki etkisinin azaltılması için yapılan çalışmaların sonucunda binalarda sürdürülebilirlik ve çevresel performansın değerlendirilmesine yönelik sistemler ortaya çıkmıştır (Civan, 2006).

1999 yılında Amerika'da Avustralya, Kanada, Japonya, İspanya, Rusya, Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık ve Birleşik Devletler'in yer aldığı "Dünya Yeşil Binalar Konseyi (WGBC)" kurulmuştur. Bu konsey tarafından kabul gören sertifikasyon sistemlerinin en bilinenleri aşağıda verilmektedir.

- ***BREEAM (Building Research Establisment Environmental Assessment Method):*** 1990 yılında İngiltere'de Yapı Araştırma Kurumu (BRE: Building Research Establishment) tarafından geliştirilmiştir ve günümüzde en yaygın kullanılan uluslararası metottur. BREEAM binaların çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmayı, mevcut standartların üzerinde binalar yapmayı, sürdürülebilir binalara olan talebi artırmayı, ilgili kişi ve kurumların bu konuda daha bilinçli hareket etmelerini sağlamayı amaçlamaktadır (URL 20).

BREEAM yapıları; proje yönetimi, sağlık ve konfor, enerji, ulaşım, su, malzeme, atık, kirlilik, yapı alanı kullanımı ve ekoloji olmak üzere dokuz grupta değerlendirmektedir. Bu kriterlerden sağlık konfor ve enerji alt başlıkları en yüksek etkiye sahiptir.

BREEAM sertikasında 5 farklı derecelendirme bulunmaktadır. Geçer ≥30, iyi ≥45, çok iyi ≥55, mükemmel ≥70 ve olağanüstü ≥85 olarak sıralanmaktadır.

Günümüze kadar 566.195 yapı ve Türkiye'de de 42 yapı BREEAM sertifikası almıştır (URL 21).

- ***LEED (Leadership in Energy and Environment Design):*** USGBC (U.S. Green Building Council) tarafından geliştirilerek 1998 yılında Birleşik Devletler'de uygulamaya konulmuştur (URL 22). Uluslararası kullanımda en çok kullanılan ikinci uygulamadır.

LEED sertifikasyon sisteminde sürdürülebilir araziler, su verimliliği, enerji ve atmosfer, malzemeler ve kaynaklar, iç mekân yaşam kalitesi ile tasarım ve yenilik kategorileri bulunmaktadır. Enerji ve atmosfer ile sürdürülebilir arazi kategorileri puanlamaya en çok etki eden kategorilerdir (URL 22).

Yapının LEED sertifikası alabilmesi için en az 40 puan alması gerekmektedir. 40'dan 100'e kadar sertifikalı, gümüş, altın ve platin olarak 4 farklı şekilde yapılar sertifikalandırılmaktadır.

Bugüne kadar USGBC tarafından 110.000'den fazla proje sertifika almıştır. Bunlardan 833'ü ülkemizde bulunmaktadır. 53 tanesi platin, 222 tanesi altın, 53 tanesi gümüş, 18 tanesi LEED sertifikasına sahiptir. 487 tane projenin incelemesi devam etmektedir (URL 23).

- ***GREENSTAR:*** 2002 yılında Avustralya'da binaların çevresel tasarımı ve yapımı için geliştirilen bir değerlendirme sistemidir. Değerlendirmede yönetim, iç mekân çevre kalitesi, enerji, ulaşım, su, malzeme, arazi kullanımı ve çevrebilimi, salınım ve yenilik olmak üzere 9 kategoriye ayrılmaktadır. Binanın bulunduğu bölge koşulları da göz önünde bulundurularak ağırlık katsayıları ile çarpılan kategorilerden toplanan puanlar inovasyon puanları da eklenerek toplam değerlendirme puanı elde edilmektedir. Green Star sertifika sisteminde kazanılan puanlar 1 ile 6 yıldız aralığında değerlendirilmektedir (URL 24).

- ***CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency);*** 2001 yılında Japonya ve Asya ülkelerindeki sürdürülebilirlik esasları dikkate alınarak geliştirilmiştir (URL 25).

CASBEE Modelinde tasarım süreci; tasarım öncesi, tasarım aşaması ve tasarım sonrası olmak üzere üç evreye ayrılmaktadır.

CASBEE diğer sistemlerden farklı olarak iki esasa dayanmaktadır. Bunlar yapının çevresel kalitesi ve performansı ("Q") ve yapının çevresel yükleridir ("L"). Q/L değeri yapının çevresel etkinliğini (BEE) ifade etmektedir. Q ve L değerleri CASBEE'nin internet sitesine bilgilerin girilmesi sonucunda otomatik olarak hesaplanmaktadır. Değerlendirme sonucunda yapıya C, B-, B+, A ve S olmak üzere sertifika verilmektedir (URL 25).

Diğer sertifikasyon sistemleri ile karşılaştırıldığında daha karmaşık bir sistem olarak görülen CASBEE, metodolojisi ve belgelemenin de çoğunlukla Japonca olması nedeni ile Japonya dışındaki ülkelerde uygulanma olasılığı daha zordur.

- ***SBTool;*** "Natural Resources Canada"nın 1998 yılında GBTool olarak temellerini attığı sertifika sistemi, "International Initative for a Sustainable Built Environment" ile 2002 yılında birleşerek SBTool adını almıştır. SBTool tek başına direk olarak yapılara uygulanmayıp, genel bir değerlendirme çerçevesi ile ülkelerin ülkesel ve bölgesel koşullarını bu sisteme uyarlamasını sağlamaktadır (Sev, Canbay, 2009).

SBTool Modeli A ve B olarak iki modülden oluşmaktadır. Modül A; arsa seçimi, proje planlama ve geliştirme, enerji ve kaynak tüketimi, çevresel yükler, iç mekân çevre kalitesi, servis kalitesi, sosyal ve ekonomik ile kültürel ve algısal esasları içermektedir. Modül B ise binanın sürdürülebilirlik performansının belirlendiği bölümdür. Modül A ve Modül B'nin iki aşamalı ağırlık katsayısı uygulamasından oluşan bu değerlendirme sonucunda yapı 0 ve +5 arasında puan toplamaktadır (URL 26).

- ***DGNB (German Sustainable Building Council);*** 2007 yılında kurulan Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi, 2008 yılında Dünya Yeşil Bina Konseyi'ne üye olmuştur. DGNB Sertifikasyon Sistemi, sürdürülebilir binaların anlaşılır basit bir şekilde değerlendirilebilmesi ve planlanması için pratik bir araç olarak geliştirilmiştir. Ekolojik, ekonomik, sosyokültürel, teknik, yerleşim yeri ve süreç niteliği olmak üzere toplamda 6 kategoride değerlendirme yapmaktadır. Bu 6 alanda bina kullanıcı özelliklerine uygun olarak binanın tüm yaşam döngüsünü inceleyebilecek kriterler bulunmaktadır. Bu kriterlerin sağlanması durumunda altın, gümüş veya bronz şeklinde DGNB sertifikası alabilmektedir (URL 27).

- ***ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği):*** Türkiye'de yapı sektörünün sürdürülebilir ilkeler çerçevesinde gelişmesine yardımcı olmak amacıyla kurulmuştur. ÇEDBİK ulusal ve uluslararası gelişmeleri takip ederek ulusal koşullara uygun bir sertifikasyon sistemi oluşturma çalışmaları yürütmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda şu anda Türkiye'de konutlar ÇEDBİK Tasarım Sertifikası ile sertifikalandırılmaktadır. Konutlar bütünleşik yeşil proje yönetimi, arazi kullanımı, su

kullanımı, enerji kullanımı, sağlık ve konfor, malzeme ve kaynak kullanımı, konutta yaşam, işletme ve bakım ve yenilikçilik olmak üzere 9 kriterle değerlendirilmektedir. Puanlamada en etkili enerji kullanımı kategorisidir. Konutların sertifikaya sahip olması için en az 45 puan alması gerekmektedir ve onaylı, iyi, çok iyi ve mükemmel olmak üzere 4 farklı şekilde sertifikalandırılmaktadır (URL 28).

Derecelendirme sistemlerinin kullanılmaya başlandığı ülkeler, kuruluş tarihleri ve logoları Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Sertifikasyon sistemleri ülkeler ve kuruluş tarihleri

BREEAM®	U.S. GREEN BUILDING COUNCIL USGBC	**SB TOOL**
		1998- Kanada
BREEAM	**LEED**	**GREEN STAR**
1990- İngiltere	1998- ABD	2003- Avustralya
CASBEE	DGNB	Çedbik
CASBEE	**DGNB**	**ÇEDBİK**
2001- Japonya	2009- Almanya	2018- Türkiye

Farklı ülkelerin sertifikasyon sistemleri değerlendirildiğinde bazı ortak başlıklarda değerlendirme parametrelerinin toplanabileceği görülmektedir. Bunlar;

- ✓ ***Arazi seçimi,***
- ✓ ***Yapıda etkin enerji kullanımı,***
- ✓ ***Enerji verimliliği,***
- ✓ ***Kaynak (su ve malzeme) kullanımı,***
- ✓ ***Yapı iç çevre kalitesi, insan sağlığı***
- ✓ ***Yapı kaynaklı kirliliklerin oluşumu,***
- ✓ ***Atık yönetimi vb.*** olarak sıralanabilir.

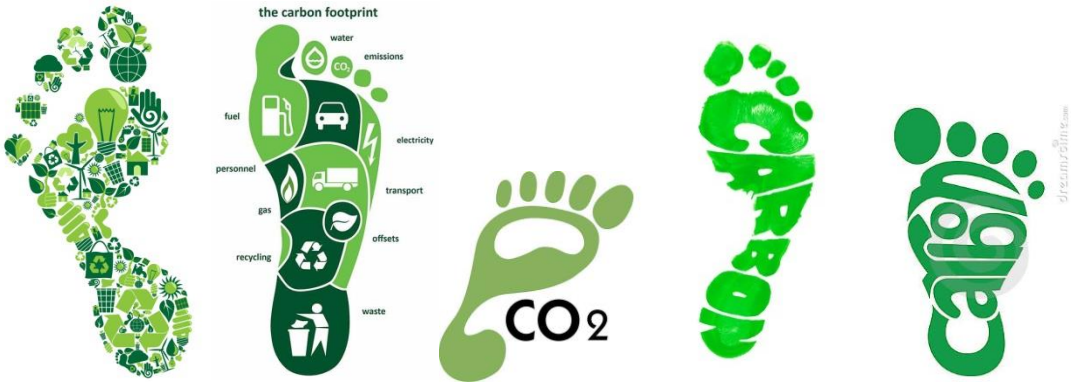
Bu ana parametrelere göre mevcut veya yeni yapılar değerlendirilmekte ve değerlendirme sonucunda alınan puan düzeyine göre yapı sertifikalandırılmaktadır. Bu sertifikaları alan yapıların prestijinin ve alım satım değerinin artırdığı bilinmektedir.

3.3.Karbon Ayak İzi (Carbon Footprint Analysis, CFA)

İnsan yaşamı süresince üretim ve tüketimleri sebebiyle dünyaya iz bırakmaktadır. Yaşadığımız sürece tüketilen gıda, giysi, ısınma ve ulaşım için kullanılan kaynaklar ve atıklarla birlikte bu iz sürekli artmaktadır. Ancak doğal kaynakların sınırlı olduğu düşünüldüğünde ihtiyaçlarımızı yenilenebilir doğal kaynaklardan karşılamamız sürdürülebilirlik açısından önem kazanmaktadır (Han ve Kaya, 2013).

Mathis Wackernagel ve William Ress tarafından 1990'larda anılan ekolojik ayak izi sürdürülebilirliği ölçmektedir. Ekolojik ayak izi; mevcut teknoloji ile bir toplumun tükettiği kaynakları üretmek ve ortaya çıkan atığı yok etmek için gereken biyolojik kapasite (verimli toprak ve su alanı) ile karşılaştırılması olarak tanımlanmaktadır (WWF, 2012a). Karbon, tarım arazisi, orman, yapılandırılmış alan, balıkçılık sahası ve otlak ayak izi olmak üzere 6 bölüme ayrılmıştır.

Şekil 3.3'de farklı karbon ayak izi ifade şekilleri bulunmaktadır.

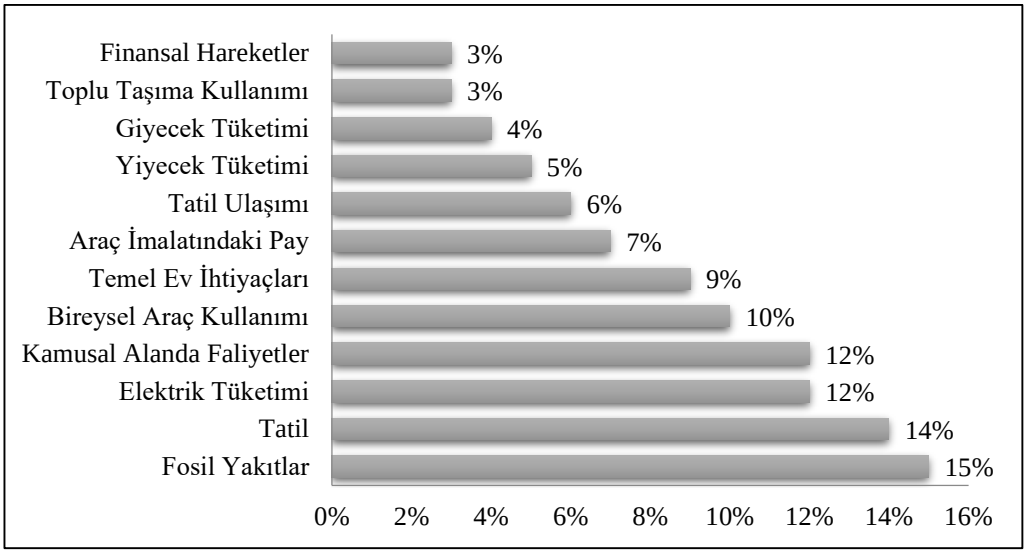


Şekil 3.3. Karbon ayak izi ifade şekilleri (URL 29)

Çalışmanın bu bölümünde ekolojik ayak izi çeşitlerinden olan karbon ayak izinin yapı ve yapı malzemelerine etkisi üzerine durulmaktadır. Sürdürülebilirliği sağlamak için binaların üretim ve kullanımları süresince karbon ayak izinin azaltılması ve kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak gerekmektedir. Ülkemiz bu konuda yenilenebilir nitelik taşıyan güneş, rüzgâr, jeotermal gibi kaynaklar ile çevresel etkileri azaltacak potansiyele sahiptir.

Karbon ayak izi, ürünün yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan CO_2 salınımının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008). Karbon ayak izi ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; doğrudan ve dolaylı karbon ayak izidir. Doğrudan (birincil) ayak

izi, günlük olarak kullanılan enerji ve ulaşım giderleri ile fosil yakıtların kullanılmasından ortaya çıkan CO_2 emisyonlarının; dolaylı (ikincil) ayak izi ise kullanılan ürünlerin ürün yaşam döngüsünden kaynaklanan dolaylı CO_2 emisyonlarının ölçüsüdür. Fosil yakıt kullanımı ve tatil insan faaliyetleri sonucunda en fazla karbon ayak izi oluşturan etmenler olarak görülmektedir (Şekil 3.4) (URL 30).



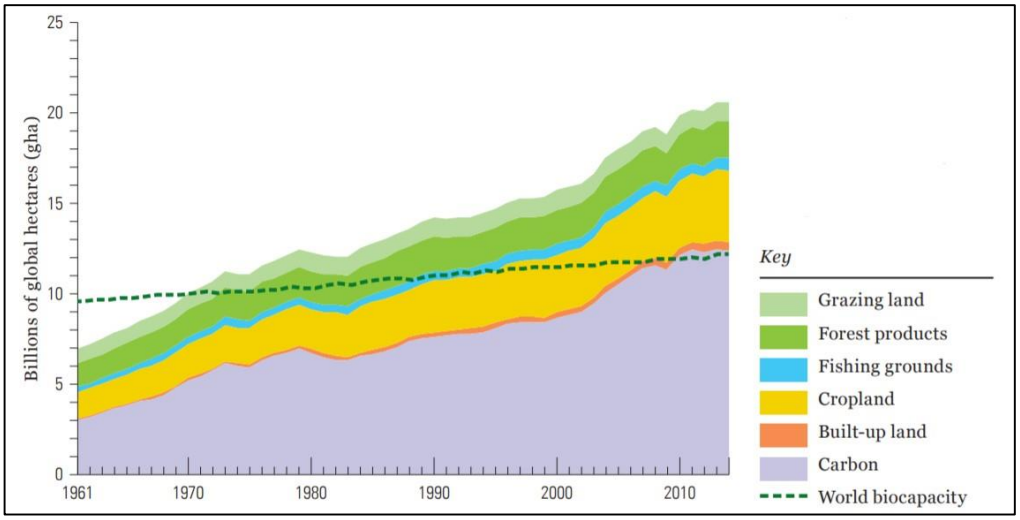
Şekil 3.4. Çeşitli faaliyetlerin karbon ayak izi (URL 30)

2018 yılı Ekim ayında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan özel IPCC raporunda mevcut durumda küresel ısınmanın 2030 ile 2052 yılları arasında 1,5ºC artacağı hesaplanmıştır. Buna göre üye tarafların küresel ısınmanın 1,5ºC'nin altında tutulabilmesi için 2020 yılına kadar iklim stratejilerini güncellemesi beklenmektedir (IPCC, 2018).

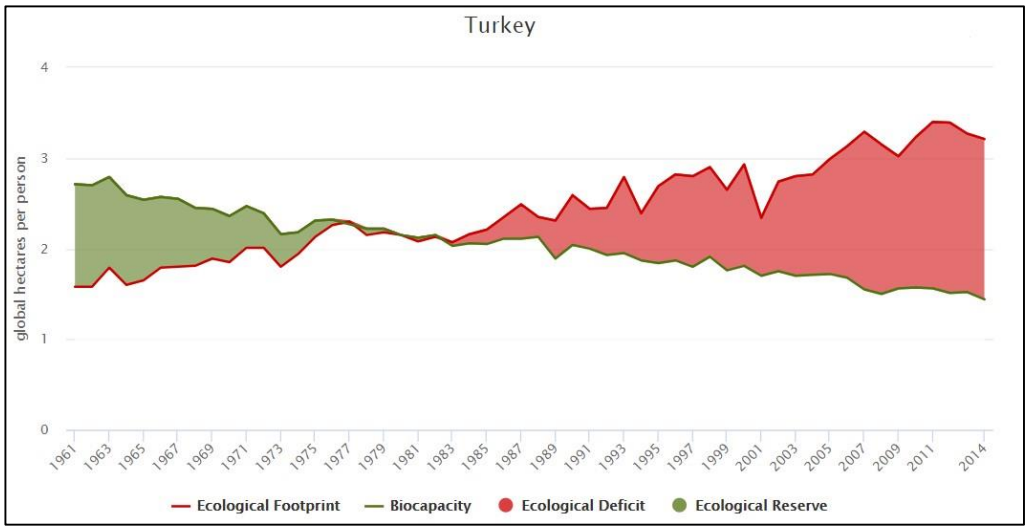
Ekolojik ayak izi gibi karbon ayak izi de CO_2 salınımını yok etmek için gerekli biyolojik kapasite ihtiyacını ölçmektedir. Ancak karbon söz konusu olduğunda hesaplanmış bir biyolojik kapasite bulunmadığından hesaplamalarda atmosfere salınan her ton karbonu depolayabilmek için (fotosentez yoluyla) hasat edilmemiş orman arazisi dikkate alınmaktadır (WWF, 2012).

Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından dünya da birçok ülkenin biyolojik kapasite ve ulusal ayak izi hesapları yapılmaktadır. Küresel olarak en büyük ayak izi bileşeni olan karbon ayak izi ekolojik ayak izinin % 60'ını oluşturmaktadır (Şekil 3.5) (WWF, 2018).

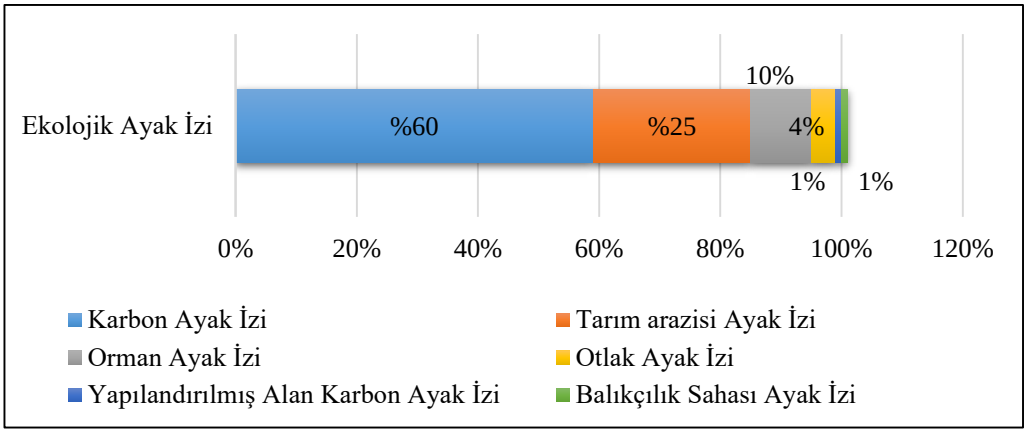
Türkiye için 2014 yılında hesaplanan kişi başına düşen ekolojik ayak izi 3,21 kha, kişi başına düşen biyokapasite ise 1,44 kha olmuştur. Yani bir yılda tükettikleri doğal kaynakların yeniden üretimi ve atmosfere saldıkları CO_2'nin tutulması için 2,22 yıla ihtiyaç vardır (Şekil 3.6) (URL 31). 2014 yılı Küresel Ayak İzi Ağı verilerine göre Türkiye'de Karbon Ayak İzi Ekolojik Ayak İzi'nin %60'ını oluşturmaktadır (Şekil 3.7) (URL 32).



Şekil 3.5. Dünya'nın ekolojik ayak izi ve biyokapasitesinin karşılaştırması(WWF, 2018)

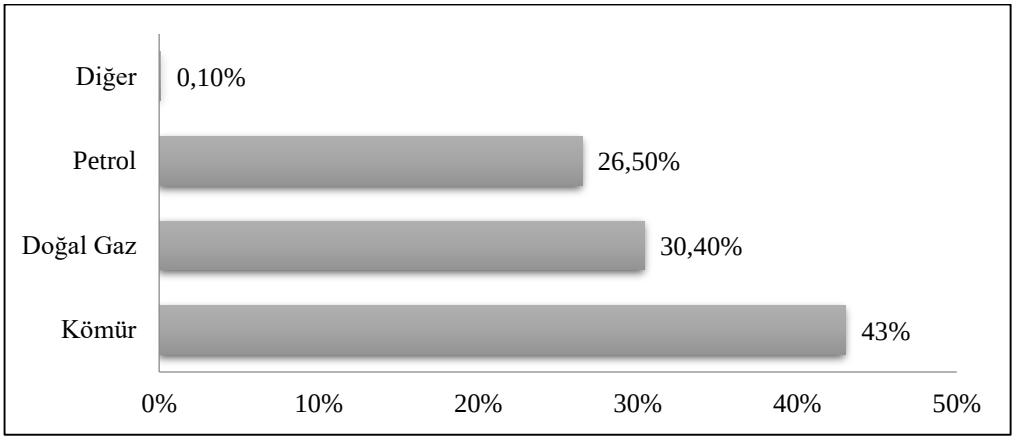


Şekil 3.6. Türkiye'nin ekolojik ayak izinin yıllara göre değişimi (URL 31)



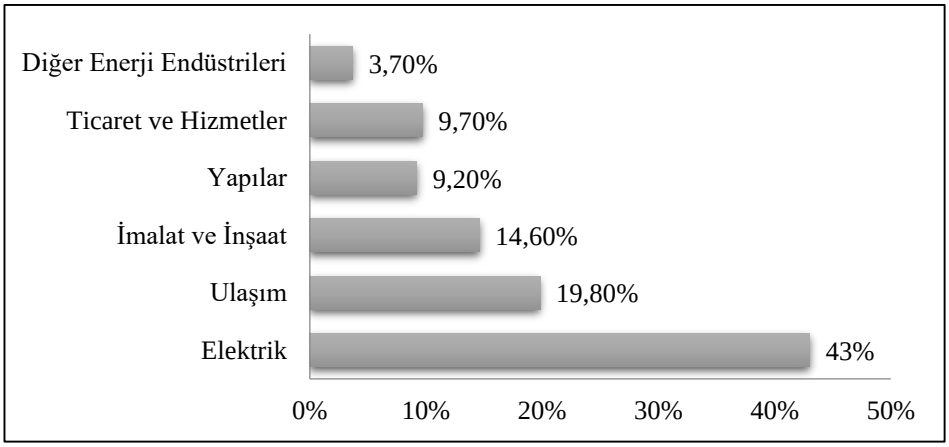
Şekil 3.7. Türkiye'de ekolojik ayak izi dağılımı (URL 32)

Fosil yakıtların sebep olduğu CO_2 emisyonlarına Şekil 3.8'de yer verilmektedir. Buna göre CO_2 emisyonlarının % 43'ü kömür, % 30,5'i doğalgaz, %26,5'i ise petrolden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.8) (IEA, 2016b).



Şekil 3.8. CO_2 emisyonlarının yakıtlara göre dağılımı (IEA, 2016)

Sektörel olarak incelediğimizde CO_2 emisyonlarının dağılımına Şekil 3.9'da yer verilmektedir (Şekil 3.9). Karbon ayak izini oluşturan CO_2 emisyonları %43 elektrik sektörüne, %19,8 ulaşım, %14,6 imalat ve inşaat sektörüne ait olduğu görülmektedir (IEA, 2016b).



Şekil 3.9. CO_2 emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (IEA, 2016b)

3.4.Ekoetiket (Eco Label)

Ekoetiketler ürünler için çevre performans ve sürdürülebilirlik ölçütü olarak kullanılmaktadır. Ekoetiket tüketicilerin ürün seçimi sırasında çevresel etkileri göz önünde bulundurmasını kolaylaştırmak amacıyla ortaya çıkmıştır. Bazı etiketler ölçüm sonuçlarıyla çevresel kirlilik ve enerji tüketim miktarlarını sayısal olarak ortaya koyarken, bazıları sürdürülebilirlik ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik uygulamalarla uyum göstermektedir.

Çevre etiketleri Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Kanada ve Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) gibi dünyanın farklı bölgelerinde uygulanmaktadır.

Çevre etiketleri 1970'li yıllardan bu yana kullanılmaktadır. Ancak Birleşmiş Milletler'in 1992 yılında yaptığı Çevre ve Gelişim Konferansı'nda Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) çevre etiketlerine yönelik ISO 14000 standartlarını geliştirmiştir (URL 33). 2010 yılında mevzuat güncellenerek Eko- Etiket Tüzüğü olarak yürürlüğe girmiştir. DIN EN ISO 14020 standartları çevre etiketi tiplerini 3 kategoride tanımlamaktadır. Bunlar; Tip1, Tip 2, Tip 3 Çevre Etiketleri'dir (Erol, Kreissig, 2012).

- ***Tip 1 Çevre Etiketi:*** Gönüllülük esasına dayanan birden fazla parametre ile değerlendirme yapan 3.şahıs denetimine sahip bir programdır. Ürünlerin çevresel performansı ile ilgili nicel veriler içermemektedir.

- ***Tip 2 Çevre Etiketi:*** Bağımsız denetim sürecinden geçmemektedir. Kuruluşlar çevre etiketi hazırlanırken beyan etmek istedikleri parametreleri ve çevresel

performans bilgilerini kendileri belirlemektedir. Bu tip çevre etiketi reklam amacıyla kullanılmaktadır.

- ***Tip 3 Çevre Etiketi:*** Gönüllülük esasına dayanmaktadır. Prosedürü önceden oluşturulmuş, 3. Şahıslar tarafından belirlenmiş parametrelere yönelik ürün ile ilgili nicel çevresel verileri içermektedir. Bu çevre etiketleri çevresel performansla ilgili kesin veriler içeren objektif bir etikettir.

Çizelge 3.2' de çevre etiketi çeşitleri ve logoları yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Çevre etiketi çeşitleri

TİP 1	TİP 2	TİP3
Der Blaue Engel Almanya	Philips Green Tick	The EU Eco-Label Avrupa Birliği
The Nordic Swan İskandinav Ülkeleri		Energy Star
Österreichisches Umweltzeichen Avusturya		Çevresel Ürün Beyanları (EPD)
Korean Eco Label Kore		

Yapı malzemelerinin Avrupa Birliği içinde serbest dolaşımı Yapı Malzemeleri Direktifi (Construction Products Directive (CPD)) ile sağlanmaktadır. Ülkemizde, AB teknik mevzuatına uyum çalışmaları çerçevesinde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Yapı Malzemeleri Direktifinin uyum çalışmalarını yürütmek üzere görevlendirilmiştir.

Yapı malzemeleri ile ilgili direktifte öngörülen 6 temel gereklilik;

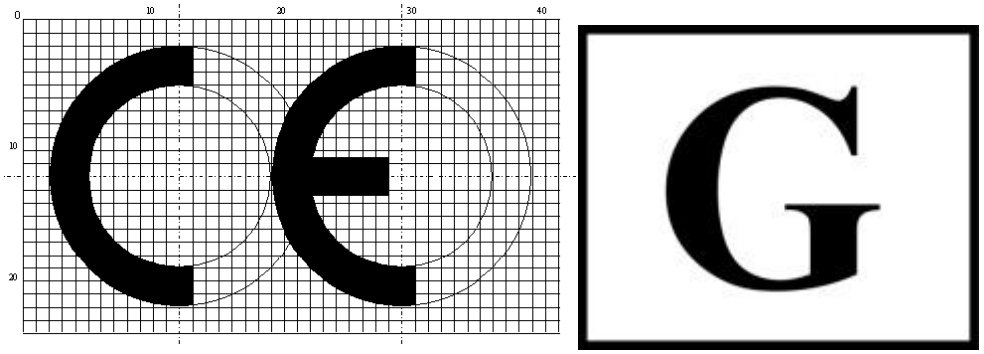
- ✓ Mekanik dayanım ve stabilite,
- ✓ Yangın durumunda emniyet,
- ✓ Hijyen sağlık çevre,

- ✓ Kullanım emniyeti,
- ✓ Gürültüye karşı korunma,
- ✓ Enerjiden tasarruf ve ısı muhafazasının karşılanmasıdır.

Bunların ilgili yapı malzemesinin üzerine nasıl uygulanacağı o yapı malzemesinin ilgili uyumlaştırılmış (harmonize) standartlarının sonunda Ek kısımlarında düzenlenmiştir. Uyumlaştırılmış standartlar; komisyon tarafından verilen talimatlara göre CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi) tarafından hazırlanan ve Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayınlanarak yürürlüğe giren standardlardır.

Bu temel gereklilikleri yerine getiren yapı malzemeleri CE işareti alarak "güvenli ürün" olduğunu belgelemektedir. "Güvenli ürün", kullanım süresi içinde normal kullanım koşullarında risk taşımayan ya da kabul edilebilir ölçülerde risk taşıyan ve temel gerekler bakımından azami ölçüde koruma sağlayan ürün anlamına gelmektedir (Şekil 3.10).

Hakkında uyumlaştırılmış standart ya da Avrupa Teknik Onayı (ETA) olmayan yapı malzemelerinin piyasaya arzında G işaretlemesi zorunlu olmaktadır. Bu işaret malzemeye, malzemeye iliştirilen bir etikete, malzemenin ambalajına veya malzemeye ait ticari belgelere iliştirilerek kullanılmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. CE ve G işareti

BÖLÜM 4

ALAN (UYGULAMA) ÇALIŞMASI

Çalışmada alan çalışması olarak Kırklareli İl'i seçilmiştir. Bu bölümde ilin coğrafi konumu, yapılaşma durumu, yenilenebilir enerji potansiyelleri gibi genel özellikleri, Graphisoft Archicad programı ile Eco Designer Star modülünün özellikleri ve seçilen binaların özellikleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Alan çalışmasında taşıyıcı sistem özellikleri ve imar durumu bilgilerine göre 6 farklı özellikte bina belirlenmiştir. Bu binaların modellemesi Archicad programı tarafından yapılarak sonrasında Eco Designer Star modülü aracılığıyla enerji değerlendirmesi raporları oluşturularak elde edilen veriler karşılaştırılmaktadır.

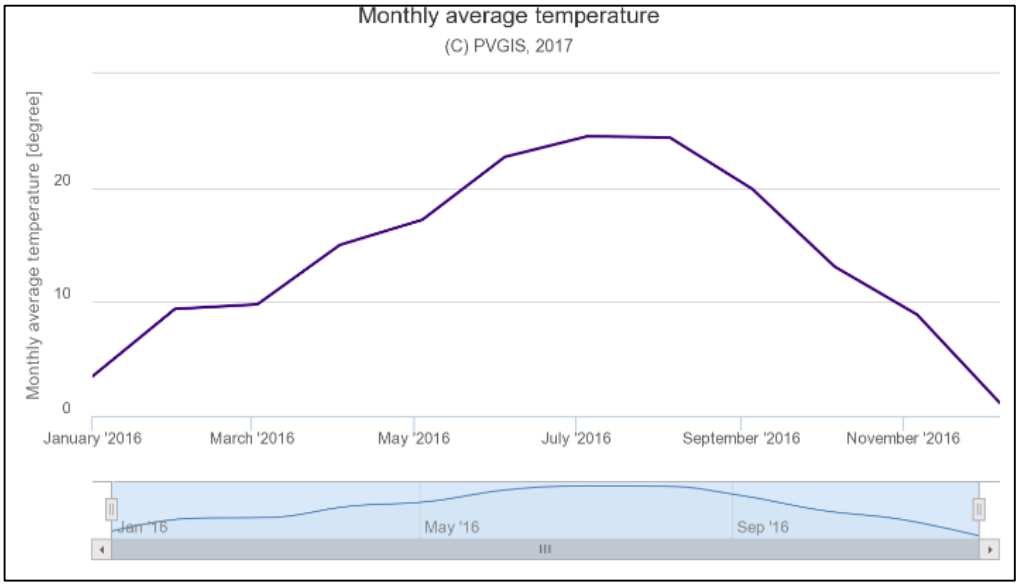
4.1. Kırklareli İline Ait Genel Özellikler

Kırklareli ili Marmara bölgesinin kuzey batısında bulunmaktadır. Kuzey ve doğusu ormanlık, diğer bölümü genellikle düzdür. Kara iklimi hâkim olan bölgenin merkez rakımı 203 metredir (URL 34) (Şekil 4.1).

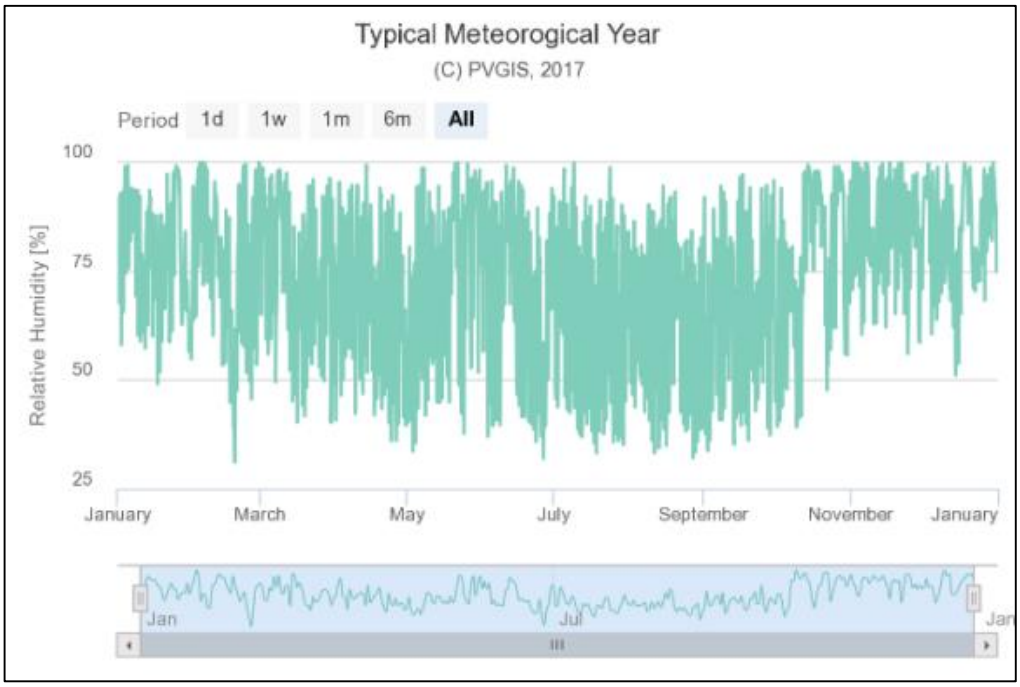


Şekil 4.1. Kırklareli fiziki haritası (URL 35)

Kırklareli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki dış sıcaklıklara bağlı sınıflandırmada 3. Derece gün bölgesinde bulunmaktadır (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008). 2018 yılı verileri değerlendirildiğinde ısıtma gün derecesi 1139, soğutma gün derecesi 217 olarak tespit edilmiştir (URL 36). Yıllık ortalama sıcaklık 13,3ºC'dir (URL 37). Yıllık ortalama sıcaklık ve bağıl nem grafiği şekil 4.2 ve 4.3'de gösterilmektedir (URL 38) (Şekil 4.2, 4.3).



Şekil 4.2. Aylık ortalama sıcaklık grafiği (ºC)



Şekil 4.3. Yıllık bağıl nem grafiği (%)

4.1.1. Yapılaşma Durumu

Kırklareli İl merkezindeki yapılaşmaya baktığımızda Bizanslılar zamanında şehrin Yayla semti (Yayla Mahallesi) ile Kırklar Tepesi'nde gelişmiştir (Karaçam, 1995). Kırklareli 1924 yılında il olmuştur ve merkez ilçe ile toplamda 8 ilçe bulunmaktadır. 21 belediye ve 179 köyün bulunduğu il nüfusu 356.050'dir. Nüfusun %81,5'i (290.040) ilçe merkezlerinde, %18,5'i (66.010) kırsal alanda yaşamaktadır (URL 39). Günümüzde Yayla Mahallesinin gelişmesiyle birlikte sonradan oluşan Akalar, Demirtaş, Doğu, Karaca İbrahim, Karakaş ve Kocahıdır Mahallesi'nden sonra, Bademlik, Cumhuriyet, Karahıdır, İstasyon, Pınar ve Sanayi Mahallelerinin de kurulmasıyla şehir son şeklini almıştır. Günümüzde Kırklareli merkezde 13 mahalle bulunmaktadır (Şekil 4.4). Şehrin yeni yapılaşma alanı Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü'nün yol güzergâhında bulunan Cumhuriyet Mahallesi ile Yayla Mahallesi ile şehre yakın olması sebebiyle İstasyon Mahallesi tercih edilmektedir.



Şekil 4.4. Kırklareli merkez mahalleler (Kırklareli Belediyesi,2018)

2017 yılı TÜİK verilerine göre Kırklareli'nde yapı ruhsatı verilen bina sayısı 1344 adet, bu binaların yüz ölçümü ise 1 538 190 m²'dir. Türkiye'de toplam yapı ruhsatı verilen binalar ile bu rakamlar karşılaştırıldığında bina sayısı olarak %0,86'lık paya, yüz ölçümü olarak ise %0,57'lik paya sahiptir (URL 1).

2017 yılı TÜİK verilerinde Kırklareli'nde 724 adet binaya yapı kullanma izin belgesi verilmiştir. Bu binaların yüzölçümü ise 890 856 m²'dir. Türkiye'de yapı kullanma izin belgesi verilen bütün binalarla karşılaştırıldığında Kırklareli adet olarak % 0,62'lik yüzölçümü olarak % 0,55'lik paya sahiptir (URL 1).

- **Yapım Sistemleri**

Kırklareli merkez ve özellikle çevre ilçelerde geleneksel yapım sistemleri ile yapılmış binalar önemli bir yer tutmaktadır. Bu yapılar incelendiğinde zamanın olanakları ve malzemenin ulaşılabilirliğinin belirleyici olduğu görülmektedir.

Geleneksel yapım sistemleri açısından yığma ve iskelet yapım sistemiyle inşa edilmiş binalar görülmektedir. Kırklareli'nde yığma yapım sisteminde ağırlıklı olarak taş ve tuğla malzemeler taşıyıcı olarak kullanılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Taş ve tuğla yığma yapı örnekleri (Altınöz,2018)

İskelet yapım sistemi bina yüklerini çeşitli yapı elemanları aracılığıyla zemine iletildiği sistemdir. Kırklareli geleneksel mimarisinde ahşap iskelet yapılarda dolgu malzemesi olarak kerpiç, taş ve tuğla kullanılmıştır. Betonarme iskelet yapım sistemi ise günümüzde teknolojinin gelişmesiyle kolay inşa tekniği ve dayanıklılığı sebebiyle hayatımıza giren yapım sistemidir. Kırklareli Merkez'de yeni inşa edilen yapılarda çok büyük oranda betonarme yapım sistemi kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında tuğla yığma yapım sistemiyle bir, ahşap iskelet yapım sistemi ile bir ve betonarme yapım sistemiyle inşa edilmiş dört adet bina seçilerek modeller oluşturulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Ahşap ve betonarme iskelet sistemi yapı örnekleri (Altınöz,2018)

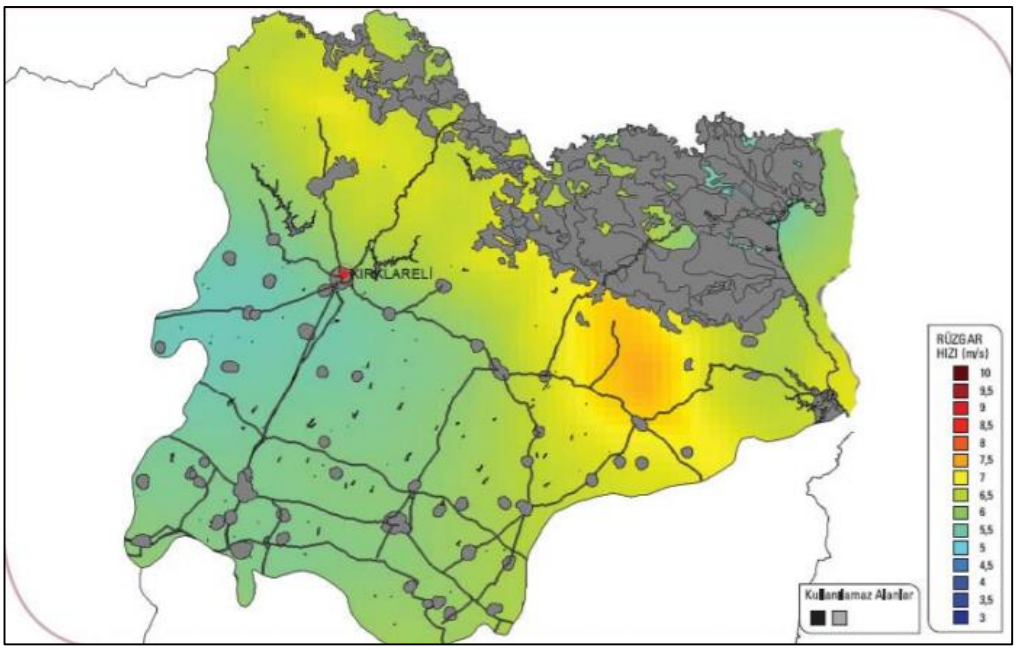
4.1.2. Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri

Fosil yakıt kullanmadan doğada var olan kaynaklardan elde edilebilen ve doğa tarafından yenilenebilen enerji yenilenebilir enerji olarak tanımlanmaktadır (URL 40). Türkiye bulunduğu konum neticesinde yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça zengindir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biyokütle ve hidrojen enerjisi olarak sıralanabilir. Alan çalışmasının yapıldığı Kırklareli İl'inde rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve biyokütle enerji potansiyelleri incelenmiştir.

4.1.2.1.Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Kırklareli İl'inde merkezin güneydoğusunda Pınarhisar, Vize il merkezi ve kuzeye doğru Kofçaz ilçelerinde rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yapılan çalışmalara göre Kırklareli ilinde 615 m² alan rüzgâr enerjisi üretimi için uygundur ve toplam 3 079 MW büyüklüğünde rüzgâr enerji santrali kurulabilecek kapasiteye sahiptir (URL 41).

Ekonomik Rüzgâr Enerji Santrali (RES) için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. Şekil de görünen gri renkli alanlara RES kurulamayacağı kabul edilmiştir (URL 41) (Şekil 4.7).

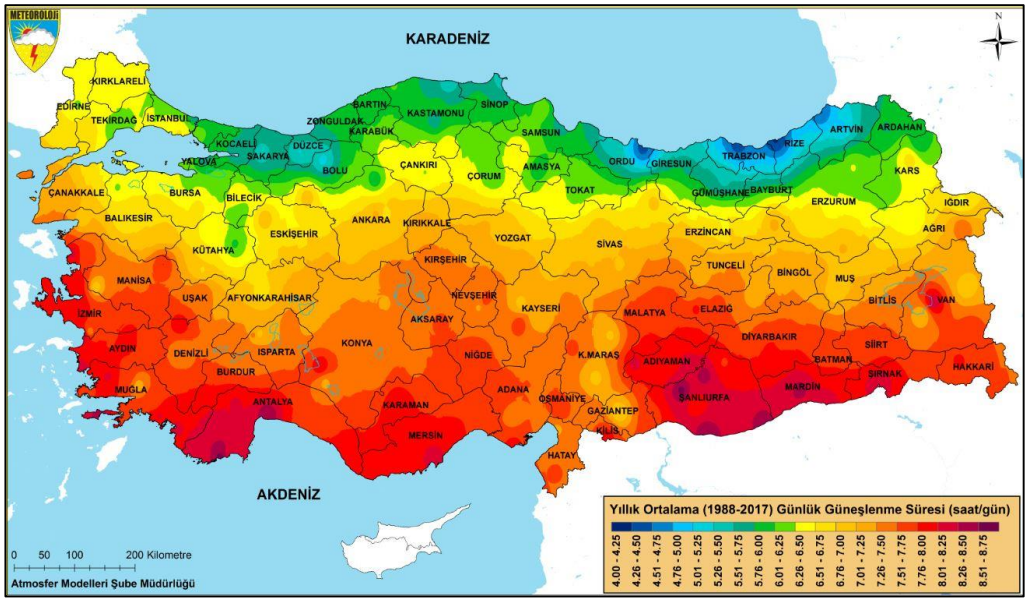


Şekil 4.7. Rüzgâr enerjisi kapasite faktörü (URL 41)

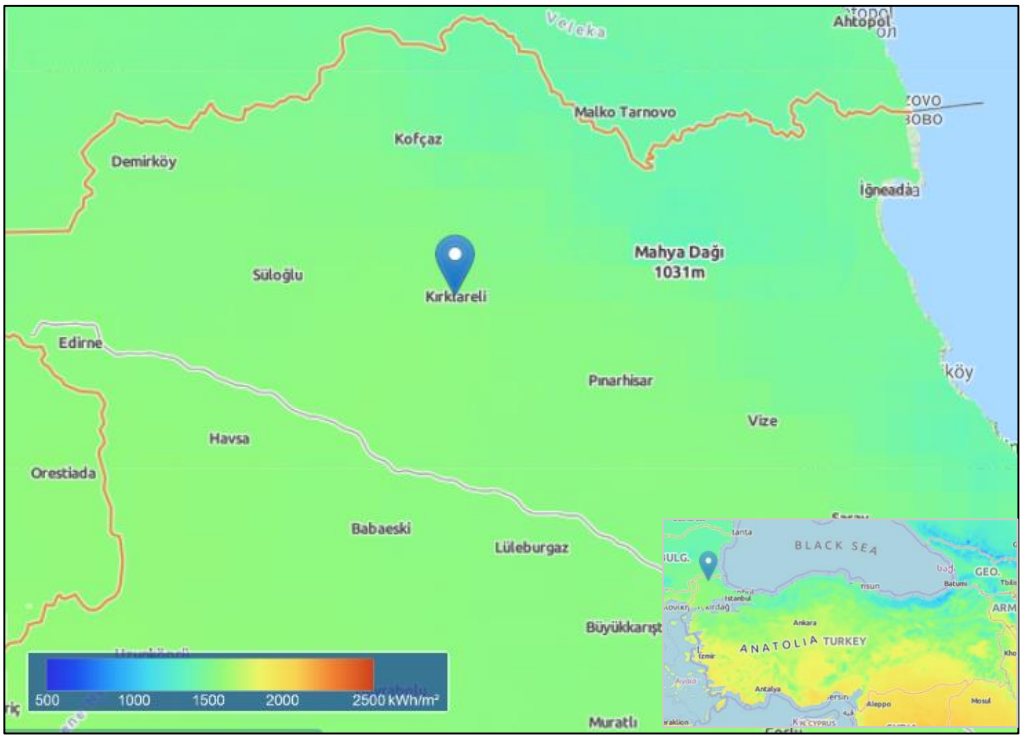
Günümüzde YEGM verilerine göre Kırklareli'nde 4 adet Rüzgâr Enerji Santrali (RES) bulunmaktadır. Bunlar Merkez, Vize ve Kıyı köyde bulunmaktadır. Merkezde Karadere köyünde bulunan 19.2 MW kurulu güce sahip 12 rüzgar türbini bulunmaktadır (URL 42). Merkez de Üsküp köyünde bulunan Zeliha Rüzgar Santrali'nde 8 adet rüzgar türbini bulunmaktadır ve 15MWe kurulu güce sahiptir (URL 43). Vize'de 55 MW kurulu güce sahip 19 rüzgar türbini bulunmaktadır (URL 44). Kıyıköy'de ise 27 MW kurulu gücü ile 14 adet rüzgar türbinine sahiptir (URL 45). Ancak inşa halinde bulunan Rüzgâr Enerji Santralleride bulunmaktadır.

4.1.2.2.Güneş Enerjisi Potansiyeli

Enerji Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada Kırklareli İl'i için güneş enerjisinden elektrik üretilmesi açısından verimli bulunmamış ve herhangi bir trafo merkezinde kapasite ayrılmamıştır. Meteoroloji 1988-2017 yılı yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi 6.26-6.50 (saat/gün) olarak bulunmuştur (URL 46) (Şekil 4.8). Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi (Photovoltaıc Geographıcal Informatıon System) 2017 verilerine göre Kırklareli ili ortalama radyasyon değerleri yaklaşık 1500 kWh/m² olarak tespit etmiştir (URL 47) (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Türkiye yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi (URL 46)



Şekil 4.9. Kırklareli güneş enerjisi potansiyeli (URL 47)

Güneş enerjisinin rüzgâr enerjisine göre daha karalı yapıda olması sebebiyle güneş enerjisinden elektrik üretim tesisi kurmak rüzgâr enerjisine göre daha avantajlı olmaktadır (Trakya Kalkınma Ajansı, 2012).

4.1.2.3. Biyokütle Potansiyeli

Günlük hayatta üretilen tarımsal atık, hayvansal atık ve kentsel atık gibi üretim olduğu sürece var olacak atıklar biyokütleyi oluşturmaktadır. Oluşan biyokütle tarımdan elde edilen bitki atıkları, hayvanlarda elde edilen tezek ve kentlerin çöp atıkları çevreye zarar vermeden enerji kaynağı olarak kullanılabilmektedir.

Tarımsal atıkların toplanarak içerisindeki nem oranının azaltılıp yakılması ile kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi yapılması mümkündür. Kırklareli İl'i için buğday ve ayçiçeği üretiminden doğan tarımsal atık kapasitesi değerlendirildiğinde yaklaşık 54MW'lık enerji elde etmek mümkün olmaktadır.

Hayvanlardan elde edilen atıkların metan veya sıvı formda kojenerasyon sisteminde yakılması ile elektrik ve ısı üretimi yapılması mümkündür. Kırklareli'nde mevcut hayvanlarının hayvansal atık biyogaz potansiyeline bakıldığında 12MW büyüklüğünde enerji hesaplanmıştır.

Kırklareli İl'inde kentsel atıktan elektrik üretim potansiyeli yaklaşık 3MW olarak belirlenmiştir. Ancak bu enerji Kırklareli'nde kentsel atık santrali kurulması için yeterli bulunmamaktadır (Trakya Kalkınma Ajansı, 2012).

4.2. Graphisoft Archicad Programı ve Eco Designer Star Modülü Özellikleri

Graphisoft Archicad'i 1984 yılında sektördeki BIM (Building Information Modelling) yazılımı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Program yıllar içinde geliştirilerek kullanıcıların tasarım alternatiflerini değerlendirme, revize etme, işbirliği yapma ve koordinasyon konularında daha başarılı olmalarına olanak sağlamıştır (URL 48) (Şekil 4.10).



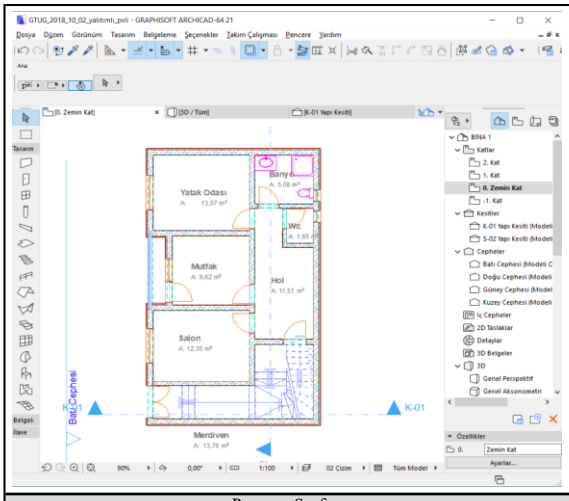
Şekil 4.10. Graphisoft Archicad ve Eco Designer Star modülü (URL 48)

Archicad'de bulunan araç kutusunun mimari odaklı olması tasarım iş akışı ve işbirliği araçlarının proje tamamlanıncaya kadar ihtiyaçların karşılanmasını sağlamaktadır. Tasarım araçlarında duvar, kolon, kiriş, döşeme, merdiven, kapı, pencere ve çatı gibi elemanlar özelleştirilmiştir. Kütüphane aracılığıyla daha birçok yapı elemanına kolay ulaşılabilmektedir. Archicad modelinizi sanal olarak oluşturmanızı sağlar. Bu sayede otomatik olarak kesit, cephe ve metraj oluşturulmaktadır.

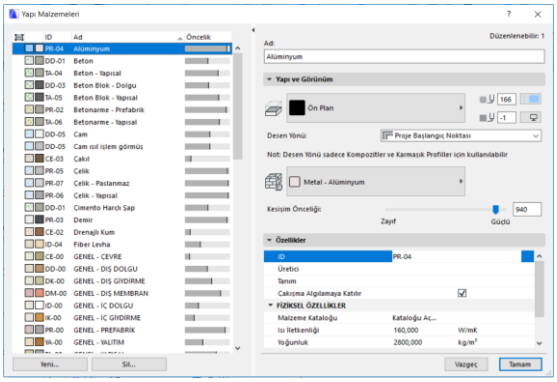
Archicad'de modellenen tasarım araçları yapı malzemeleri katoloğundan seçilebilmektedir. Bu katologda bulunan yapı malzemelerinin ısıl iletkenliği, yoğunluk, ısı kapasitesi, gömülü enerji ve gömülü karbon enerjileri bilgileri TS 825'e uygun olarak düzenlenmiştir. Program yeni bir yapı malzemesi tanımlama olanağı sunmaktadır.

Malzeme özellikleri seçildikten sonra duvar döşeme çatı ya da kirişte kullanılacak çeşitli kompozit yapı malzemeleri üretilebilmektedir (Çizelge 4.1).

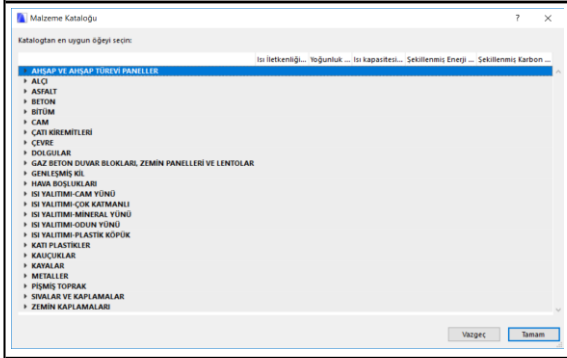
Çizelge 4.1. Archicad programı veri girişi



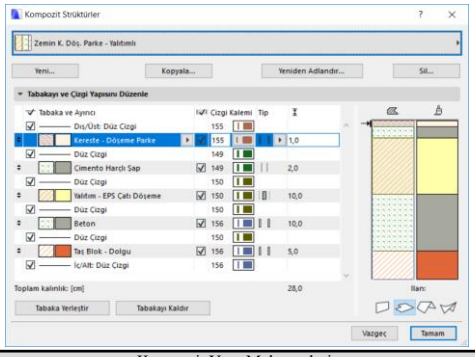
Program Sayfası



Yapı Malzemeleri Kataloğu



Malzeme Kataloğu



Kompozit Yapı Malzemeleri

Archicad'de mimarlar bulut-tabanlı yazılım ile diğer disiplinlerle işbirliği ve iletişim halinde olabilmektedir (Open BIM) (URL 48).

Archicad'in öne çıkan özellikleri arasında; akıllı objeler, anlık görüntüleme, verimli belgeleme özelliklerine ek olarak son güncellemeler ile birlikte Archicad enerji değerlendirmelerini Eco Designer Star ile gerçekleştirmektedir.

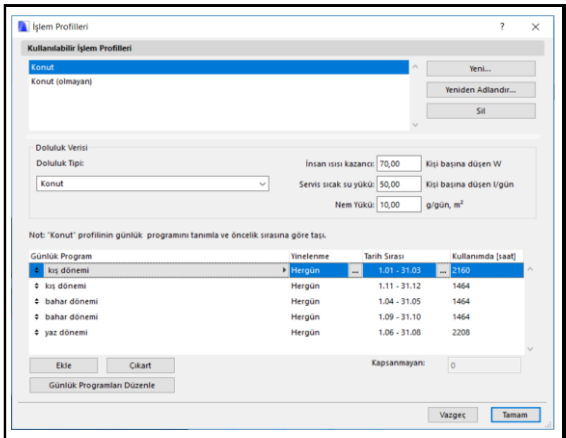
EcoDesigner STAR, Archicad Yapı Bilgi Modelleri'ni (BIM) (Building Information Modeling) çoklu termal bölge Yapı Enerji Modelleri (BEM) (Building Energy Modeling) haline getirerek enerji verimliliği yüksek bina tasarımı sunmak için geliştirilmiştir. EcoDesigner STAR aracılığı ile iklim analizi, bina enerji modeli kalibrasyonu, projeye özel düşük enerjili yapı çözümü setleri, düşük enerji ihtiyaçlı mimari tasarım, bütün bina enerji verimliliği optimizasyonu yapılabilmektedir (URL 48).

EcoDesigner STAR'ın analizi, Bina Enerji Analizi Bilgisayar Programlarının Değerlendirilmesi için Standart Test Yöntemi olan ANSI / ASHRAE Standard 140-2007

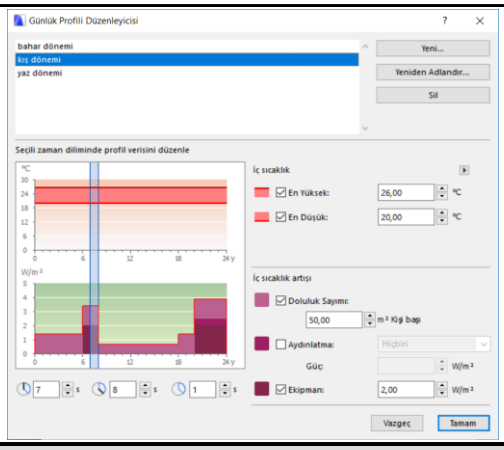
standardına uygun StruSoft'un VIPcore hesaplama motorunu kullanmaktadır. Çalışmada Kırklareli ilinin iklim verileri programa tanıtılarak hesaplarda kullanılmıştır.

Archicad EcoDesigner STAR bölümünde yapılacak enerji değerlendirmeleri için kullanıcı işlem profilleri ve günlük profil düzenleyicisi sayfalarından binanın yıllık kullanım saatleri yaz ve kış dönemi için ayarlanarak her iki dönem için iç sıcaklık değerleri ile iç sıcaklık artışına sebep olan faktörlerin düzenlemesi yapılmıştır. Çevre ayarları ve iklim verisi sayfalarından binanın bulunduğu çevre özellikleri belirlenerek, bulunduğu konuma ait iklim veri dosyası programa tanıtılmıştır. Enerji maliyetleri sayfasından kullanılan yakıtların maddi değerleri tanımlanmaktadır. Bina sistemleri sayfasından binada kullanılan ısıtma ve soğutma sistemleri düzenlenmektedir. Enerji model incelemesi sayfasında son kontroller yapılarak hesaplama sonuçlarının oluşturulmaktadır (Çizelge 4.2).

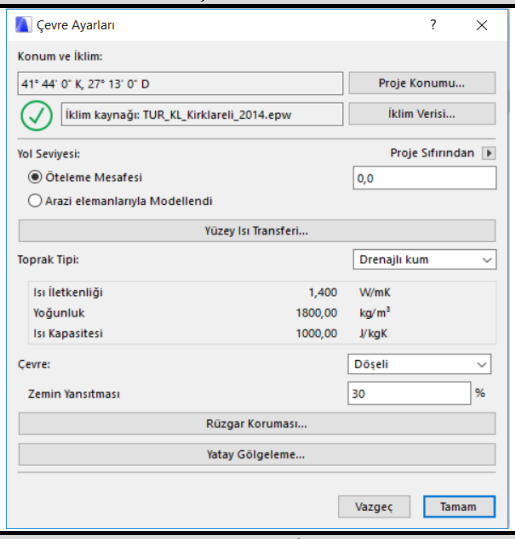
Çizelge 4.2. Eco Designer Star veri girişi



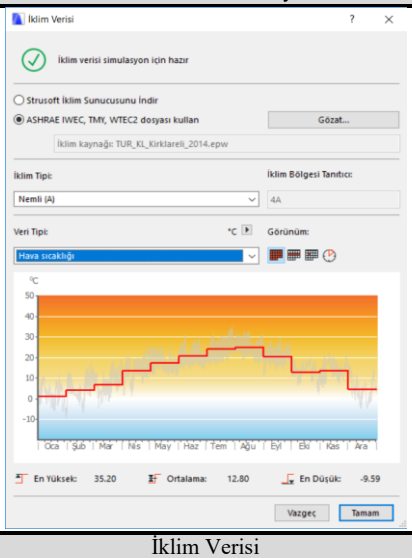
İşlem Profilleri



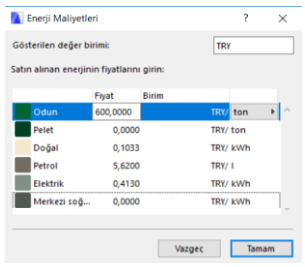
Günlük Profil Düzenleyicisi



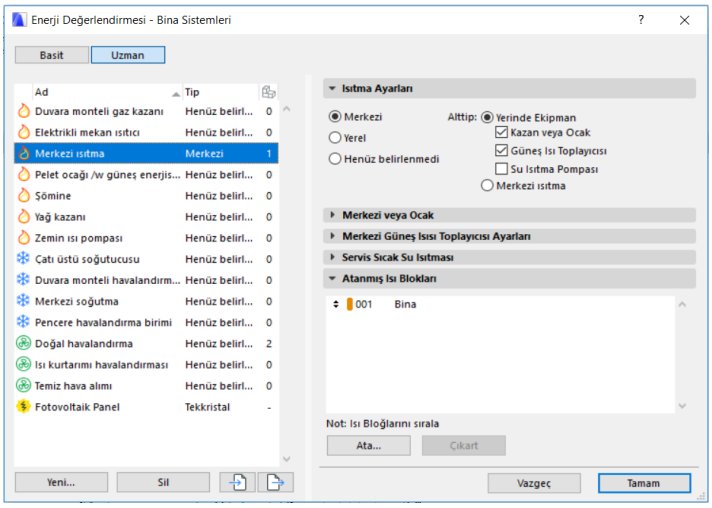
Çevre Ayarları



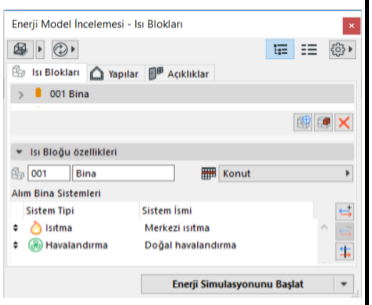
İklim Verisi



Enerji Maliyetleri



Bina Sistemleri



Enerji Model İncelemesi

4.3. Alan Çalışması Kapsamında Seçilen Binaların Enerji Analizleri

Enerji analizi yapılacak binalar Türkiye'nin kuzeyinde bulunan ülke ortalamasına göre güneş radyasyon değerlerinin düşük olduğu bilinen Kırklareli İli'nden seçilmiştir. Binalar Karacaibrahim, Camiikebir(Demirtaş), Karakaş Mahallelerinden ve Kavaklı ilçesinden belirlenmiştir. Seçilen binalar taşıyıcı sistem özellikleri (ahşap iskelet, tuğla yığma ve betonarme sistem), kat adedi (1-2 kat, 3-5 kat), bodrum durumu (bodrumlu, bodrumsuz), toplam inşaat alanı ve nizam durumuna (ayrık, bitişik) göre farklı parametrelere göre sınıflandırılarak değerlendirilmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Seçilen binaların özellikleri

Taşıyıcı Sistem			
Ahşap İskelet Sistem	B1	Tuğla Yığma Sistem	B2
Betonarme Sistem	B3 - B4 - B5 - B6		
Kat Adedi			
Bodrumlu	B1 - B3 - B5 - B6	Bodrumsuz	B2 - B4
1-2 Kat	B1 - B2 – B4	3-5 Kat	B3- B5 - B6
İnşaat Taban Alanı		**Toplam İnşaat Alanı**	
65-150 m²	B1 - B2 - B3 - B5	150-800 m²	B1 - B2 - B3 - B4
150-320 m²	B4 - B6	800-2700 m²	B5- B6
Nizam Durumu			
Ayrık	B4 - B5 - B6	Bitişik	B1 - B2 - B3

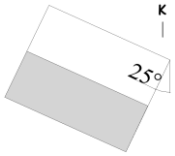
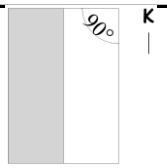
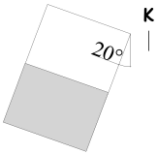
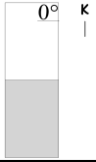
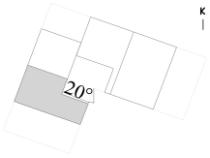
Binalar öncelikle yalıtımsız durumda modelleri oluşturularak ortalama ısıl geçirgenlikleri (U değerleri), yıllık net ısıtma enerjileri, yıllık enerji tüketimleri vb. değerleri elde edilmiştir. Ancak binada kullanılması önerilen yenilenebilir güneş enerji sistemlerinden maksimum yarar sağlamak amacıyla yalıtımsız durumda bulunan binalara Kırklareli İl'i için uygun yalıtım kalınlıkları uygulanmıştır. Yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinde binaların opak ve saydam yapı elemanlarının (duvar, çatı, zemin ve pencere/kapı) ısıl geçirgenliklerinin (U değerlerinin) aynı değerde olması hedeflenmiştir. Binaların ısı kayıplarını azaltıcı renovasyonu sonucunda; zemin ve çatı döşemelerinde 10 cm, ara katlarda 2 cm, ve duvarlarda ahşap sistemle inşa edilen B1 ve yığma yapım sistemiyle inşa edilen B2 binası için 10 cm, betonarme sistemle inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binaları için 6 cm ısı yalıtımı uygulanacağı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak binaların kapı pencere gibi yapı elemanlarının da iyileştirildiği düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Binaların ısı yalıtımsız durumu, ısı yalıtımlı

durumu ve yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara entegre edildiği durumda oluşturulan enerji değerlendirmesi raporları değerlendirilmiştir.

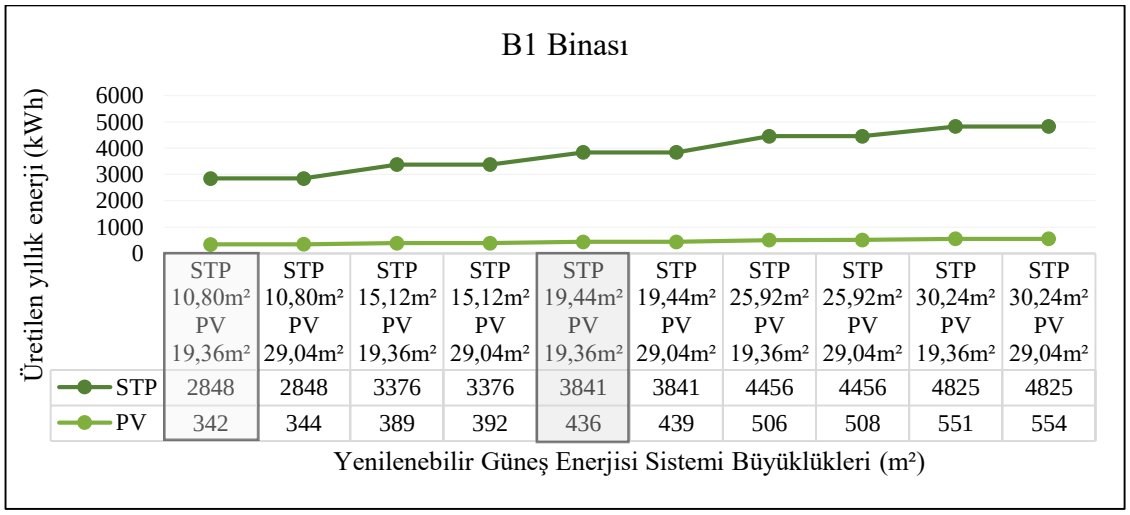
Bina modelleri oluşturulurken binalarda kullanılan ortak parametre; bölgede yaygın olarak kullanılan fosil kaynaklı doğalgaz, yakıt türü olarak belirlenmiştir.

Belirlenen yalıtım kalınlıkları uygulanan binalarda kullanılacak yenilenebilir güneş enerjisi sistemleri; *güneş kolektörü* (Solar Thermal Panel-STP) ile *fotovoltaik güneş paneli* (Photovoltaic Panel-PV) olarak belirlenmiştir. Güneş kolektörü boşaltılmış tüp tercih edilerek ısıtma ve sıcak su üretecek şekilde 32º açı ile tanımlanmıştır (EK-1A) **(**URL 49). Fotovoltaik güneş paneli çoklu kristal tipinde 163 W/m² nominal doruk güce ve %16 verimli tercih edilmiştir (EK-1B) (URL 50). Binaların güneye bakan çatı yüzey alanları ve güney ile yaptığı açılar (Azimut) Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Binaların güneye bakan çatı yüzey alanları ve güney yönüne açısı

		Binanın Güney Yönüne Açısı (º)	**Güneye Bakan Çatı Yüzey Alanı (m²)**
B1		25	88
B2		90	58
B3		20	41
B4		30	67
B5		0	54
B6		20	64

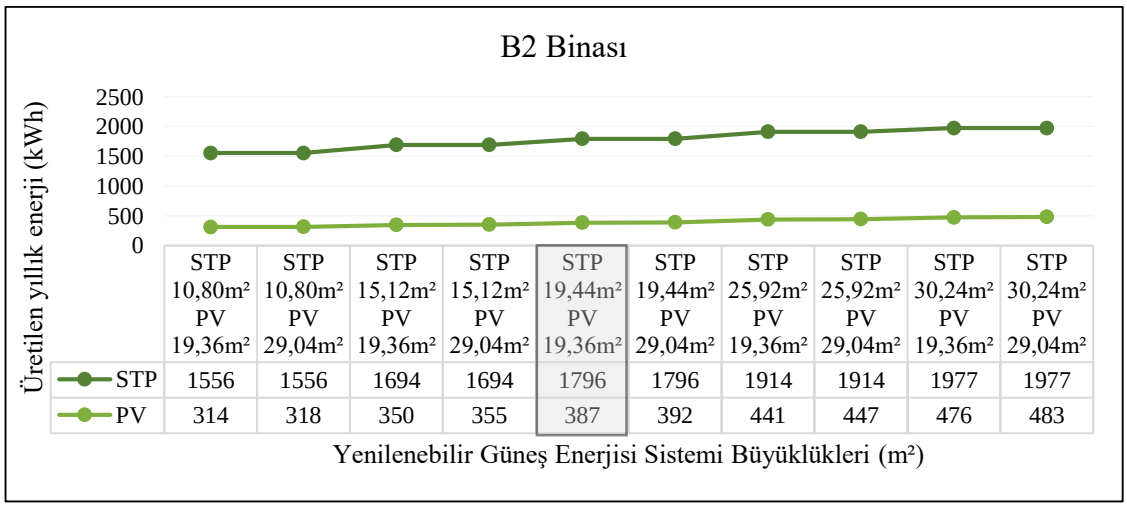
Her binanın optimum güneş enerji sistemi büyüklüğünü belirleyebilmek için yapılan hesaplar Şekil 4.11 ve 4.16 aralığında bulunmaktadır. B1 binasının sıcak su ihtiyacı 10,8 m² STP ile karşılanabilmekte ve m² arttıkça STP'den artan enerji ısıtma için kullanılmaktadır. Bu durumda B1 binası için 10,8 m² STP ve 19,36 m² PV yeterli olabilmektedir. Ancak binanın toplam inşaat alanı ve çatı yüzey alanını dikkate alırsak 19,44 m² STP ve 19,36 m² PV kullanılmasının yatırım maliyeti ve verim açısından uygun olacağı belirlenmiştir (Şekil 4.11).



	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	2848	2848	3376	3376	3841	3841	4456	4456	4825	4825
PV	342	344	389	392	436	439	506	508	551	554

Şekil 4.11. B1 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

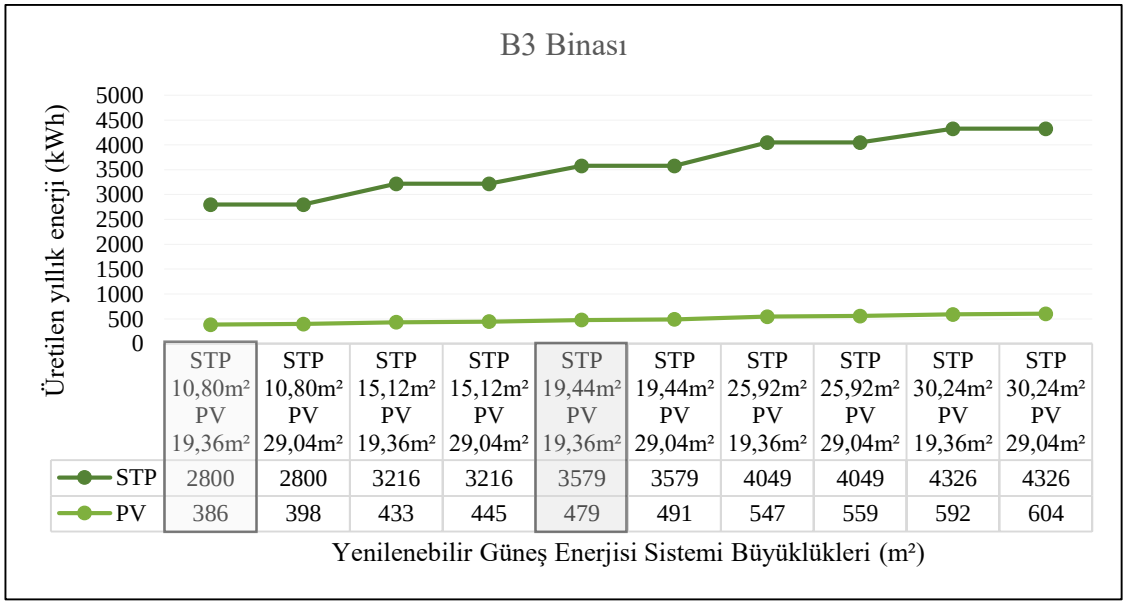
B2 binasının STP'inin güneyle yaptığı açı 90° olduğu için sıcak su ihtiyacının tamamı STP'inden karşılanamamaktadır. Ancak sıcak su ihtiyacının maksimum olarak 19,44 m² STP ile sağlandığı görülmektedir. Bu durumda B2 binası için 19,44 m² STP ve 19,36 m² PV'nin uygun olacağı belirlenmiştir.



	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	1556	1556	1694	1694	1796	1796	1914	1914	1977	1977
PV	314	318	350	355	387	392	441	447	476	483

Şekil 4.12. B2 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

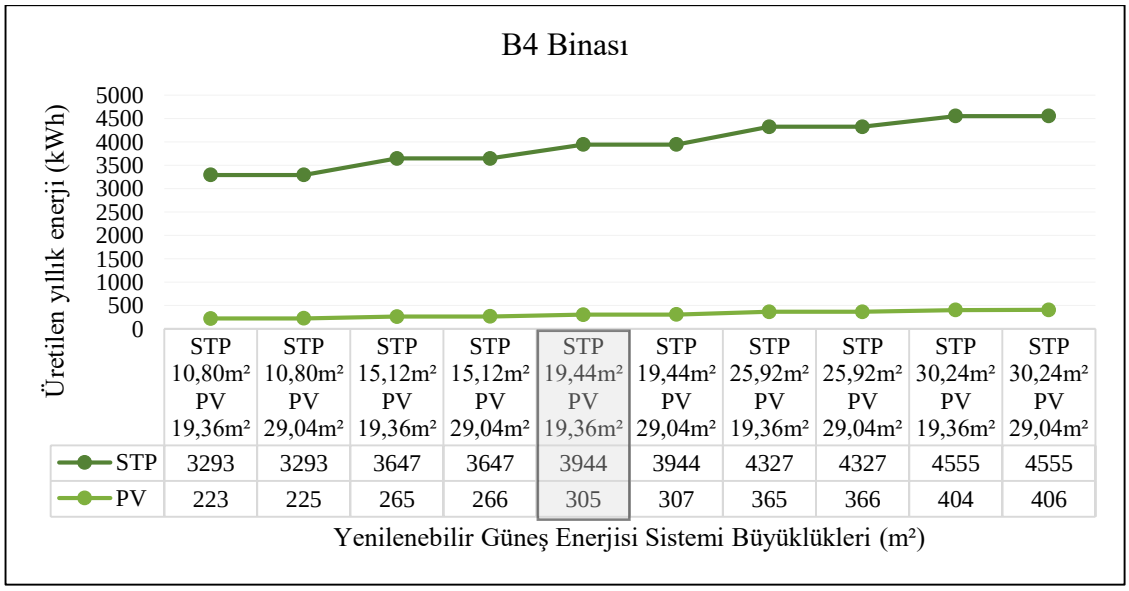
B3 binasının sıcak su ihtiyacı 10,8 m² STP ile karşılanabilmekte ve m² arttıkça STP'den artan enerji ısıtma için kullanılmaktadır. Bu durumda B3 binası için 10,8 m² STP ve 19,36 m² PV yeterli olabilmektedir. Ancak binanın toplam inşaat alanı ve çatı yüzey alanını dikkate alırsak 19,44 m² STP ve 19,36 m² PV kullanılmasının yatırım maliyeti ve verim açısından uygun olacağı belirlenmiştir.



	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	2800	2800	3216	3216	3579	3579	4049	4049	4326	4326
PV	386	398	433	445	479	491	547	559	592	604

Şekil 4.13. B3 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

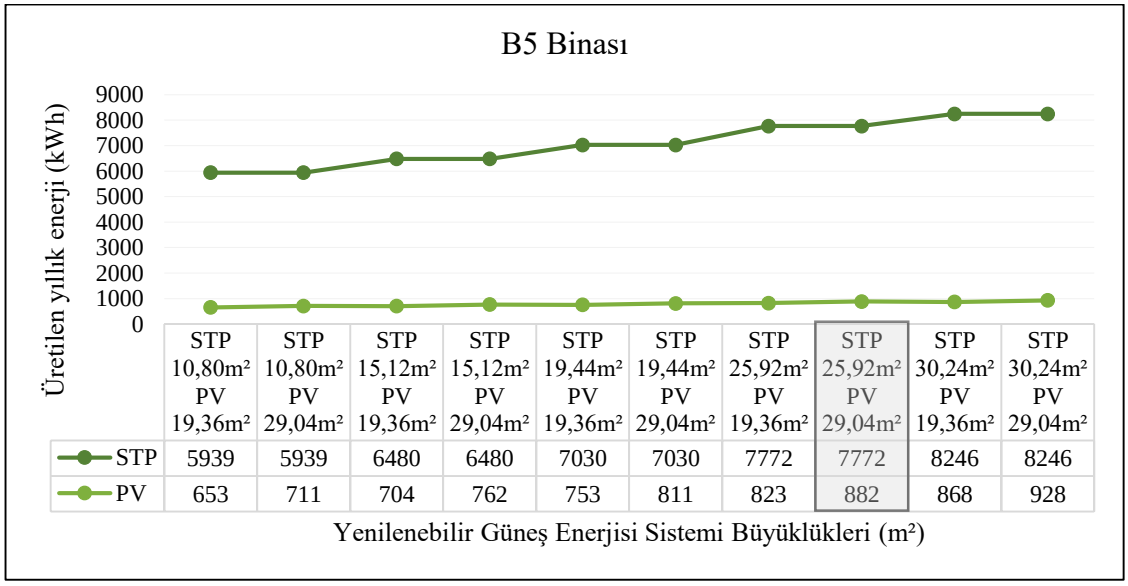
B4 binasının toplam inşaat alanı ve çatı yüzey alanını dikkate aldığımızda 19,44 m² STP ve 19,36 m² PV kullanılmasının yatırım maliyeti ve verim açısından uygun olacağı belirlenmiştir.



	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	3293	3293	3647	3647	3944	3944	4327	4327	4555	4555
PV	223	225	265	266	305	307	365	366	404	406

Şekil 4.14. B4 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

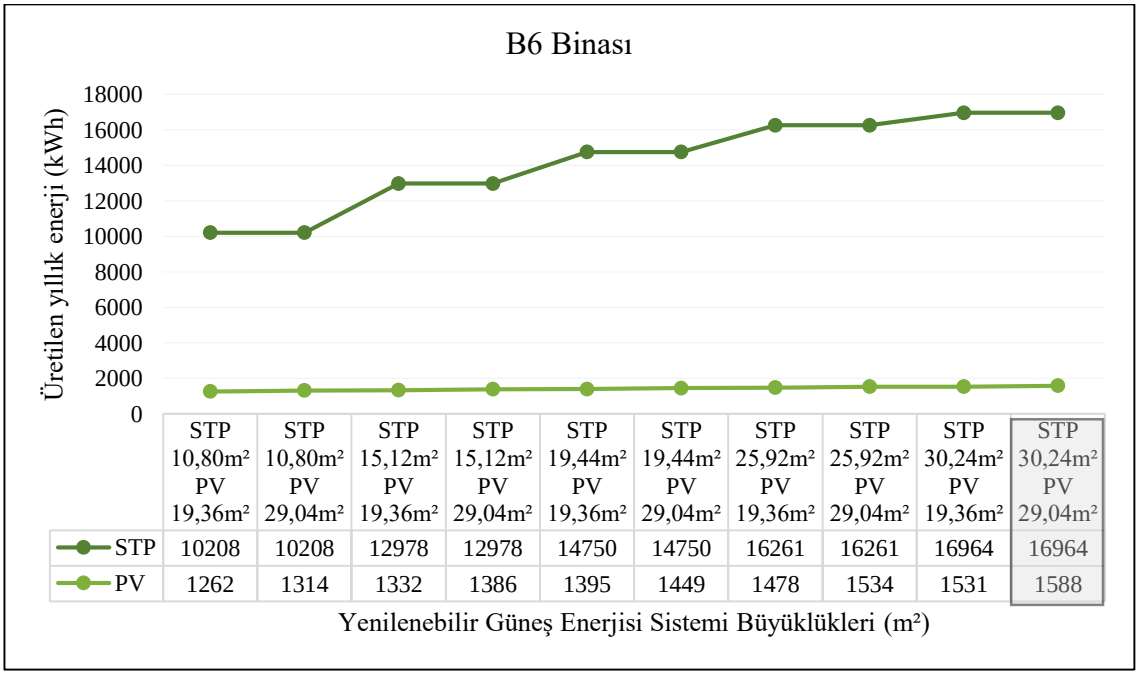
B5 binasının toplam inşaat alanı ve çatı yüzey alanını dikkate aldığımızda 25,92 m² STP ve 29,04 m² PV kullanılmasının yatırım maliyeti ve verim açısından uygun olacağı belirlenmiştir.



	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	5939	5939	6480	6480	7030	7030	7772	7772	8246	8246
PV	653	711	704	762	753	811	823	882	868	928

Şekil 4.15. B5 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

B6 binasının toplam inşaat alanı ve çatı yüzey alanını dikkate aldığımızda 30,24 m² STP ve 29,04 m² PV kullanılmasının yatırım maliyeti ve verim açısından uygun olacağı belirlenmiştir.

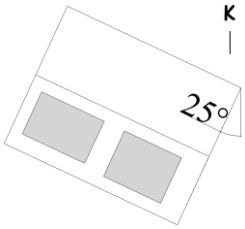
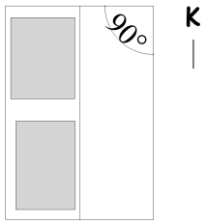
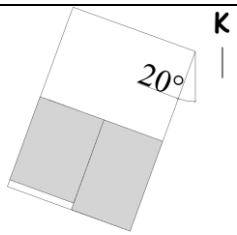
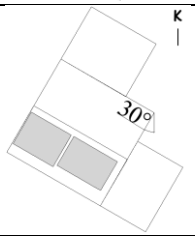
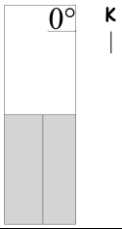


	STP 10,80m² PV 19,36m²	STP 10,80m² PV 29,04m²	STP 15,12m² PV 19,36m²	STP 15,12m² PV 29,04m²	STP 19,44m² PV 19,36m²	STP 19,44m² PV 29,04m²	STP 25,92m² PV 19,36m²	STP 25,92m² PV 29,04m²	STP 30,24m² PV 19,36m²	STP 30,24m² PV 29,04m²
STP	10208	10208	12978	12978	14750	14750	16261	16261	16964	16964
PV	1262	1314	1332	1386	1395	1449	1478	1534	1531	1588

Şekil 4.16. B6 binası yenilenebilir güneş enerjisi sistemi büyüklükleri

Yapılan çalışmalarla binalar için belirlenen optimum güneş enerjisi sistemi büyüklükleri Çizelge 4.5'te yer verilmektedir.

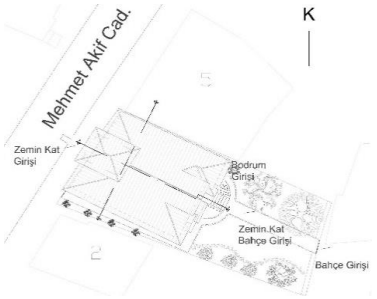
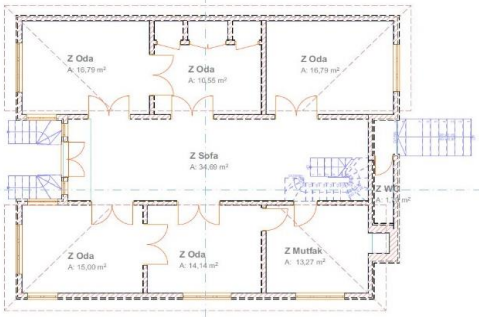
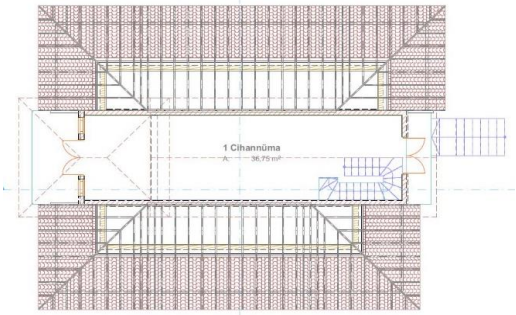
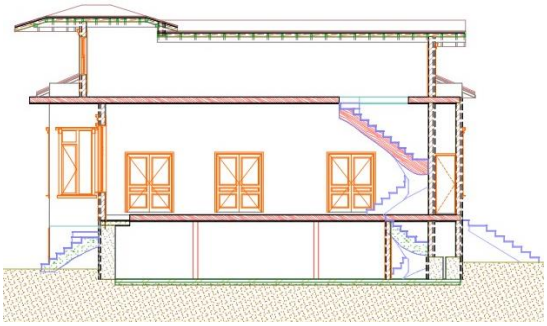
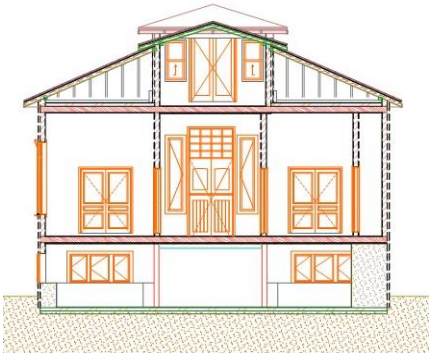
Çizelge 4.5. Binaların optimum yenilenebilir güneş enerji sistem büyüklükleri

		Yenilenebilir Enerji Kaynakları	
		STP (m²)	**PV (m²)**
B1		19,44	19,36
B2		19,44	19,36
B3		19,44	19,36
B4		19,44	19,36
B5		25,92	29,04
B6		30,24	29,04

4.3.1. B1 Binası

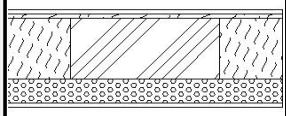
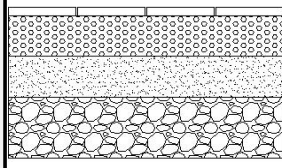
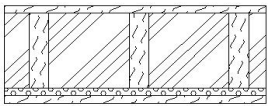
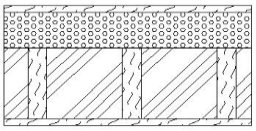
B1 binası Camikebir Mahallesi'nde bulunmaktadır. Ahşap iskelet yapım sistemiyle 2 katlı ve bitişik nizamlı olarak inşa edilen binanın zemin kat alanı 150 m²'dir. B1 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.6'da yer verilmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. B1 bina özellikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B1 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Ahşap İskelet</td><td>İmar Durumu</td><td>Bitişik</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+1/ Bodrumlu</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">Camikebir (Demirtaş) Mah.
Mehmet Akif Cad No:16
Merkez/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>150 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>308 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3">
</td><td colspan="3">
</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B1 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özelliklerine Çizelge 4.7'da yer verilmektedir.

Çizelge 4.7. B1 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçıpan (2 cm)	0,25	900	1000	6,75	0,39
		Ahşap İskelet Duvar (15 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32
		Tuğla Dolgu (15 cm)	0,148	694	920	6	0,48
		EPS (10 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,12
Zemin Döşeme		Doğal Taş (3 cm)	0,93	1800	840	1,2	0,07
		Yapıştırıcı (3 cm)	0,7	1400	880	0,72	0,088
		Buhar Kesici (1 cm)	0,5	980	1800	76,7	1,93
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Geçirimsiz Şap (3 cm)	0,14	400	1000	8	1,2
		Grobeton (10 cm)	0,7	1400	880	0,72	0,088
		Blokaj (15 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Ahşap Tavan (2 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32
		Ahşap Dikme (15 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32
		Tuğla Dolgu (15 cm)	0,148	694	920	6	0,48
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Ahşap Tavan (2 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Ahşap Dikme (15 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32
		Tuğla Dolgu (15 cm)	0,148	694	920	6	0,48
		Ahşap Tavan (2 cm)	0,13	600	2500	7,11	0,32

Ahşap iskelet sistemle inşa edilen B1 binasının yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 1,47 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 120,27 kWh/m², enerji tüketimi 132,38 kWh/m² ve saydam yüzey oranı %6 olarak bulunmuştur.

B1 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değerinin 0,58 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisinin 56,50 kWh/m², enerji tüketiminin ise 68,62 kWh/m² olarak bulunmuştur.

B1 binasının yalıtımlı (Y) ve yalıtımsız (YZ) durumu değerlendirildiğinde ortalama ısıl geçirgenlik değerinde %60, yıllık net ısıtma enerjisinde %54, enerji tüketiminde ise %50 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtımsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji değerlendirmesine Çizelge 4.8'de yer verilmektedir. B1 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı, yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %60, birincil enerji tüketiminde %54; sıcak su ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %100, birincil enerji tüketiminde %10; aydınlatma ve ekipmanlarda CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %15, birincil enerji tüketiminde %10 oranında tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %62, ikincilde (elektrik) %15 tasarruf sağladığı görülmektedir.

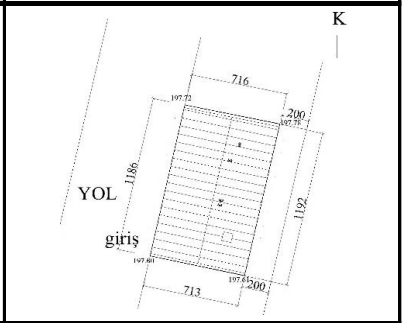
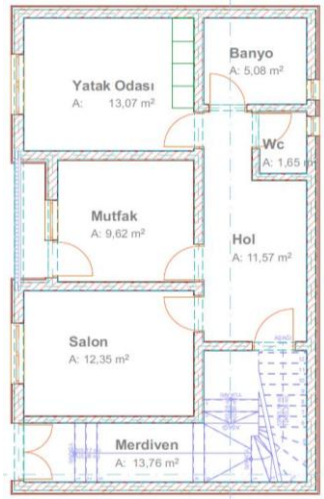
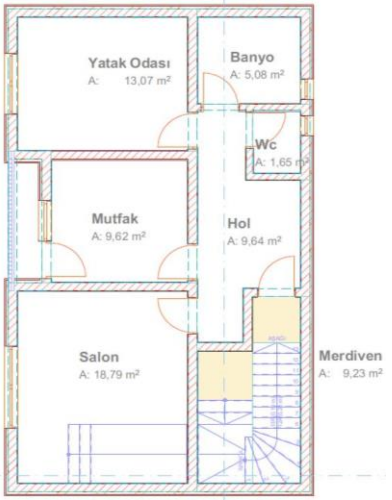
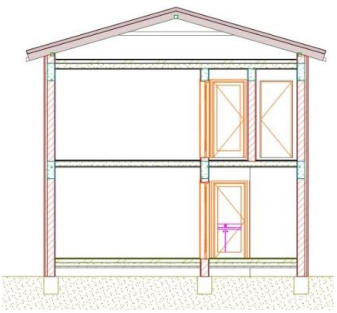
Çizelge 4.8. B1 binasının sonuçların değerlendirmesi

			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)	Yıllık Enerji Maliyeti (TL)
YZ	İhtiyaç	Isıtma	35750	7020	3662
		Sıcak Su	2040	400	209
		Aydınlatma ve Ekipman	4254	294	654
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	37791	7420	3871
		İkincil (Elektrik)	4254	294	654
Y	İhtiyaç	Isıtma	16774	3293	1718
		Sıcak Su	2040	400	209
		Aydınlatma ve Ekipman	4250	294	653
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	18815	3694	1927
		İkincil (Elektrik)	4250	294	653
Y-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	16576	2864	1494
		Sıcak Su	1855	0	0
		Aydınlatma ve Ekipman	3844	252	559
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	4044	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	14589	2864	1494
		İkincil (Elektrik)	3641	252	559
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

4.3.2. B2 Binası

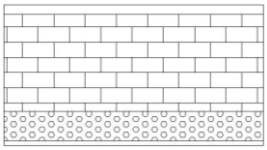
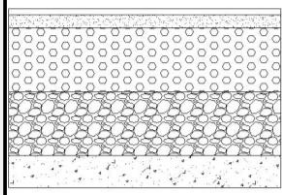
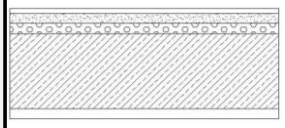
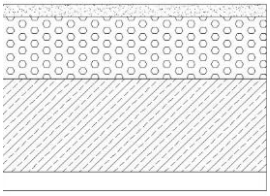
B2 binası Karacaibrahim Mahallesi'nde bulunmaktadır. Yığma tuğla yapım sistemiyle 2 katlı ve bitişik nizamlı olarak inşa edilen binanın zemin kat alanı 80 m²'dir. B2 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.9'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.9. B2 bina özellikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B2 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Yığma</td><td>İmar Durumu</td><td>Bitişik</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+1/ Bodrumsuz</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">Karacaibrahim Mah. 10 Vahit Lütfi Salcı Sok. No: Merkez/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>80 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>160 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3">
</td><td colspan="3">
</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B2 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özelliklerine Çizelge 4.10'da yer verilmektedir.

Çizelge 4.10. B2 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
		Taşıyıcı Tuğla (20 cm)	0,6	1500	840	3	0,24
		EPS (10 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,12
Zemin Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Geçirimsiz Şap (3 cm)	0,14	400	1000	8	1,2
		Grobeton (10 cm)	1,15	1800	1000	0,74	0,107
		Blokaj (5 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Betonarme D. (15 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Betonarme D. (15 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13

Yığma tuğla ile inşa edilen B2 binasının yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 2,32 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 125,07 kWh/m², enerji tüketimi 136,17 kWh/m² ve saydam yüzey alanı %3 olarak bulunmuştur.

B2 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,62 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 38,30 kWh/m², enerji tüketimi 49,41 kWh/m² ve saydam yüzey oranının %3 olduğu görülmektedir.

B2 binasının ısı yalıtımsız (YZ) ve yalıtımlı (Y) durumu değerlendirildiğinde ortlama ısıl geçirgenlik değerinde %73, yıllık net ısıtma enerjisinde %70, enerji tüketiminde ise %64 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtımsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji değerlendirmesine Çizelge 4.11'de yer verilmektedir. B2 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı durumda yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında yıllık CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %72, yıllık birincil enerji tüketiminde %70; sıcak su ihtiyacında yıllık CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %97, yıllık birincil enerji tüketiminde %9; aydınlatma ve ekipman ihtiyacında yıllık CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %22, yıllık birincil enerji tüketiminde %14 oranında tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %73, ikincilde (elektrik) %22 tasarruf sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.11. B2 binasının sonuçlarının değerlendirmesi

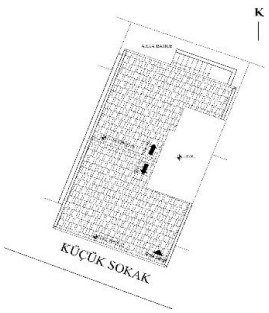
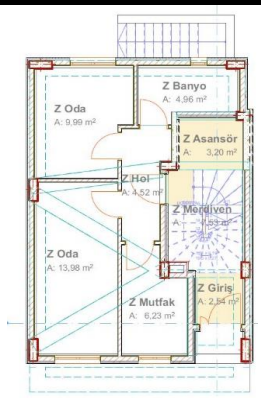
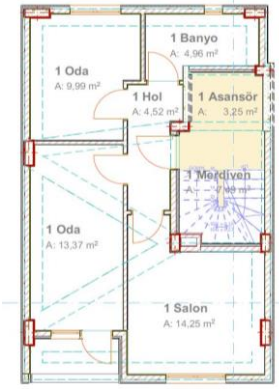
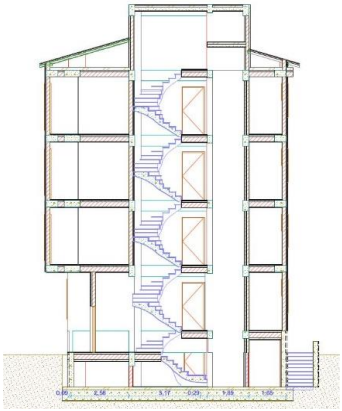
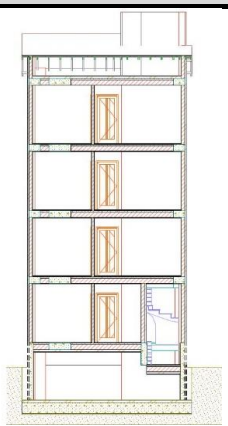
			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	**Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)**	**Yıllık Enerji Maliyeti (TL)**
YZ	İhtiyaç	Isıtma	28377	5572	2907
		Sıcak Su	1436	282	147
		Aydınlatma ve Ekipman	2953	204	454
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	29813	5854	3054
		İkincil (Elektrik)	2953	204	454
Y	İhtiyaç	Isıtma	8690	1706	890
		Sıcak Su	1436	282	147
		Aydınlatma ve Ekipman	2953	204	454
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	10127	1988	1037
		İkincil (Elektrik)	2953	204	454
Y-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	8637	1591	830
		Sıcak Su	1315	9	5
		Aydınlatma ve Ekipman	2542	161	359
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	1999	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	8150	1600	835
		İkincil (Elektrik)	2345	162	360
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

4.3.3. B3 Binası

B3 binası Camikebir (Demirtaş) Mahallesi'nde bulunmaktadır. Betonarme yapım sistemiyle 4 katlı ve bitişik nizamlı inşa edilen binanın zemin kat alanı 68 m²'dir.

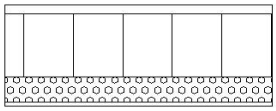
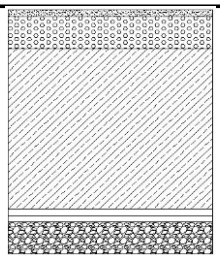
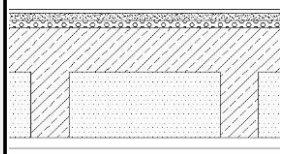
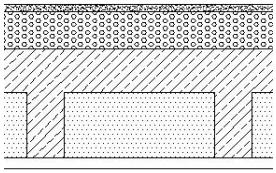
B3 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.12'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.12. B3 bina özellikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B3 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Betonarme</td><td>İmar Durumu</td><td>Bitişik</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+3/ Bodrumlu</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">Camikebir (Demirtaş) Mah. Küçük Sok. No: Merkez/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>68 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>338 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3">
</td><td colspan="3">
</td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B3 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özelliklerine Çizelge 4.13'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.13. B3 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
		Gazbeton (20 cm)	0,15	510	1050	0,61	0,064
		EPS (6 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,12
Zemin Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Radye Temel (50 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Grobeton (10 cm)	1,15	1800	1000	0,74	0,107
		Blokaj (5 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13

Betonarme yapım sistemi ile inşa edilen B3 binasının ısı yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,98 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 51,77 kWh/m², enerji tüketimi 63,86 kWh/m² ve saydam yüzey alanı %5 olarak bulunmuştur.

B3 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,55 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 32,58 kWh/m², enerji tüketimi 44,65 kWh/m² ve saydam yüzey oranının %5 olduğu görülmektedir.

B3 binasının ısı yalıtımsız (YZ), yalıtımlı (Y) durumu değerlendirildiğinde ortalama ısıl geçirgenlik değerinde %48, yıllık net ısıtma enerjisinde %45, enerji tüketiminde ise %30 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtmsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji değerlendirmesine Çizelge 4.14'de yer verilmektedir. B3 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı, yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %48, birincil enerji tüketiminde %38; sıcak su ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %100, birincil enerji tüketiminde %10; aydınlatma ve ekipman ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %18, birincil enerji tüketiminde %12 tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %54, ikincilde (elektrik) %18 tasarruf sağladığı görülmektedir.

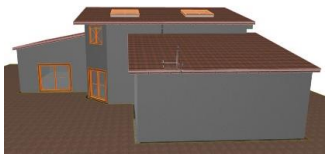
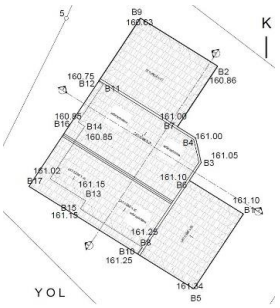
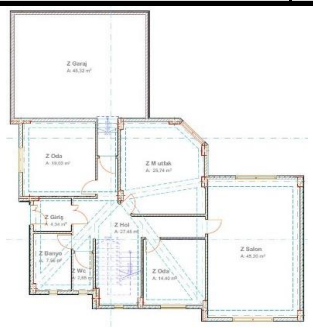
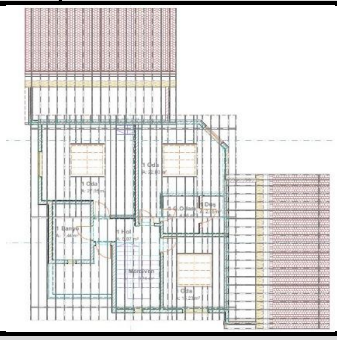
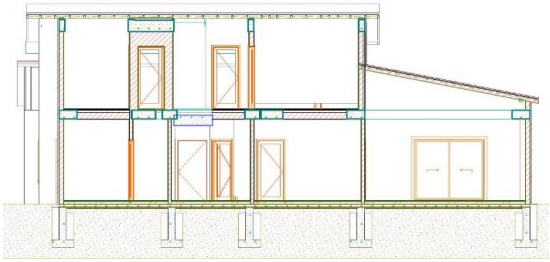
Çizelge 4.14. B3 binasının sonuçlarının değerlendirmesi

			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)	Yıllık Enerji Maliyeti (TL)
YZ	İhtiyaç	Isıtma	16287	3198	1668
		Sıcak Su	2283	448	233
		Aydınlatma ve Ekipman	4145	287	637
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	18571	3646	1902
		İkincil (Elektrik)	4145	287	637
Y	İhtiyaç	Isıtma	10270	2016	1052
		Sıcak Su	2281	448	233
		Aydınlatma ve Ekipman	4152	287	638
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	12552	2464	1286
		İkincil (Elektrik)	4152	287	638
Y-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	10120	1691	882
		Sıcak Su	2074	0	0
		Aydınlatma ve Ekipman	3658	236	524
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	3826	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	8615	1691	882
		İkincil (Elektrik)	3411	236	524
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

4.3.4. B4 Binası

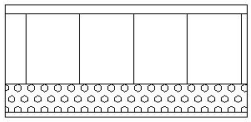
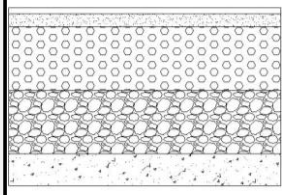
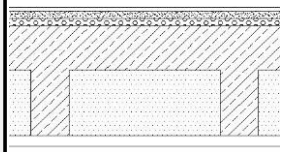
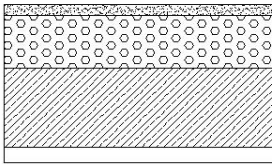
B4 binası Kavaklı ilçesinde bulunmaktadır. Betonarme yapım sistemiyle 2 katlı ve ayrık nizamlı inşa edilen binanın zemin kat alanı 220 m²'dir. B4 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.15'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.15. B4 bina özelikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B4 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Betonarme</td><td>İmar Durumu</td><td>Ayrık</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+1/ Bodrumsuz</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">Kavaklı/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>220 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>326 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B4 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özellikleri Çizelge 4.16'de yer almaktadır.

Çizelge 4.16. B4 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
		Gazbeton (20 cm)	0,15	510	1050	0,61	0,064
		EPS (6 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,2
Zemin Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Geçirimsiz Şap (3 cm)	0,14	400	1000	8	1,2
		Grobeton (10 cm)	1,15	1800	1000	0,74	0,107
		Blokaj (5 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Betonarme D. (12 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13

Betonarme yapım sistemi ile inşa edilen B4 binasının ısı yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 1,38 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 155,13 kWh/m², enerji tüketimi 172,50 kWh/m² ve saydam yüzey alanı %4 olarak bulunmuştur.

B4 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,52 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 77,66 kWh/m², enerji tüketimi 95,04 kWh/m² ve saydam yüzey oranının %4 olduğu görülmektedir.

B4 binasının ısı yalıtımsız (YZ) ve ısı yalıtımlı (Y) durumu değerlendirildiğinde ortalama ısıl geçirgenlik değerinde %62, yıllık net ısıtma enerjisinde %50, enerji tüketiminde ise %45 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtımsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji değerlendirmesine Çizelge 4.17'de yer verilmektedir. B4 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı, yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %53, birincil enerji tüketiminde %51; sıcak su ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %96, birincil enerji tüketiminde %9; aydınlatma ve ekipmanlarda CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %6, birincil enerji tüketiminde %4 oranında tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %56, ikincilde (elektrik) %5 tasarruf sağladığı görülmektedir.

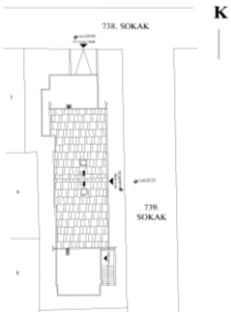
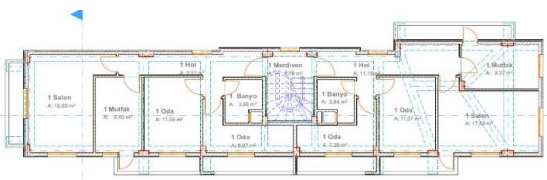
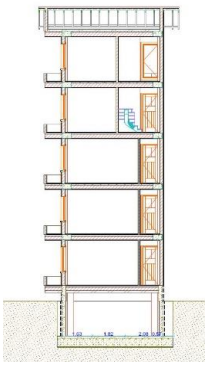
Çizelge 4.17. B4 binasının sonuçlarının değerlendirmesi

			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)	Yıllık Enerji Maliyeti (TL)
YZ	İhtiyaç	Isıtma	47117	9252	4827
		Sıcak Su	3360	659	344
		Aydınlatma ve Ekipman	5227	361	803
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	50477	9912	5171
		İkincil (Elektrik)	5227	361	803
Y	İhtiyaç	Isıtma	23565	4627	2414
		Sıcak Su	3360	659	344
		Aydınlatma ve Ekipman	5223	361	803
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	26926	5287	2758
		İkincil (Elektrik)	5223	361	803
I-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	23463	4406	2299
		Sıcak Su	3076	29	16
		Aydınlatma ve Ekipman	5047	343	762
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	4029	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	22586	4435	2314
		İkincil (Elektrik)	4970	344	764
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

4.3.5. B5 Binası

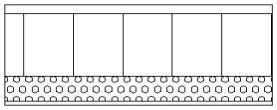
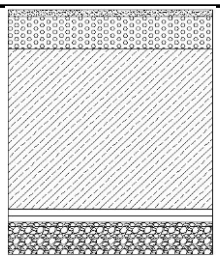
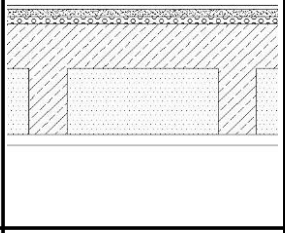
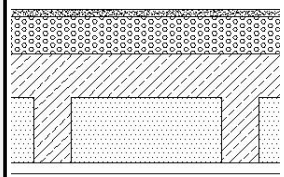
B5 binası Camikebir (Demirtaş) Mahallesi'nde bulunmaktadır. Betonarme yapım sistemiyle 4 katlı ve ayrık nizamlı inşa edilen binanın zemin kat alanı 182 m²'dir. B5 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.18'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.18. B5 bina özellikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B5 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Betonarme</td><td>İmar Durumu</td><td>Ayrık</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+3/ Bodrumlu</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">Camikebir (Demirtaş) Mah. 739 Sok. No: Merkez/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>182 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>912 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B5 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özelliklerine Çizelge 4.19'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.19. B5 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
		Gazbeton (20 cm)	0,15	510	1050	0,61	0,064
		EPS (6 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,12
Zemin Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Radye Temel (50 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Grobeton (10 cm)	1,15	1800	1000	0,74	0,107
		Blokaj (5 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13

Betonarme yapım sistemi ile inşa edilen B5 binasının ısı yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 1,05 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 72,93 kWh/m², enerji tüketimi 86,01 kWh/m² ve saydam yüzey alanı %8 olarak bulunmuştur.

B5 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,65 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 45,29 kWh/m², enerji tüketimi 58,85 kWh/m² ve saydam yüzey oranının %8 olduğu görülmektedir.

B5 binasının ısı yalıtımsız (YZ) ve yalıtımlı (Y) durumu değerlendirildiğinde ortalama ısıl geçirgenlik değerinde %38, yıllık net ısıtma enerjisinde %38, enerji tüketiminde ise %32 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtımsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji

değerlendirmesine Çizelge 4.20'de yer verilmektedir. B5 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı durumda yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %44, birincil enerji tüketiminde %42; sıcak su ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %100, birincil enerji tüketiminde %9; aydınlatma ve ekipmanlarda CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %17, birincil enerji tüketiminde %11 oranında tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %49, ikincilde (elektrik) %15 tasarruf sağladığı görülmektedir.

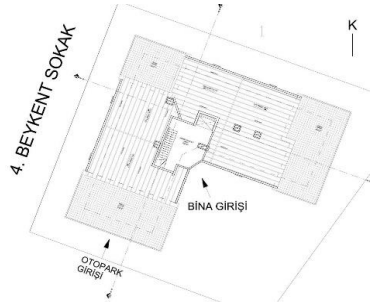
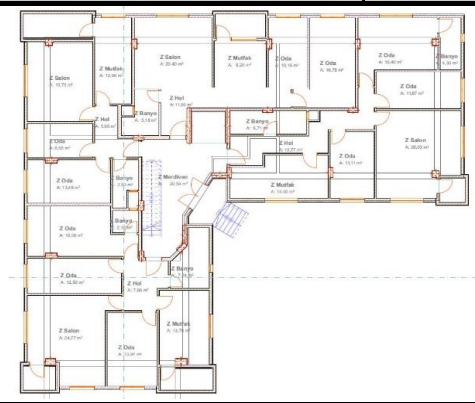
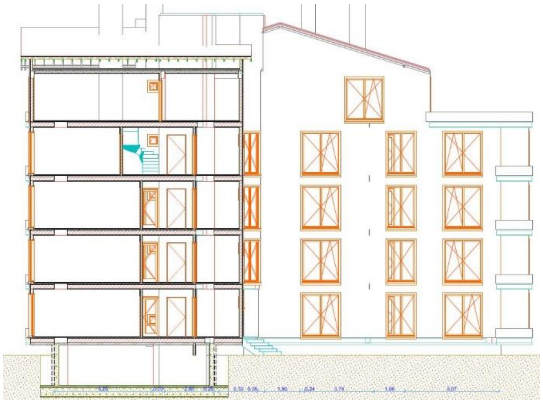
Çizelge 4.20. B5 binasının sonuçlarının değerlendirmesi

			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	**Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)**	**Yıllık Enerji Maliyeti (TL)**
YZ	İhtiyaç	Isıtma	66000	13031	6799
		Sıcak Su	7000	1378	719
		Aydınlatma ve Ekipman	13000	920	2044
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	73000	14410	7518
		İkincil (Elektrik)	13000	920	2044
Y	İhtiyaç	Isıtma	39036	7665	3998
		Sıcak Su	7000	1377	718
		Aydınlatma ve Ekipman	12000	880	1955
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	46036	9041	4717
		İkincil (Elektrik)	12000	880	1955
Y-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	38887	7355	3838
		Sıcak Su	6381	6	3
		Aydınlatma ve Ekipman	11633	767	1704
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	8314	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	37492	7362	3841
		İkincil (Elektrik)	11094	768	1705
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

4.3.6. B6 Binası

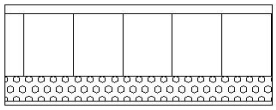
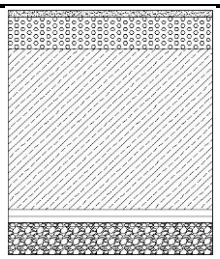
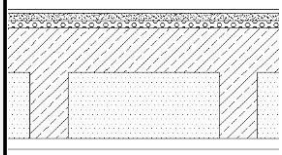
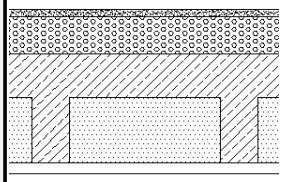
B6 binası İstasyon Mahallesi'nde bulunmaktadır. Betonarme yapım sistemiyle 4 katlı ve ayrık nizamlı olarak inşa edilen binanın zemin kat alanı 312 m²'dir. B6 binasına ait diğer parametre bilgileri ve çizimlerine Çizelge 4.21'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.21. B6 bina özellikleri

<table>
<tr><th colspan="6">B6 Bina Özellikleri</th></tr>
<tr><td colspan="2">Taşıyıcı Sistem</td><td colspan="2">Betonarme</td><td>İmar Durumu</td><td>Ayrık</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kat Adedi</td><td colspan="2">Z+3/ Bodrumlu</td><td rowspan="2">Konum</td><td rowspan="2">İstasyon Mah. 1118 Sok. No: Merkez/ KIRKLARELİ</td></tr>
<tr><td>Taban Alanı</td><td>312 m²</td><td>T İnşaat Alanı</td><td>2450 m²</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mevcut Görünüm</td><td colspan="2">Model Görünümü</td><td colspan="2">Vaziyet Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Zemin Kat Planı</td><td colspan="3">1. Kat Planı</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">A-A Kesiti</td><td colspan="3">B-B Kesiti</td></tr>
</table>

B6 binasının yapı elemanlarını oluşturan malzemeler ve termofiziksel özelliklerine Çizelge 4.22'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.22. B6 binası malzeme özellikleri

Yapı Malzemeleri		Malzeme	Isıl İletkenliği (W/mK)	Yoğunluk (kg/m³)	Isı Kapasitesi (c) (J/kgK)	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Karbon (kg/CO²kg)
Duvar		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
		Gazbeton (20 cm)	0,15	510	1050	0,61	0,064
		EPS (6 cm)	0,042	15	1450	76	3,18
		Yalıtım Sıvası (1 cm)	0,3	800	1000	8	1,12
Zemin Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Radye Temel (50 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Grobeton (10 cm)	1,15	1800	1000	0,74	0,107
		Blokaj (5 cm)	0,121	648	920	6	0,48
Ara Kat Döşeme		Seramik (1 cm)	1,5	2000	900	6,5	0,48
		Parke (1 cm)	0,13	500	2500	7,11	0,32
		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (2 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13
Çatı Döşeme		Şap (2 cm)	1,4	2000	1000	0,78	0,113
		EPS (10 cm)	0,036	25	1450	86,6	3,29
		Asmolen D. (30 cm)	2,5	2400	1000	2,33	0,242
		Gazbeton Dolgu (23 cm)	0,2	400	1050	0,55	0,059
		Alçı Sıva (2 cm)	0,57	1300	1000	1,8	0,13

Betonarme yapım sistemi ile inşa edilen B6 binasının ısı yalıtımsız (YZ) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 1,49 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 46,67 kWh/m², enerji tüketimi 60,32 kWh/m² ve saydam yüzey alanı %14 olarak bulunmuştur.

B6 binasının ısı yalıtımlı (Y) durumda ortalama ısıl geçirgenlik değeri 0,75 W/m²K, yıllık net ısıtma enerjisi 29,76 kWh/m², enerji tüketimi 43,43 kWh/m² ve saydam yüzey oranının %14 olduğu görülmektedir.

B6 binasının ısı yalıtımsız (YZ) ve yalıtımlı (Y) durumu değerlendirildiğinde ortalama ısıl geçirgenlik değerinde %50, yıllık net ısıtma enerjisinde %36, enerji tüketiminde ise %28 oranında tasarruf edildiği hesaplanmıştır.

Binanın ısı yalıtımsız (YZ) durumu, yalıtımlı (Y) durumu ile ısı yalıtımlı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı durumda (Y-STP-PV) enerji değerlendirmesine Çizelge 4.23'de yer verilmektedir. B6 binasının yalıtımsız ve yalıtımlı durumda yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binanın ısıtma ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve enerji maliyetinde %37, birincil enerji tüketiminde %37; sıcak su ihtiyacında CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %93, birincil enerji tüketiminde %6; aydınlatma ve ekipmanlarda CO_2 emisyonlarında ve yakıt maliyetinde %10, birincil enerji tüketiminde %6 oranında tasarruf sağlamaktadır. Binanın kaynaklara göre enerji tüketimi değerlendirildiğinde fosilde (doğalgaz) %46, ikincilde (elektrik) %9 tasarruf sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.23. B6 binasının sonuçlarının değerlendirmesi

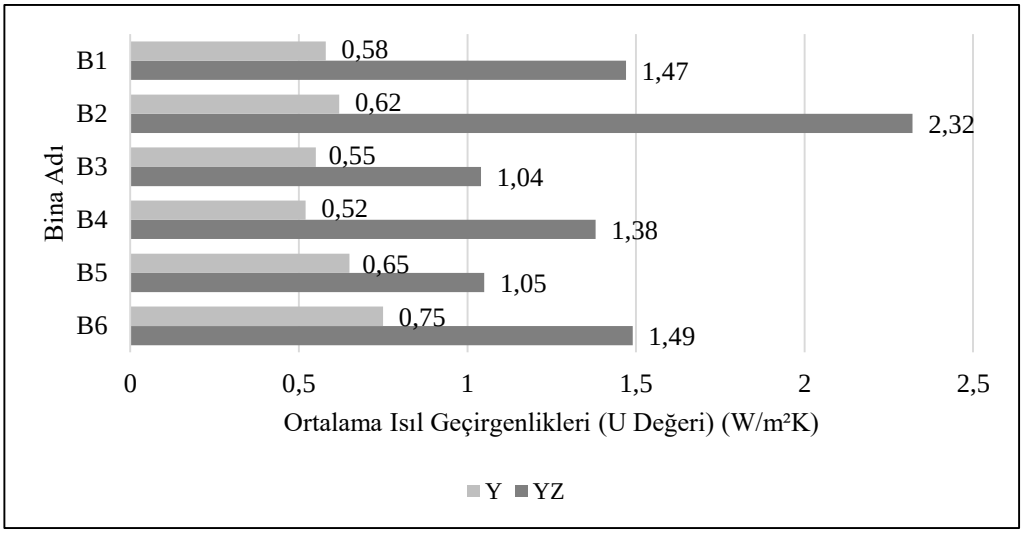
			Yıllık Birincil Enerji Tüketimi (kWh)	**Yıllık CO_2 Emisyonu (kg)**	**Yıllık Enerji Maliyeti (TL)**
YZ	İhtiyaç	Isıtma	112000	22096	11529
		Sıcak Su	19000	3894	2031
		Aydınlatma ve Ekipman	35000	2468	5480
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	132000	25990	13560
		İkincil (Elektrik)	35000	2468	5480
Y	İhtiyaç	Isıtma	71000	14071	7342
		Sıcak Su	19000	3900	2035
		Aydınlatma ve Ekipman	35000	2466	5475
	Kaynak	Fosil (Doğalgaz)	91000	17972	9377
		İkincil (Elektrik)	35000	2466	5475
Y-STP-PV	İhtiyaç	Isıtma	71000	14028	7319
		Sıcak Su	18000	280	148
		Aydınlatma ve Ekipman	33000	2236	4964
	Kaynak	Yenilenebilir (Güneş)	18000	0	0
		Fosil (Doğalgaz)	72000	14307	7465
		İkincil (Elektrik)	32000	2237	4966
YZ: Yalıtımsız			Y: Yalıtımlı		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel					

Binaların yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtımlı duruma ek olarak güneş kolektörü ve fotovoltaik güneş paneli ilave edildiği durumda; saydam yüzey alanları (%), yıllık net ısıtma enerjileri (kWh/m²), yıllık enerji tüketimleri (kWh/m²), birincil enerji tüketimleri (kWh,kWh/m²), yıllık CO_2 emisyonları (kg,kg/m²) ve enerji maliyetlerine (TL,TL/m²) Çizelge 4.24'te yer verilmektedir.

Çizelge 4.24. Binaların enerji, CO_2, maliyet sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi

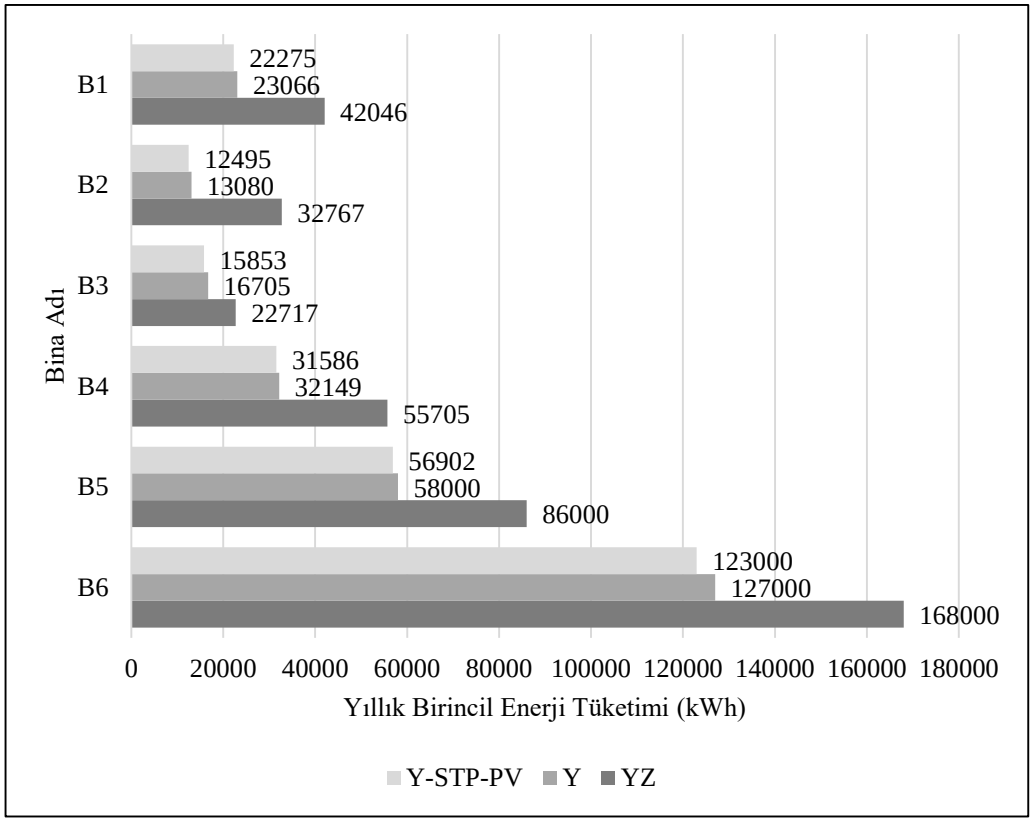
	Bina Durumu	S. Yüzey Alanı	Net Isıtma Enerjisi	Enerji Tüketimi	Birincil Enerji Tüketimi		Yıllık CO_2 Emisyonu		Enerji Maliyeti	
		(%)	(kWh/m²)	(kWh/m²)	(kWh)	(kWh/m²)	(kg)	(kg/m²)	(TL)	(TL/m²)
B1	YZ	6	120,27	132,38	42046	155,60	7715	28,55	4525	16,75
	Y		56,50	68,62	23066	85,45	3989	14,78	2581	9,56
	Y-STP-PV		56,50	68,62	22275	82,53	3117	11,55	2054	7,61
B2	YZ	3	125,07	137,17	32767	158,90	6058	29,37	3508	17,01
	Y		38,30	49,41	13080	63,42	2193	10,63	1491	7,23
	Y-STP-PV		38,30	49,41	12495	60,58	1762	8,55	1195	5,80
B3	YZ	5	58,55	63,38	22717	79,42	3933	13,75	2540	8,88
	Y		32,58	37,41	16705	58,29	2752	9,60	1924	6,72
	Y-STP-PV		32,58	37,41	15853	55,32	1927	6,73	1407	4,91
B4	YZ	5	155,13	172,50	55705	201,70	10274	37,21	5975	21,64
	Y		77,66	95,04	32149	116,50	5649	20,48	3561	12,91
	Y-STP-PV		77,66	95,04	31586	114,50	4749	17,33	3078	11,16
B5	YZ	8	72,93	86,01	86000	104,80	15331	18,53	9563	11,56
	Y		45,29	58,85	58000	75,01	9922	12,67	6672	8,52
	Y-STP-PV		45,29	58,85	56902	72,64	8130	10,38	5546	7,08
B6	YZ	14	46,67	60,32	168000	76,66	28459	12,99	19041	8,69
	Y		29,76	43,43	127000	58,08	20438	9,34	14852	6,78
	Y-STP-PV		29,76	43,43	123000	56,29	16545	7,56	12432	5,68
YZ: Yalıtımsız				Y: Yalıtımlı				S: Saydam		
Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü- Fotovoltaik Panel										

Binaların yalıtımlı ve yalıtımsız durumda ortalama ısıl geçirgenliklerine (U değeri) Şekil 4.17'de yer verilmektedir. Yapım sistemlerine göre ahşap iskelet sistemle bodrumlu olarak inşa edilen B1 binasının yalıtımsız durumda ortalama ısıl geçirgenliği (U değeri) 1,47 W/m²K, yalıtımlı durumda ise 0,58 W/m²K'dir. Yığma yapım sistemiyle bodrumsuz olarak inşa edilen B2 binasının yalıtımsız durumda ortalama ısıl geçirgenliği (U değeri) 2,32 W/m²K, yalıtımlı durumda ise 0,62 W/m²K'dir. Betonarme B3, B4 ve B5 binalarının yalıtımsız durumda ortalama ısıl geçirgenliği (U değeri) 1,04 W/m²K ile 1,49 W/m² aralığında iken, yalıtımlı durumda 0,52 W/m²K ile 0,75 W/m²K arasında değişmektedir.



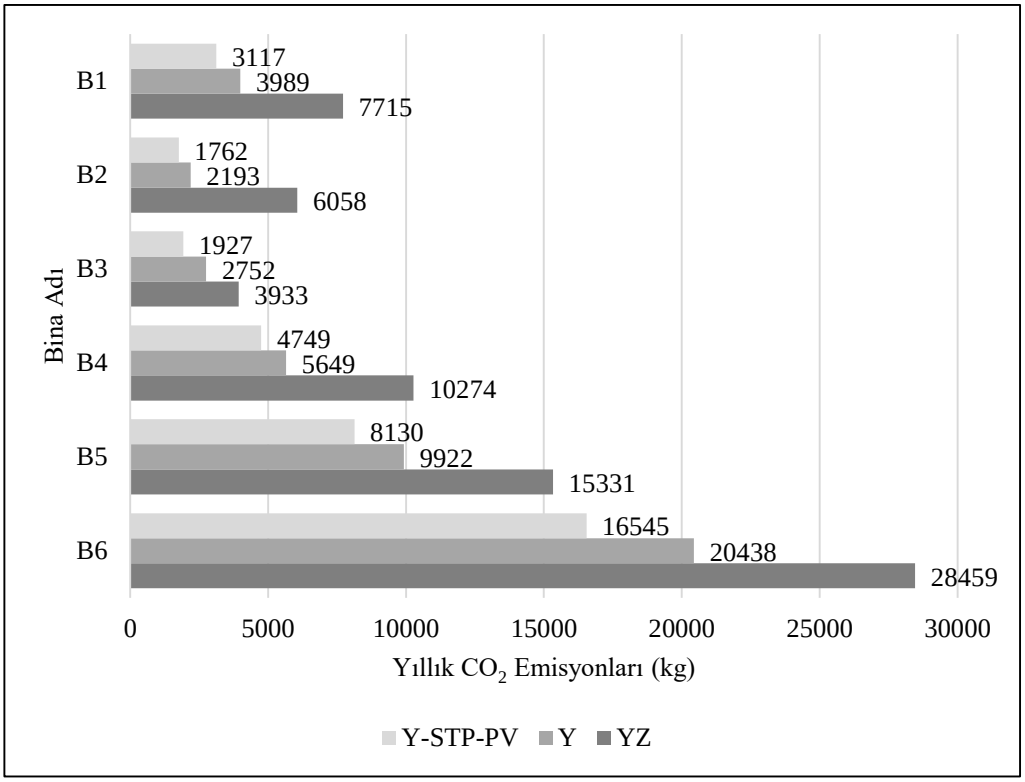
Şekil 4.17. Binaların ortalama ısıl geçirgenlikleri (U değeri)

Binaların yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerjisi sistemlerinin entegre edildiği durumda yıllık birincil enerji tüketimlerine Şekil 4.18'de yer verilmektedir. Binaların yıllık birincil enerji tüketimleri yalıtımsız durumda 22717 kWh ile 168000 kWh; yalıtımlı durumda 13080 kWh ile 127000 kWh; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 12495 kWh ve 123000 kWh aralığında olmaktadır. Yapım sistemlerine göre birincil enerji tüketimleri değerlendirildiğinde ahşap iskelet yapım sistemine sahip B1 binası yalıtımsız durumda 42046 kWh, yalıtımlı durumda 23066 kWh, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 22275 kWh; yığma tuğla yapım sistemine sahip B2 binası yalıtımsız durumda 32767 kWh, yalıtımlı durumda 13080 kWh, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 12495 kWh olmaktadır. Betonarme iskelet yapım sisteminde inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binalarının birincil enerji tüketimleri yalıtımsız durumda 22717 kWh ile 168000 kWh; yalıtımlı durumda 16705 kWh ile 127000 kWh; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 15853 kWh ve 123000 kWh aralığında olmaktadır.



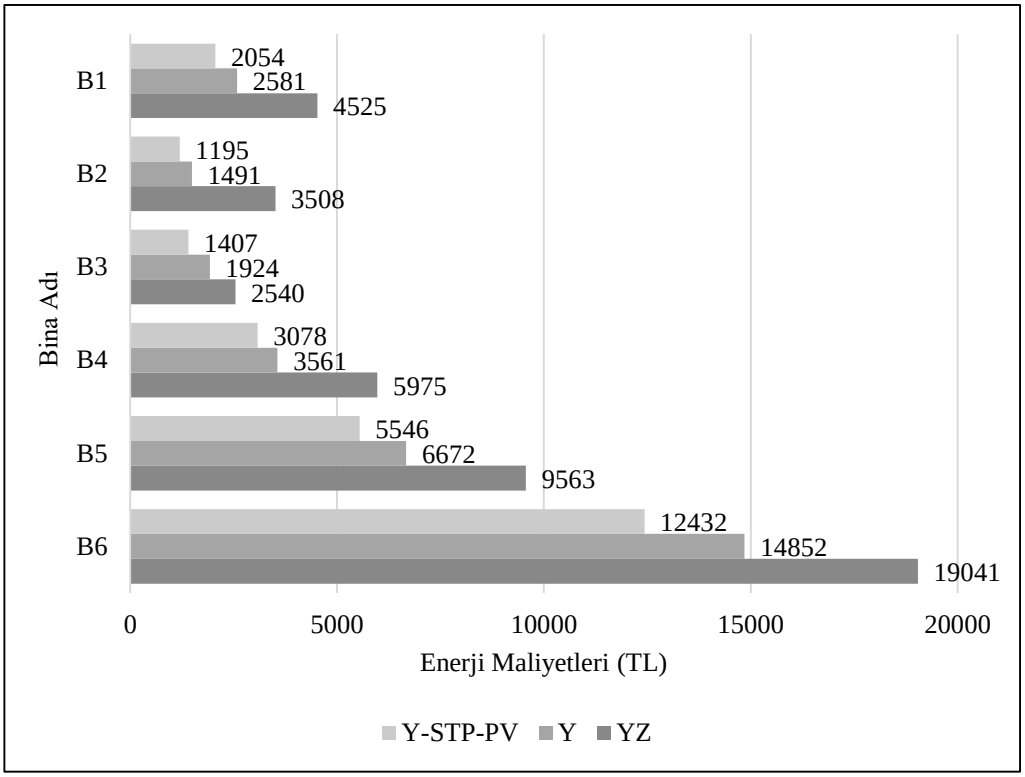
Şekil 4.18. Binaların yıllık birincil enerji tüketimleri (kWh)

Binaların yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerjisi sistemlerinin entegre edildiği durumda yıllık yıllık CO_2 emisyonlarına Şekil 4.19'da yer verilmektedir. Binaların yıllık yıllık CO_2 emisyonları yalıtımsız durumda 3933 kg ile 28459 kg; yalıtımlı durumda 2192 kg ile 20438 kg; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1762 kg ve 16545 kg aralığında olmaktadır. Ahşap iskelet yapım sistemi ile inşa edilen B1 binasının CO_2 emisyonları yalıtımsız durumda 7715 kg, yalıtımlı durumda 3989 kg, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 3117 kg; yığma tuğla yapım sistemi ile inşa edilen B2 binası yalıtımsız durumda 6058 kg, yalıtımlı durumda 2193 kg, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1762 kg olmaktadır. Betonarme yapım sisteminde inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binalarının yıllık CO_2 emisyonları yalıtımsız durumda 3933 kg ile 28459 kg; yalıtımlı durumda 2752 kg ile 20438 kg; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1927 kg ve 16545 kg aralığında olmaktadır.



Şekil 4.19. Binaların yıllık CO_2 emisyonları (kg)

Binaların yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerjisi sistemlerinin entegre edildiği durumda yıllık yıllık enerji maliyetlerine Şekil 4.20'de yer verilmektedir. Binaların yıllık yıllık enerji maliyetleri yalıtımsız durumda 2540 TL ile 19041 TL; yalıtımlı durumda 1491 TL ile 14852 TL; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1195 TL ve 12432 TL aralığında olmaktadır. Ahşap iskelet yapım sistemi ile inşa edilen B1 binasının enerji maliyetleri yalıtımsız durumda 4525 TL, yalıtımlı durumda 2581 TL, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 2054 TL; yığma tuğla yapım sistemi ile inşa edilen B2 binası yalıtımsız durumda 3508 TL, yalıtımlı durumda 1491 TL, yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1195 TL olmaktadır. Betonarme yapım sisteminde inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binalarının enerji maliyetleri yalıtımsız durumda 2540 TL ile 19041 TL; yalıtımlı durumda 1924 TL ile 14852 TL; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 1407 TL ve 12432 TL aralığında olmaktadır.



Şekil 4.20. Binaların yıllık yakıt maliyetleri (TL)

Binaların yalıtımsız, yalıtımlı ve yalıtımlı duruma ek olarak yenilenebilir güneş enerji sistemlerin entegre edildiği durumda; duvar, taban, tavan ve pencere ortalama ısıl geçirgenliklerine (U değeri), kaynaklara göre birincil enerji tüketimlerine, yıllık CO_2 emisyonlarına ve enerji maliyetlerine Çizelge 4.25'te yer verilmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi binaların yapı elemanlarının ısıl geçirgenlikleri (U değerleri) TS 825'e göre tavsiye edilen aralıkta kaldığı görülmektedir (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008). Binaların birincil enerji tüketimleri bina toplam inşaat alanı ve kat adetlerine göre değişmektedir. Ayrıca yenilenebilir güneş enerjisi sistemlerinin entegre edildiği binalarda kullanılan sistem büyüklükleri aynı olmasına rağmen üretilen enerjinin değişken olması binaların yüzey alanı ile ilişkili bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Binaların enerji değerlendirmesi sonuçları

Bina Adı	Bina Durumu	U Değeri (W/m²K)				Birincil Enerji (kWh)			Yıllık CO_2 Emisyonu (kg/m²)		Enerji Maliyeti (TL)	
		U_d	U_t	U_T	U_p	Fosil (Doğalgaz)	İkincil (Elektrik)	Yenilenebilir (Güneş)	Fosil (Doğalgaz)	İkincil (Elektrik)	Fosil (Doğalgaz)	İkincil (Elektrik)
B1	YZ	1,20	1,60	0,80	2,70	37791	4254	0	7420	294	3871	654
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	18815	4250	0	3694	294	1927	653
	Y-STP-PV					14589	3641	4044	2864	252	1494	559
B2	YZ	1,80	4,70	9,10	2,20	29813	2953	0	5854	204	3054	454
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	10127	2953	0	1988	204	1037	454
	Y-STP-PV					8150	2345	1999	1600	162	835	360
B3	YZ	0,60	2,20	1,90	2,20	18571	4145	0	3646	287	1902	637
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	12552	4152	0	2464	287	1286	638
	Y-STP-PV					8615	3411	3826	1691	236	882	524
B4	YZ	0,60	4,70	3,90	2,20	50477	5227	0	9912	361	5171	803
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	26926	5223	0	5287	361	2758	803
	Y-STP-PV					22586	4970	4029	4435	344	2314	764
B5	YZ	0,60	2,20	1,90	2,20	73000	13000	0	14410	920	7518	2044
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	46000	12000	0	9042	881	4718	1955
	Y-STP-PV					37492	11094	8314	7362	768	3841	1705
B6	YZ	0,60	2,20	9,10	2,20	132000	35000	0	25990	2468	13560	5480
	Y	0,30	0,30	0,30	1,70	91000	35000	0	17972	2466	9377	5475
	Y-STP-PV					72000	32000	18000	14307	2237	7465	4966

YZ: Yalıtımsız	Y: Yalıtımlı	Y-STP-PV: Yalıtımlı- Güneş Kolektörü-Fotovoltaik Panel	
U_d : Duvar U Değeri	U_t: Taban U Değeri	U_T: Tavan U Değeri	U_p: Pencere U Değeri

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde enerji tüketiminin büyük bir bölümünün yapı sektöründe kullanılması binaların çevresel etkilerin azaltılması konusundaki çalışmalara olan eğilimi artırmaktadır.

Bu tez çalışmasında alan çalışması olarak belirlenen Kırklareli'nde farklı parametrelere göre seçilen binalar Graphisoft Archicad programı ve Eco Designer Star modülü yardımıyla modellenerek malzeme ve enerji kaynakları üzerindeki çevresel etkileri ile karbon salınımları değerlendirmektedir.

Çalışmada önce literatür taraması yapılıp konuyla ilgili çalışmalar incelenerek alan çalışması olarak seçilen Kırklareli bölgesinden çeşitli parametlere göre seçilmiş binaların Graphisoft Archicad programı ve Eco Designer Star modülü aracılığıyla yalıtımsız ve yalıtımlı durumları model olarak oluşturulmuştur. Program yardımıyla enerji değerlendirmesi raporları elde edilmiştir. Daha sonra binalara yenilenebilir enerji sistemlerinden güneş kolektörü ve fotovoltaik güneş paneli entegre edilmiştir. Binaların ısı yalıtımsız durumu, ısı yalıtımlı durumu ve yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara entegre edildiği durumda oluşturulan enerji analizi raporları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Kırklareli İl'inde 6 farklı özellikte bina seçilmiştir. Binalarda yapım sistemi, kat adedi, imar durumu ve toplam inşaat alanı açısından farklılıklar bulunmaktadır. Elde edilen hesaplama sonuçlarında bina kabuğu ortalama ısıl geçirgenlikleri (U Değeri), net ısıtma enerjisi, enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, yıllık CO_2 emisyonu, yakıt tüketimi ve enerji maliyeti verileri bulunmaktadır (EK 2A-2B).

Binaların yalıtımsız durumda yapım sistemi ve kullanılan malzeme özelliklerine göre duvar, taban ve tavan döşemesi ve pencere gibi yapı elemanlarının ısıl geçirgenliklerinin (U Değeri) renovasyon ile yalıtımlı duruma getirilerek ısıl geçirgenliklerinin (U değeri) aynı değerde olması hedeflenmiştir. Binaların ısı kayıplarını azaltıcı renovasyonu sonucunda; zemin ve çatı döşemelerinde 10 cm, ara katlarda 2 cm, ve duvarlarda ahşap sistemle inşa edilen B1 ve yığma yapım sistemiyle inşa edilen B2 binası için 10 cm, betonarme sistemle inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binaları için 6 cm ısı yalıtımı kalınlığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak binaların kapı pencere gibi yapı elemanlarının da iyileştirildiği düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır (Çizelge 4.25).

Elde dilen hesaplamalar sonucunda binaların yalıtımsız ve yalıtımlı durumları arasında enerji tüketimi ve çevresel etkilerinin oldukça değiştiği tespit edilmiştir. Yalıtımsız ve yalıtımlı durum arasında binaların ısıl geçirgenliklerinde (U değeri) %38-73, yıllık net ısıtma enerjilerinde %36-70, enerji tüketimlerinde ise %28-64 oranında tasarruf sağlandığı görülmüştür. Bu çalışma sonucunda çevresel etkilerin ve CO_2 emisyonlarının azaltılması açısından binaların enerji korunumlu hale getirilmesinin önemi görülmektedir. Ayrıca renovasyon ile yalıtımlı duruma getirilen binaların ısıl geçirgenlikleri (U değerleri) dikkate alındığında TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre 3. Bölgede bulunan yalıtımlı binalar için tavsiye edilen U değerleri sınırları içerisinde kaldığı gözlenmektedir (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008) (Çizelge 4.24).

Bu çalışmada yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara entegre edilmesinin önemi vurgulanmak istenmiştir. Elde edilen sonuçlarda binaların yalıtımlı durumlarına güneş kolektörü (STP) ve fotovoltaik panel (PV) ilave edilmiştir.

Binaların yalıtımsız durumda net ısıtma enerjileri 46,67 kWh/m² ve 155,13 kWh/m², yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 29,76 kWh/m² ve 77,66 kWh/m² aralığında değişmektedir (Çizelge 4.24). B1 ve B2 binasının sırasıyla yalıtımsız durumda net ısıtma enerjisi 120,27 kWh/m², 125,07 kWh/m²; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 56,5 kWh/m², 38,3 kWh/m² olarak bulunmuştur. Betonarme yapım sistemiyle inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binalarının sırasıyla yalıtımsız durumda net ısıtma enerjisi

58,55 kWh/m², 155,13 kWh/m², 72,93 kWh/m², 46,67 kWh/m²; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 32,58 kWh/m², 77,66 kWh/², 45,29 kWh/m², 29,76 kWh/m² olarak bulunmuştur. Binaların yalıtımlı durumda net ısıtma enerjileri değerlendirildiğinde B6 binasının net ısıtma enerjisinin diğer binalardan düşük olması bina taban alanı ve kat adedine bağlı olarak kullanıcı sayısının fazla olması ve bina kabuğundan kaynaklı ısı kayıplarının az olması ile ilişkilendirilmiştir. B4 binasında net ısıtma enerjisinin yüksek olması ise mevcut bina planının kompakt olmamasına bağlı olarak bina kabuğundan ısı kayıplarının çok olmasıyla ilişkili olabileceği belirlenmiştir.

Binaların yalıtımsız durumda enerji tüketimleri 60,32 kWh/m² ve 172,5 kWh/m², yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 37,41 kWh/m² ve 95,04 kWh/m² aralığında değişmektedir (Çizelge 4.24). B1 ve B2 binasının sırasıyla yalıtımsız durumda enerji tüketimi 132,38 kWh/m², 137,17 kWh/m²; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 68,62 kWh/m², 49,41 kWh/m² olarak bulunmuştur. Betonarme yapım sistemiyle inşa edilen B3, B4, B5 ve B6 binalarının sırasıyla yalıtımsız durumda enerji tüketimi 63,38 kWh/m², 172,5 kWh/m², 86,01 kWh/m², 60,32 kWh/m²; yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 37,41 kWh/m², 95,04 kWh/², 58,85 kWh/m², 46,43 kWh/m² olarak bulunmuştur. Binaların yalıtımlı durumda enerji tüketimleri değerlendirildiğinde B3 binasının enerji tüketiminin diğer binalardan düşük olması bitişik nizamlı inşa edilen binanın taban alanının da küçük olmasıyla ilişkilendirilmiştir. B4 binasında enerji tüketiminin yüksek olması ise mevcut bina planının kompakt olmamasına bağlı olarak bina kabuğundan ısı kayıplarının çok olmasıyla ilişkili olabileceği belirlenmiştir.

Avrupa birliği sera gazı azaltımı, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği ile ilgili 2020-2030 ve 2050 hedefleri bulunmaktadır. 2020'de sera gazı emisyonlarının %20 oranında azaltılması ve toplam enerji tüketiminin %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi; 2030'da sera gazı emisyonlarının en az %40 oranında azaltılması ve toplam enerji tüketiminin en az %27 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi; 2050 yılında ise sera gazı emisyonlarının %80-90 oranında azaltılması hedeflenmektedir (European Union, 2017).

Uluslararası alanda binaların yıllık enerji tüketim sınıfları incelendiğinde pasif binalar ≤15 kWh/m², en düşük enerjili binalar ≤25 kWh/m², düşük enerjili binalar ≤50 kWh/m², eski binalar ≤100-250 kWh/m² olarak sınıflandırılmaktadır (Energy Tirol, 2009). Binaların yalıtımsız durumda yıllık enerji tüketimleri değerlendirildiğinde 60,32 kWh/m² ve 172,5 kWh/m² ile eski binalar için belirlenen enerji tüketim değerleri aralığında kaldığı görülmektedir. Yalıtımlı ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda binaların enerji tüketimlerinin 37,41 kWh/m² ve 95,04 kWh/m² aralığında olması B2, B3 ve B6 binalarının düşük enerjili binalar sınıfında yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.24).

Binaların yalıtımsız durumda birincil enerji tüketimleri 76,66 kWh/m² ve 201,74 kWh/m², yalıtımlı durumda 58,08 kWh/m² ve 116,54 kWh/m², yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 55,32 kWh/m² ve 114,5 kWh/m² aralığında değişmektedir (Çizelge 4.24). B1, B2 ve B4 1-2 katlı binaların yıllık birincil enerji tüketimi, 3-5 katlı B3, B5 ve B6 binalarından yüksek olduğu gözlenmektedir. Betonarme yapım sistemiyle inşa edilen B4 binasında planlamanın kompakt olmaması binanın birincil enerji tüketiminin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Betonarme iskelet sistemiyle inşa edilen B3 binasının birincil enerji tüketiminin düşük olması yapı taban alanının küçük ve bitişik nizamlı inşa edilmiş olmasıyla ilişkilendirilmektedir.

Binaların yalıtımsız durumda CO_2 emisyonları 12,99 kg/m² ve 37,21 kg/m², yalıtımlı durumda 9,34 kg/m² ve 20,48 kg/m², yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 6,73 kg/m² ve 17,33 kg/m² aralığında değişmektedir (Çizelge 4.24). Binaların toplam CO_2 emisyonları toplam inşaat alanı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir. B1, B2 ve B4 binaları az katlı bina sınıfında bulunmasına rağmen B3 binasından daha yüksek CO_2 emisyonuna sahip olması; B3 binasının bitişik nizamlı ve küçük taban alanından kaynaklanan enerji tüketiminin düşük olmasıyla ilişkili olabileceği belirlenmiştir.

Binaların enerji tüketimlerine bağlı olarak gerçekleşen karbon salınımları bina büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ancak doğru yenilenebilir enerji kaynakları tasarımı ile binaların karbon salınımları azaltmak mümkündür.

Binaların yalıtımsız durumda enerji maliyetleri 8,69 TL/m² ve 21,64 TL/m², yalıtımlı durumda 6,72 TL/m² ve 12,91 TL/m², yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji

sistemlerinin entegre edildiği durumda 5,68 TL/m² ve 11,16 TL/m² aralığında değişmektedir (Çizelge 4.24). Binalar imar durumuna göre değerlendirildiğinde bitişik nizamlı B1, B2 ve B3 binalarının yakıt maliyetleri yalıtımlı durumda 6,72 TL/m² ve 9,56 TL/m² aralığında iken yalıtımlı ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 4,91 TL/m² ve 7,61 TL/m² aralığında olmaktadır. Ayrık nizamlı B4, B5 ve B6 binalarının yakıt maliyetleri yalıtımlı durumda 6,78 TL/m² ve 12,91 TL/m² aralığında iken yalıtımlı ve yenilenebilir enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda 5,68 TL/m² ve 11,16 TL/m² aralığında olmaktadır. Buna göre imar durumu ile binaların yakıt maliyetleri arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Bitişik nizamlı B1, B2 ve B3 binalarının ayrık nizamlı B4, B5 ve B6 binalarına göre yakıt maliyetlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda binaların yalıtımsız durum ile yalıtımlı duruma ek olarak yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin ilave edildiği durumları karşılaştırıldığında yıllık birincil enerji tüketiminde, yıllık CO_2 emisyonunda, enerji maliyetlerinde kullanılan kaynağa göre fosil kaynakta (doğalgaz) %45 ile %70, ikincil kaynakta (elektrik) %5 ile %21 oranında, yıllık toplam enerji tüketimleri değerlendirildiğinde ise %65 ile %35 oranında iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Binaların yalıtımlı durum ile yalıtımlı duruma ek olarak yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin ilave edildiği durumları karşılaştırıldığında ise yıllık birincil enerji tüketiminde, yıllık CO_2 emisyonunda, enerji maliyetlerinde kullanılan kaynağa göre fosil kaynakta (doğalgaz) %17 ile %32, ikincil kaynakta (elektrik) %5 ile %18 oranında, yıllık toplam enerji tüketimleri değerlendirildiğinde ise %16 ile %30 oranında iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Binalarda kullanılan yenilenebilir güneş enerji sistemlerinde binaların imar durumlarının (ayrık/bitişik) ve bina toplam yüzey alanının (kat adedi) binaların ısı kazanımlarında etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle çok katlı betonarme yapılarda yenilenebilir güneş enerji sistemlerine etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Türkiye Dünya üzerindeki diğer bölgelerden daha yüksek güneş ışınımına sahiptir. Ancak çalışmanın yapıldığı Kırklareli İl'i Türkiye'de yenilenebilir güneş enerji potansiyeli açısından en az güneş ışınımına sahip bir bölgede bulunmaktadır. Bu çalışmada Kırklareli İl'i coğrafi özellikleri ile ele alınarak hesaplara yansıtılmıştır.

Kırklareli, Türkiye genelinde değerlendirildiğinde güneş potansiyeli açısından zayıf olmasına rağmen, bina kabuğunun doğru tasarımı ve yenilenebilir güneş enerjisi sistemlerinin de entegre edilmesiyle binaların karbon ayak izini azaltmanın mümkün olacağı görülmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, belirlenen parametreler (kabuk özellikleri, güneş enerjisi potansiyeli kullanım alanı (m^2), vb.) ve bina konumları değiştirilerek başka çalışmalarda da incelenerek sayısal sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca farklı disiplinler ile işbirliği geliştirilerek farklı bölgelerde kullanılabilir çeşitli potansiyel yenilenebilir enerji sistemleri de binalara entegre edilerek farklı simülasyon programları aracılığıyla hesaplar yapılarak değerlendirilebilir.

KAYNAK

Airaksinen, M., Matilainen P., (2011). *A Carbon Footprint of an Office Building,* Energies, Volume 4, Pp:1197-1210; doi:10.3390/en4081197.

Akmalı Özçiftçi, S., (2010). *Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi,* Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.

Alparslan, B., (2010). *Ekoloji Tasarım Ölçütleri Kapsamında Ankara'da Örnek Bir Yapı Tasarımı ve Değerlendirmesi,* Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.

Atabey, T., (2013). *Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.

Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., ve diğerleri, (1995). *Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı,* TÜBİTAK-İNTAG 201, Araştırma Raporu, İstanbul.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Sayı: 27075, Türkiye.

Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, (2008), Sayı: 26979, Türkiye.

Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Sayı: 27019, Türkiye.

Binboğa G., Ünal A., (2018). *Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma,* Dergipark, *DOI: 10.18092/ulikidince.323532*

Biswas, W.K., (2014). *Carbon footprint and embodied energy consumption assessment of building construction works in Western Australia*, International Journal of Sustainable Built Environment, Curtin University, Perth, Australia.

Bonamente E., Cotana F., (2015). *Carbon and Energy Footprints of Prefabricated Industrial Buildings: A Systematic Life Cycle Assessment Analysis*, Energies, Volume: 8, Pp: 12685–12701.

Catalina, T., Blanco, E., Virgone, J., (2011). *Carbon Footprint Study of a Zero Energy Consumption Residental Construction,* İnternational Solar Energy Society Conference Proceedings, Kassel, Germany.

Civan, U., (2006). *Akıllı binaların çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.

Conway, T. M., Dalton, C., Loo, J. ve Benakoun, L., (2007). *Developing Ecological Footprint Scenarios On University Campuses-A casestudy of the University of Toronto at Mississauga*, International Journal of Sustainability in Higher Education, 9 (1):4-20.

Culakova, M., Vilcekova, S., Burdova, E.K., Katunska, J., (2012). *Reduction of Carbon Footprint of Building Structures,* Chemical Engineering Transactions, Volume:29.

Curran, M. A., (1996). *Environmental Life-Cycle Assessment,* McGraw – Hill, USA.

Çelebi, G. ve Aydın, A., (2005). *Yapı Sektörü Çevre İlişkisine Dair Bir Yöntem İrdelemesi: Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD),* Çevre ve Ormancılık Şurası (13–21), Antalya: Çevre ve Orman Bakanlığı.

Darçın, P., Balanlı, A., (2012). *Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler*, Tesisat Mühendisliği Sayı 128 Sayfa No:33-42 http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/aec6225f614230a_ek.pdf?dergi=1232 (Erişim Tarihi:17.12.2018).

Enerji Verimliliği Kanunu, Kanun no. 5627, Sayı: 26510, Türkiye.

Energy Tirol, (2009). *From the Althaus to the low energy house,* https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/wasser/wasserrecht/downloads/Tiroler_Energiebericht-21-12-09.pdf (Erişim Tarihi: 17.12.2018).

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023, Sayı: 28215, Türkiye.

European Union, European Court of Auditors, (2017). *EU Action on Energy and Climate Change Landscape Review,* Luxemburg, ISBN 978-92-872-7578-3.

Erol, P., Kreissig, J., (2012). *Yapı Malzemelerinde Çevre Etiketi,* Ekoyapı Ekolojik Yapılar ve Yerleşimler Dergisi, No:4, Türkiye.

Gültepe Mataracı, G.D., İskender, G., Germirli Babuna, F., (2016), *Towards a greener port: reducing the carbon footprint, recyling and reuse, 3th international conference on recycling and reuse,* September 28-30, s. 125-129,Türkiye.

Gümrükçüoğlu Yiğit, M., Şeneren, M., (2018), *Küresel Isınmaya Karşı Karbon Ayak İzi Azaltılmış Yeşil Bina,* 2nd International Symposium on Natural Hazard and Disaster Management, 04-06 May ISHAD, Page: 803-808.

Han, E. ve Kaya, A. A., (2013), *Kalkınma Ekonomisi, Teori Ve Politika* (8. bs.) Ankara: Nobel Yay.

International Energy Agency (IEA), (2016a), *Turkey*.

International Energy Agency (IEA), (2016b). *Energy Policies of IEA Countries Turkey.*

International Energy Agency (IEA), (2018). *Key Word Energy Statistics*, s 2, 18, 19, 21.

ISO, (2006).

Jensen, A. A., Hoffman, L., Moller, B., Schmit, A., Christiansen, K., Elkington, J., Dijk, F. V., (1997). *Life Cycle Assessment, A Guide To Approaches",* Experiences and Information Sources, European Environment Agency, Denmark, 84.

Jim'enez, L.F., Dom'ınquez, J.A., Vega-Azamar, R., (2018). *Carbon Footprint of Recycled Aggregate Concrete,* Hindawi Advances in Civil Engineering Volume 2018, Article ID 7949741, 6 pages, https://doi.org/10.1155/2018/7949741.

Karaçam, N., (1995). *Efsaneden Gerçeğe Kırklareli,* Belediye Yayını:1, Özyılmaz Matbaası, ISBN: 975- 95221-D-1, Kırklareli.

KENTGES, (2010). *Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı 2010-2023,* Ankara.

Kılıç Demircan, R., Gültekin, A.B., (2015). *Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi*, 2. International Sustainable Building Symposıum, May, Pages 839-847, Ankara.

Kırklareli Belediyesi'nden temin edilmiştir.

Kneifel, J., (2010). *Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings''*, Energy and Buildings , Volume 42, Issue 3, March, Pages 333-340.

Koller, C., Stucki, M., Mathez, S.A., Itten, R., Frei, S., (2016). *Carbon Footprint of a PV/T Liquid Collector,* 26th Symposium Solarthermal Energy 20th to 22nd April, Bad Staffelstein.

Koşar Danışman, İ., Özalp, A.G., (2015). *Karbon Ayak İzinin Azaltılmasında Yeşil Liman Uygulamasının Rolü: Marport Örneği,* II. Ulusal Liman Kongresi, doi: 10.18872/DEU.b.ULK.2015.0020.

Kuittinen, M., Takano, A., (2017). *The energy efficiency and carbon footprint of temporary homes: a case study from Japan,* International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol. 8 No. 4 p.326-343 DOI 10.1108/IJDRBE-08-2015-0039.

Kunic, R., (2017), *Carbon footprint of thermal insulation materials in building Envelopes*, Energy Efficiency, 10:1511–1528.

Kutlu, R., (2012). *Enerjisini Etkin Kullanan Bir Bina Yapıyoruz,* Ekoyapı Ekolojik Yapılar ve Yerleşimler Dergisi, s 78-83, Türkiye.

Lapenangga, A., Satwiko, P., (2016). *Carbon Footprint Analysis of a T-45 House in Kupang, Journal of Architecture and Built Environment,* Vol. 43, No. 2, December, 77-84 DOI: 10.9744/dimensi.43.2.77-84 ISSN 0126-219X (print) / ISSN 2338-7858.

Maheshwari, H., Jain, K., (2017). *Trends of Energy Consumption and Carbon Footprint in India,* International Journal of Applied Environmental Sciences ISSN 0973-6077 Volume 12, Number 3, pp. 457-468.

Meryem Altınöz arşivinden temin edilmiştir.

OECD,2018, https://stats.oecd.org/. (Erişim Tarihi:17.12.2018)

Onat, N.C., (2018). *Türkiye İnşaat Sektörünün Global Karbon Ayak İzi Analizi,* Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 529~545, 2018, e-ISSN: 2147-835X, Doi 10.16984/saufenbilder.311289.

Ortiz, O., Francesc, C. ve Sonnemann, G., (2009). *Sustainability in the Construction industry: A review of recent developments based on LCA,* Construction and Building Materials, 28–39.

Özçelik, G., (2013). *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü'nün Enerji Ve Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmes*i, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.

Özlem B., (2013). *Seçilen Bir Kağıt Fabrikasında Karbon Ayak İzi Belirlenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Türkiye.

Padilla-Rivera, A., Balnchet, P., (2017). *Carbon footprint of pre-fabricated wood buildings",* Sımpósıo Brasıleıro De Desıgn Sustentável + *Internatıonal*

Symposıum On Sustaınable Desıgn Belo Horizonte, 1 - 4 August, Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais.

Paulsen, J.,(2001). *Life cycle assessment for building products - the significance of the usage phase,* Doctoral Thesis, *Royal Institute of Technology*, Stockholm, 1-9.

Pendik Belediyesi Strateji Geliştirme Müdürlüğü, (2014). *Pendik İlçesi Karbon Ayak İzi Çalışması*, İstanbul.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, Sayı: 30113, Türkiye.

Rippon S., (2014). *University of Cape Town Carbon Footprintfor 2013*, South Africa, p.32.

Sev, A. ve Canbay, N.,(2009). *Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri,* Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki: Ekolojik Mimarlıkta Somut Adımlar (Nisan), 42-47.

Shujaa Gardezi, S.S., Shafiq, N., Wan Abdullah, N.A., Khamidi, M.F., Farhan, S.A., (2015). *Minimization of Embodied Carbon Footprint from Housing Sector of Malaysia,* Chemical Engineering Transactions Vol. 45, 2015, DOI: 10.3303/CET1545322.

Şenel, A., (2010). *Sürdürülebilir Bina Yapım İlkelerinin Yeni Yaklaşımlarının İncelenmesi,* İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, (2010). *Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2020,* Ankara.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2014). *Climate Change Synthesis Report*.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2018).

Trakya Kalkınma Ajansı, (2012). *Trakya Bölgesi Enerji Raporu.*

Tuna Taygun, G., (2005). *Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Birmodel Önerisi,* Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1-2, 25-34, 45-124.

Turanlı, A., (2015). *Estımatıon Of Carbon Footprınt:A Case Study for Mıddle East Technıcal Unıversıty,* Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi , Türkiye.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (1998), *Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme - Prensipler ve Çerçeve,* Ankara: TS EN ISO 14040.

Uchenna Ikedi, C., Okoroh, M.I., (2015). *Monitoring Results Of CO2avoidance With An 8.5kwh Solar Electric Generator İntegrated İn A High Rise Commercial Building İn UK,* International Journal of Sustainable Built Environment, 4,189-201, DOI: 10.1016/j.ijsbe.2015.10.003.

United Nations Sustainable Development, (1992). *United Nations Conference on Environment & Development,* Rio de Janeiro, Brazil.

United Nations Framework Convention on Climate Change, (2008). *Kyoto Protokol,* ISBN 92-9219-055-5.

United Nations Framework Convention on Climate Change, (2015). *Paris Agreement,* Paris, GE.15-21932(E).

Vigon, B. W. , Tolle, D. A., Cornaby, B. W., Latham, H. C., Harrison, C. L., Boguski, T. L., Hunt, R. G., Sellers, J. D. ve U.S.E.P.A. Risk Reduction Engineering Laboratory, (1994). *Life – Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles,* Lewis Publishers, USA.

Wachberger, M. ve H. Wachberger (1988) E+P Güneş ve Konut. Gerçek, L. Ve Akın, S. (çev.). Ankara: Yaprak Kitabevi (1983).

Wıedmann, T. ve Minx, J., (2008). *A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova,* Ecolo-gical Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.

WWF (2012), *Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu*, http://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf (Erişim Tarihi: 17.12.2018).

WWF, (2018). *Living Planet Report 2018:Aiming Higher*, Gland, Switzerland, ISBN 978-2-940529-90-2.

Yaka, İ.F., Koçer, A., Güngör, A., (2015). *Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti,* Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi,12(3): 37-45.

Zeren, L., (1987). *Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma,* Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İ.T.Ü, İstanbul.

URL 1: TÜİK, https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin/giris.zul (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 2: https://www.termodinamik.info/makale/enerji-etkin-bina-tasarim-temelleri (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 3: https://www.trtavaz.com.tr/fotogaleri/dogu-karadenizin-safranbolusu-misafirlerini-bekliyor/58ff36e001a30c1a2829bea5 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 4: http://www.mardintarifi.com/mardinblog/mardin-tas-evleri-ve-ozellikleri.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 5: http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com/2012/09/surdurulebilir-mimaride-kullanlan-pasif.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 6: https://birlikcati.com.tr/blog/isi-yalitimi-neden-gereklidir (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 7: http://unsanenerji.com.tr/urunler/gunes-kollektorleri-izmir-gunes-kollektoru-gunes-enerjisi-ile-elektrik-uretimi/ (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 8: http://www.tesisat.com.tr/yayin/181/kuzeymak-kmpt-30-ba-heat-pipe-vakum-tuplu-gunes-kolektorleri_2939.html#.XFreiFwzZPY (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 9: http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ba5492f3bc2f401_ek.pdf?tipi (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 10: http://www.tindosolar.com.au/learn-more/poly-vs-mono-crystalline/ (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 11: http://www.inspiredhomeideas.com/solar-roof-panels-and-residential-solar-energy-systems/ (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 12: https://archpaper.com/2015/05/perkinswill-builds-a-sustainability-beacon/ (Erişim Tarihi:06.02.2019)

URL 13: http://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 14: http://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 15: http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Iklim-Degisikligi-ve-Uluslararasi-Muzakereler (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 16: http://www.enerjikimlikbelgesi.com/#ekb-nedir (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 17: http://arsiv.mimarist.org/mimarlar-odasi/uia-hakkinda.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 18: http://www.mo.org.tr/UIKDocs/uiabildirgeleri.pdf (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 19: https://malzemebilimi.net/yasam-dongusu-analizi-nedir.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 20: https://www.breeam.com/ (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 21: http://www.breeam.com/projects/explore/buildings.jsp?sectionid=0&projectType=&rating=&certNo=&buildingName=&client=&developer=&certBody=&assessor=&location=&countryID=7&partid=10023&Submit=Search (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 22: www.usgbc.org (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 23: https://www.usgbc.org/projects (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 24: https://new.gbca.org.au/green-star/ (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 25: http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 26: http://www.iisbe.org/r-n-d (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 27: https://www.dgnb.de/en/index.php (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 28: https://cedbik.org/ (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 29: https://www.google.com.tr/search?q=karbon+ayak+izi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjpporvoYbfAhVIliwKHWzpDWYQ_AUIDigB&biw=1536&bih=723 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 30: https://epy.com.tr/tr-karbon-ayak-izi-93 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 31: http://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=223&type=BCpc,EFCpc (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 32: http://data.footprintnetwork.org/#/analyzeTrends?type=EFCtot&cn=223 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 33: http://ab.immib.org.tr/AB-Mevzuati-ve-Politikalari/Eko-etiket (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 34: http://www.trakyanet.com/trakya/kirklareli/kirklareli/116-cografyasi.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 35: https://www.google.com.tr/maps/place/K%C4%B1rklareli/@41.6642928,26.938925,9z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x40a0a44786f0bae7:0x338141876e41d582!8m2!3d41.7259795!4d27.483839 (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 36: https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=yillik&m=06-00&y=2018&a=10# (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 37: https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KIRKLARELI (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 38: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 39: https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1rklareli_(il) (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 40: http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Yenilenebilir_Enerji_Nedir.aspx (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 41: http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/KIRKLARELI-REPA.pdf (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 42: http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/karadere-ruzgar-santrali.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 43: http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/zeliha-res.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 44: http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/airres-r%C3%BCzgar-enerji-santrali.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 45: http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/kiyikoy-res.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 46: https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 47: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 48: https://www.graphisoft.com/archicad/ (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 49: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP (Erişim Tarihi:17.12.2018)

URL 50: http://www.csun-solar.com/index.html (Erişim Tarihi:17.12.2018)

EKLER

EK 1A: Güneş kolektörü teknik özellikleri

Sıcak Su Kapasitesi lt.	lt	130	160
Soğuk Su Kapasitesi lt.	lt	130	160
Sıcak Su Deposu Ölçüsü mm	mm	Ø420x1760	Ø420x2180
Soğuk Su Deposu Ölçüsü mm	mm	Ø370x1760	Ø370x2180
Vacum Tüp Ölçüleri (EnxBoy) mm	mm	Ø47x1800	Ø47x1800
Tüp Adedi	mm	24	30
Ayak Seti	Adet	Boyalı	Boyalı
Sertifikasyon		CE ve TSE-K	CE ve TSE-K

EK 1B: Fotovoltaik panel teknik özellikleri

Standart Test Koşullarında (STC) Elektriksel Özellikler

Panel	CSUN 260-60P	CSUN 255-60P	CSUN 250-60P	CSUN 245-60P	CSUN 240-60P
Maksimum Güç – Pmpp (W)	260	255	250	245	240
Pozitif güç toleransı	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%
Açık Devre Gerilimi – Voc (V)	37.7	37.5	37.3	37.1	36.9
Kısa Devre Akımı – Isc (A)	8.95	8.88	8.81	8.74	8.67
Maksimum Güç Gerilimi – Vmpp (V)	30.3	30.1	29.9	29.7	29.6
Maksimum Güç Akım – Impp (A)	8.58	8.47	8.36	8.25	8.11
Panel verimliliği	16.01%	15.70%	15.40%	15.09%	14.78%

Elektriksel veriler standart test koşullarıyla (STC) ilgilidir: ışınım 1000W/m² ; AM 1,5 ; hücre sıcaklığı 25°C; güç belirsizliği ölçümü % ±3 içindedir. IEC61215, IEC61730-1/2 ve UL 1703'e uygun olarak onaylanmıştır

Normal Çalışan Hücre Sıcaklığında (NOCT) Elektriksel Özellikler

Panel	CSUN 260-60P	CSUN 255-60P	CSUN 250-60P	CSUN 245-60P	CSUN 240-60P
Maksimum Güç – Pmpp (W)	192	188	185	181	178
Maksimum Güç Gerilimi – Vmpp (V)	28.1	28.0	27.9	27.5	27.2
Maksimum Güç Akımı – Impp (A)	6.82	6.72	6.64	6.58	6.54
Açık Devre Gerilimi – Voc (V)	34.9	34.6	34.5	34.2	34.0
Kısa Devre Akımı – Isc (A)	7.20	7.16	7.10	7.02	6.95

Elektriksel veriler standart test koşullarıyla (NOCT) ilgilidir: ışınım 800W/m²; rüzgar hızı 1 m/sn ; hücre sıcaklığı 45°C; ortam sıcaklığı 20°C. güç belirsizliği ölçümü %±3 içindedir

Sıcaklık Özellikleri

Gerilim Sıcaklık Katsayısı	%-0,292/K
Akım Sıcaklık Katsayısı	%+0,045/K
Güç Sıcaklık Katsayısı	%-0,408/K

Maksimum Değerler

Maksimum sistem gerilimi (V)	1000
Seri sigorta değeri (A)	20
Ters akım aşırı yükleme (A)	27

Mekanik Özellikler

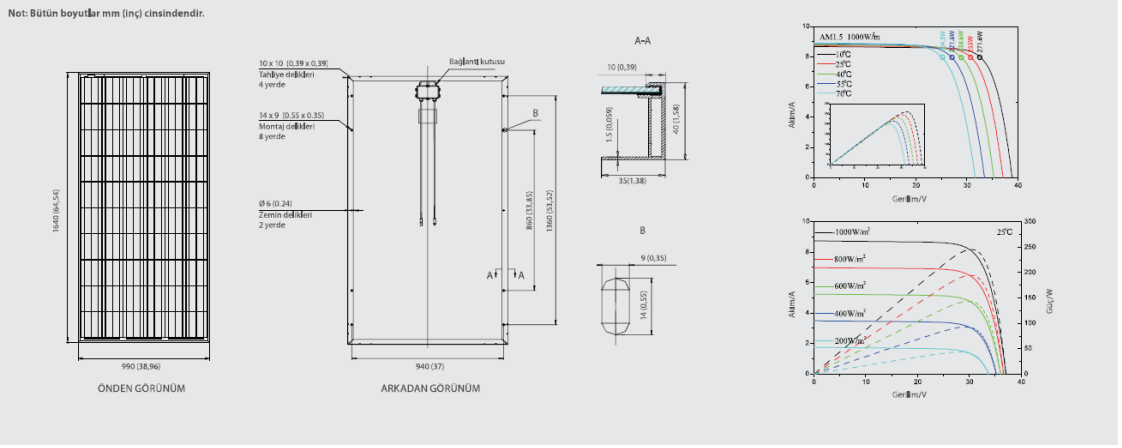
Boyutlar	1640 × 990 × 40 mm
Ağırlık	19,1 kg
Çerçeve	Eloksallı alüminyum profil
Ön cam	Beyaz sertleştirilmiş cam, 3,2 mm
Hücre Kaplaması	EVA (Etilen-Vinil-Asetat)
Arka Levha	Kompozit film
Hücreler	6 × 10 parça polikristalin güneş hücresi serisi (156 mm × 156 mm)
Bağlantı Kutusu	Ölçülen akım ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV
Kablo	Uzunluk 900 mm, 1 × 4 mm²
Bağlantı	MC4/ MC4 ile uygun

Sistem Tasarımı

Sıcaklık aralığı	-40°C – + 85°C
Max. kapasitesi	Kar 5400 Pa, rüzgâr 2400Pa
Uygulama sınıfı	A
Güvenlik sınıfı	II

Boyutlar

IV-Eğrileri



EK 2A:B1 binasının yalıtımlı durumda enerji analizi sonuçları

Enerji Performans Değerlendirmesi

[Proje Numarası] B 1

Anahtar Değerleri

Genel proje verisi		
Proje Adı:	B 1	
Şehir Konumu:	KIRKLARELİ	
Enlem:	41° 59' 0" K	
Boylam:	27° 21' 0" D	
Rakım:	203,00	m
İklim Veri Kaynağı:	TUR_KL_Kirk...li_2014.epw	
Değerlendirme Tarihi:	30.01.2019 15:59:19	

Yapı geometri verisi		
Brüt Kat Alanı:	**311,34**	m²
İşlenmiş Zemin Alanı:	**269,92**	m²
Dış Zarf Alanı:	**491,57**	m²
Havalandırılan hacim:	**776,33**	m³
Cam oranı:	**6**	%

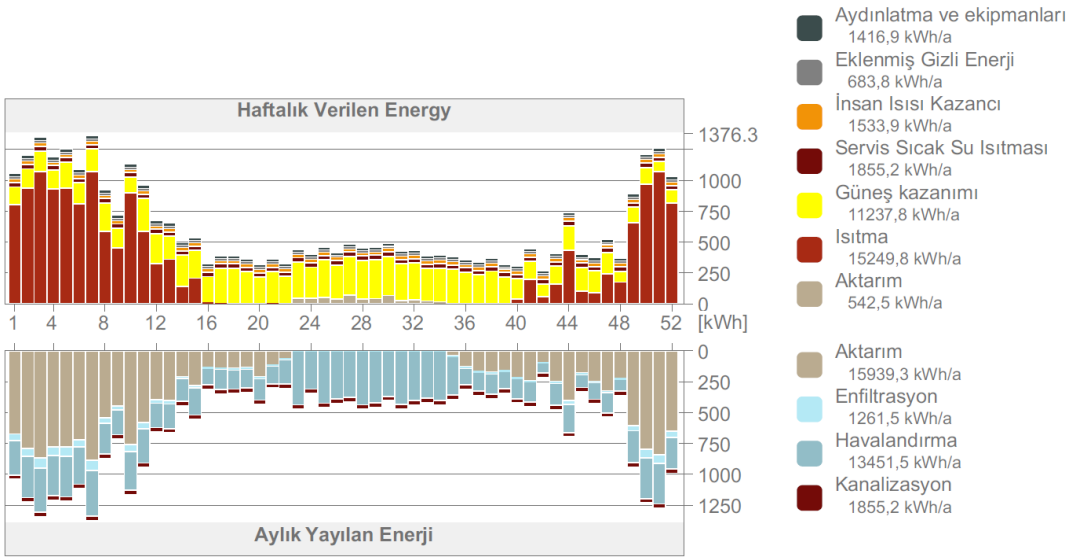
Yapı kabuk performansı verisi		
50Pa'da Enfiltrasyon:	**2,42**	ACH

Isı transferi katsayıları	U değeri	[W/m²K]
Bina kabuğu ortalaması:	**0,58**	
Katlar:	**--**	
Dış:	**0,22 - 1,74**	
Zemin altı:	**0,27 - 0,52**	
Açıklıklar:	**1,68 - 1,94**	

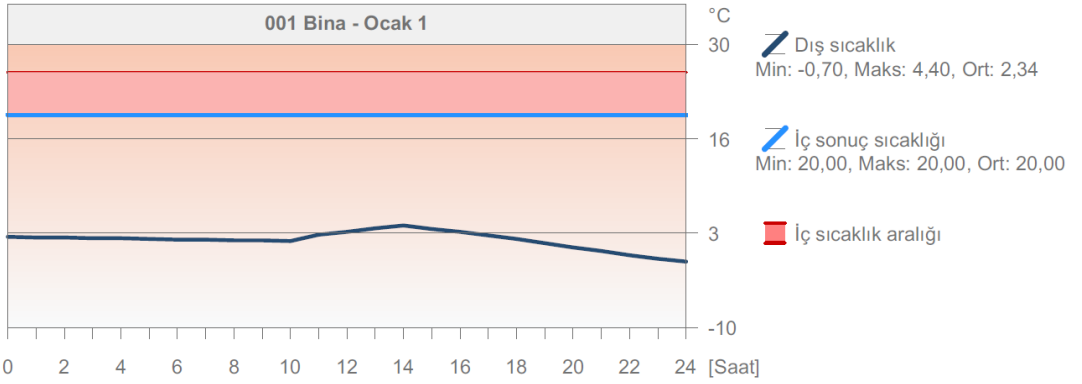
Belirli Yıllık Değerler		
Net Isıtma Enerjisi:	**56,50**	kWh/m²a
Net soğutma enerjisi:	**0,00**	kWh/m²a
Toplam Net Enerji:	**56,50**	kWh/m²a
Enerji Tüketimi:	**68,62**	kWh/m²a
Yakıt Tüketimi:	**68,62**	kWh/m²a
Birincil enerji:	**85,45**	kWh/m²a
Yakıt Maliyeti:	**9,56**	TRY/m²a
CO_2 Emisyonu:	**14,78**	kg/m²a

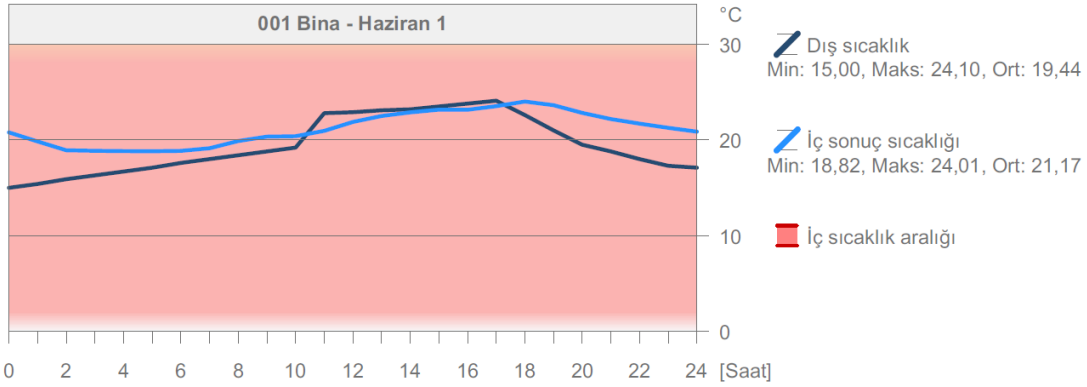
Derece Günlük	
Isıtma (HDD):	**3820,35**
Soğutma (CDD):	**1445,70**

Proje Enerji Dengesi



Günlük Isı Profili





Hedeflere göre Enerji Tüketimi

Hedef İsmi	Enerji Nicelik kWh/a	Birincil kWh/a	Tutar TRY/a	CO_2 Emisyonu kg/a
Isıtma	15249	16774	1718	3293
Soğutma	0	0	0	0
Servis Sıcak Suyu	1855	2040	209	400
Havalandırma fanları	0	0	0	0
Aydınlatma & ekipmanları	1416	4250	653	294
Toplam:	**18521**	**23066**	**2581**	**3989**

Kaynaklara göre Enerji Tüketimi

Kaynak tipi	Kaynak İsmi	Enerji Nicelik kWh/a	Birincil kWh/a	Tutar TRY/a	CO_2 Emisyonu kg/a
Fosil	Doğal	17104	18815	1927	3694
İkincil	Elektrik	1416	4250	653	294
	Toplam:	**18521**	**23066**	**2581**	**3989**

Çevresel Etki

Kaynak tipi	Kaynak İsmi	Birincil Enerji kWh/a	CO_2 Emisyonu kg/a
Fosil	Doğal	18815	3694
İkincil	Elektrik	4250	294
	Toplam:	**23065**	**3988**

Ek 2B: B1 binasının yalıtımlı ve yenilenebilir güneş enerji sistemlerinin entegre edildiği durumda enerji analizi sonuçları

Enerji Performans Değerlendirmesi

[Proje Numarası] B 1

Anahtar Değerleri

Genel proje verisi		
Proje Adı:	B 1	
Şehir Konumu:	KIRKLARELİ	
Enlem:	41° 59' 0" K	
Boylam:	27° 21' 0" D	
Rakım:	203,00	m
İklim Veri Kaynağı:	TUR_KL_Kirk...li_2014.epw	
Değerlendirme Tarihi:	4.02.2019 11:58:29	

Yapı geometri verisi		
Brüt Kat Alanı:	**311,34**	m²
İşlenmiş Zemin Alanı:	**269,92**	m²
Dış Zarf Alanı:	**491,57**	m²
Havalandırılan hacim:	**776,33**	m³
Cam oranı:	**6**	%

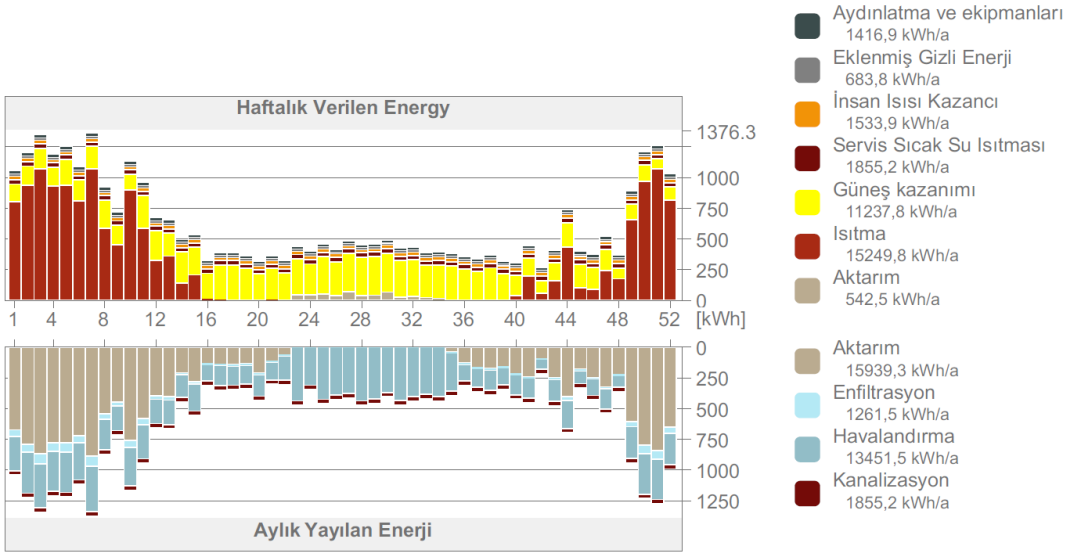
Yapı kabuk performansı verisi		
50Pa'da Enfiltrasyon:	**2,42**	ACH

Isı transferi katsayıları	U değeri	[W/m²K]
Bina kabuğu ortalaması:	**0,58**	
Katlar:	**--**	
Dış:	**0,22 - 1,74**	
Zemin altı:	**0,27 - 0,52**	
Açıklıklar:	**1,68 - 1,94**	

Belirli Yıllık Değerler		
Net Isıtma Enerjisi:	**56,50**	kWh/m²a
Net soğutma enerjisi:	**0,00**	kWh/m²a
Toplam Net Enerji:	**56,50**	kWh/m²a
Enerji Tüketimi:	**68,62**	kWh/m²a
Yakıt Tüketimi:	**53,64**	kWh/m²a
Birincil enerji:	**82,53**	kWh/m²a
Yakıt Maliyeti:	**7,61**	TRY/m²a
CO_2 Emisyonu:	**11,55**	kg/m²a

Derece Günlük	
Isıtma (HDD):	**3820,35**
Soğutma (CDD):	**1445,70**

Proje Enerji Dengesi



Günlük Isı Profili



Hedeflere göre Enerji Tüketimi

Hedef İsmi	Enerji			CO_2 Emisyonu
	Nicelik kWh/a	Birincil kWh/a	Tutar TRY/a	kg/a
Isıtma	15249	16576	1494	2864
Soğutma	0	0	0	0
Servis Sıcak Suyu	1855	1855	0	0
Havalandırma fanları	0	0	0	0
Aydınlatma & ekipmanları	1416	3844	559	252
Toplam:	**18521**	**22275**	**2054**	**3117**

Kaynaklara göre Enerji Tüketimi

Kaynak tipi	Kaynak İsmi	Enerji			CO_2 Emisyonu
		Nicelik kWh/a	Birincil kWh/a	Tutar TRY/a	kg/a
Yenilenebilir	Solar (Isı & PV)	4044	4044	UD	0
Fosil	Doğal	13263	14589	1494	2864
İkincil	Elektrik	1213	3641	559	252
	Toplam:	**18521**	**22275**	**2054**	**3117**

Çevresel Etki

Kaynak tipi	Kaynak İsmi	Birincil Enerji kWh/a	CO_2 Emisyonu kg/a
Yenilenebilir	Solar (Isı & PV)	4044	0
Fosil	Doğal	14589	2864
İkincil	Elektrik	3641	252
Toplam:		**22274**	**3116**

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılı Söke doğumlu olup ilköğrenimini Söke, orta ve lise öğrenimini Burdur/Bucak'ta tamamlamıştır. 2011-2016 yılları arası Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümü lisans eğitimini tamamlayarak mezun olmuştur. Mezun olduktan sonra Balıkesir'de özel bir şirkette mimar olarak çalışmıştır. 2016 yılı güz döneminde Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır ve halen devam etmektedir.



Adı Soyadı : Meryem ALTINÖZ

Doğum Yeri : Aydın/Söke

Doğum Tarihi : 06/02/1994

E-Posta : meryemalgin@trakya.edu.tr

Yüksek Lisans : Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans

09/2016-

Lisans : Balıkesir Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi

Mimarlık Bölümü

09/2011- 02/2016

Lise : Bucak Anadolu Lisesi- BURDUR

09/2007-06/2011

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

Mıhlayanlar, E., Altınöz, M., (2018), *Investıgatıon Of Envıronmental Assessment Tools In Terms Of Construction And Buildıng Materıals*, 14th International Conference in''Standardization, Protypes and Quality: A Means of Balkan Countries' Collaboration'', September 21-22, 2018, Tirana, Albania.