ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çiğsem Yağmur YÜKSEL

SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGESİNDE AÇIKLIK VE ÇATI TİPİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ, ADANA ÖRNEĞİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

ADANA-2019

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGESİNDE AÇIKLIK VE ÇATI TİPİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ, ADANA ÖRNEĞİ

Çiğsem Yağmur YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Bu Tez 28/06/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ	Prof. Dr. Fazilet Duygu SABAN	Dr. Öğr. Üyesi İpek DURUKAN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Mimarlık Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2019-11490

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGESİNDE AÇIKLIK VE ÇATI TİPİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ, ADANA ÖRNEĞİ

Çiğsem Yağmur YÜKSEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
Yıl: 2019, Sayfa: 134
Jüri : Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Prof. Dr. Fazilet Duygu SABAN
: Dr. Öğr. Üyesi İpek DURUKAN

Geleneksel mimari, enerjiyi fazla kullanmadan yapının bulunduğu iklim koşullarında uygun tasarım kararları sunar. Bu çalışmanın amacı, farklı yapısal katmanları olan, aynı ısıtma ve soğutma alanına sahip iki konut yapısını karşılaştırmak ve böylece binalarda enerji performansını arttırmaya katkı sağlamaktır. Bu doğrultuda, örnek olarak ele alınan referans konut yapısında, pencere saydamlığının arttırılması, cam tipinin iyileştirilmesi, güney yönündeki pencerelere gölgeleme elemanlarının eklenmesi; yanı sıra teras çatı yerine yeşil çatı tipi seçimiyle pasif tasarım tekniklerinin enerji verimliliğine etkisi, saat bazında dinamik simülasyon yaklaşımını kullanan eQUEST programı ile analiz edilmiştir. Çalışmada beş farklı enerji modeli geliştirilmiş, her birinin enerji performansları arasındaki farklılaşma ortaya konmaya çalışılmıştır.

Elde edilen verilere göre;

-Referans yapının enerji tüketiminin, modern bir Adana evinden % 40 daha az olduğu,

-Referans binadaki pasif güneş tasarımının etkisi ile ısıtma yüklerinde % 6 azalma sağlandığı,

-Yeşil çatı kullanımı ile, yıllık elektrik ve gaz tüketiminde sırasıyla % 6 ile % 55 oranında tasarruf sağlandığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, referans bina yüzeyindeki açıklıklara pasif güneş enerjisi tasarım stratejilerinin ve yeşil çatı tipinin uygulanması ile özellikleri iyileştirilen yapının yıllık toplam enerji performansının % 48 daha kazançlı hale getirileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Binalarda Enerji Verimliliği, Açıklıklar, Yeşil Çatı, Sıcak - Nemli İklim, Adana

ABSTRACT

MSc THESIS

ENERGY EFFICIENCY FOR HOT- HUMID CLIMATE BASED ON OPENINGS AND ROOF TYPE, ADANA CASE

Çiğsem Yağmur YÜKSEL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Serpil ÇERÇİ
Year: 2019, Pages: 134
Jury : Assoc. Prof. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Prof. Dr. Fazilet Duygu SABAN
: Asst. Prof. Dr. İpek DURUKAN

Traditional architecture offers appropriate design decisions in climatic conditions without the use of energy. The goal of this study is to compare two residential buildings with varied structural layers with the same heating and cooling area and thus contributing to improve energy performance in buildings. In this respect, in the reference housing structure which is taken as an example, increasing the window transparency, improving the glass type, adding shading elements to the windows in south direction; Besides, the effect of passive design techniques on energy efficiency by selecting green roof type instead of terrace roof was analyzed with eQUEST program using dynamic simulation approach on hourly basis. In this study, five different energy models have been developed and the differentiation between the energy performances of each has been tried to be revealed.

According to the data obtained;

- Energy consumption of the reference building is 40% less than a modern Adana house,
- 6 % reduction in heating loads due to passive solar design in the reference building,
- With the use of green roof, it is determined that the annual electricity and gas consumption is saved between 6 % and 55 % respectively.

Consequently, it has been identified that passive solar energy design strategies and green roof type were applied to the openings on the reference building surface and total energy performance of building improved by 48%.

Keywords: Building Energy Efficiency, Openings, Green Roof, Hot - Humid Climate, Adana

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Günümüzde nüfusun giderek artması ve teknolojinin gelişmesi, insanların ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan enerjiye bağlılığını arttırmıştır. Dünyada harcanan enerjinin % 40 kadarının binalar tarafından tüketilmesi nedeni ile enerji verimli binalar her geçen gün daha fazla önem kazanmıştır.

Enerji tüketimini azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimle, enerji verimliliği sağlayan yöntemlerin araştırılması önemli hale gelmiştir. Yapıların enerji tüketimini tahmin eden, değerlendirmesini yapan bilgisayar programları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu programlardan biri de son yıllarda geniş kullanım alanı bulan eQUEST programı olmuştur.

Bu tez çalışmasında; 20 yy. başlarında tuğla yapım sistemiyle inşa edilmiş, Adana'nın Döşeme semtinde yer alan bir konut yapısı, referans olarak seçilmiştir. Bu referans yapıda, pasif tasarım teknikleri uygulaması ve yeşil çatı tipinin seçilmesi ile binanın enerji tüketiminin, mevcut durumundan daha iyi bir performans sergilemesi öngörülmüştür. Bu bağlamda, geleneksel yöntemlerle Adana'da inşa edilmiş olan geleneksel bir evin mimari özellikleri analiz edilmiş, taşıyıcı sistemi ve mimari rölövesinden yola çıkılarak, çalışmada kullanılacak referans yapının strüktürel katmanları detaylandırılmıştır. Detaylandırılan bu malzeme katmanlarının, TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre, U değerleri (ısı iletkenlik) belirlenmiştir. Mevcut planı ve binadan toplanan bilgiler doğrultusunda yapının üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli eQUEST programı kullanılarak oluşturulmuştur. Binanın performans analizi TS 825 'Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği' çerçevesinde gerçekleştirilerek mevcut durumunun enerji verimli yaklaşım sergileyip sergilemediği belirlenmiştir.

Tez kapsamında 'birinci durum', 'temel durum', 'ikinci durum', 'üçüncü durum' ve 'TS 825 standardına dayalı durum' olmak üzere beş durum ele alınmıştır. Bu varsayılan beş durumun enerji performans simülasyonlarının yapılması ile yapıların enerji verimli olup olmadığı konusunda yeterliliği

irdelenmiştir. Karşılaştırması yapılan bu durumlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

Birinci durumda; seçilen yapının, yapı katmanları, kat planlarında mekansal bölgelendirme, binanın ayak izi, binada kullanılan enerji türü gibi gerekli tüm bilgiler detaylandırılmıştır. Ayrıca, yapının eQUEST programı ile aylar içinde değişen enerji tüketiminin analizleri yapılmıştır.

Temel durumda; referans konut yapısı ile aynı ısıtma ve soğutma alanına sahip, bugünün koşullarına göre yapılmış olması nedeniyle, 'modern Adana evi' olarak adlandırılan bir konut yapısı oluşturulmuştur. Modern Adana evi, 'referans' konut yapısının önemli bir mekanı olan 'iç bahçe' uygulaması olmadan tasarlanmıştır. Temel durumda, varsayılan binanın yıllık enerji performansı, eQUEST programı aracılığıyla hesaplanarak değerlendirilmiştir.

İkinci durumda; referans konut yapısında, enerji tüketimini azaltmak amacıyla, yönetmeliğe ve çeşitli araştırmalara dayanarak bazı kriterler belirlenmiştir. Daha sonra bu kriterler aracılığı ile yapıya uygulanacak işlemler hakkında verilecek en uygun kararın ne olduğu saptanmaya çalışılmıştır. İlk olarak, güneyde yer alan dış duvarın pencere saydamlık yüzdesi % 18'den % 40'a arttırılmıştır. İkinci olarak, cam tipi seçiminde tek katmanlı low-e yerine çift tabakalı low-e cam kullanılmıştır. Son olarak, güney duvarındaki pencerelere gölgeleme elemanı eklenmiş ve eQUEST programı ile analizi yapılmıştır.

Üçüncü durumda; teras çatı yerine, yeşil çatı kullanımı varsayılarak ikinci durumun iyileştirilmesi sağlanmış ve bu yapının enerji tüketiminin analizi yapılmıştır.

TS 825 standardına dayalı performans analizinde ise, referans yapı elemanlarının 'U' değerleri, TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre belirlenmiştir. Bu 'U' değerleri üzerinden eQUEST programı ile bina enerji performansı ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın hazırlık aşamasında, ilk olarak, referans yapının enerji performans analizi ile 'birinci durum' oluşturulmuştur. İkinci aşamada referans yapının performansının iyileştirilmesiyle 'ikinci durum' ve 'üçüncü durum'

yaratılmıştır. Ardından modern tekniklerle aynı parsel üzerinde inşa edilmiş olan bir konut ‘temel durum’ olarak belirlenmiş ve ‘birinci durum’, ‘ikinci durum’ ve ‘üçüncü durum’ ile karşılaştırılmıştır. Son olarak, her durum, ayrı ayrı, TS 825 Kurallarına göre hesaplanan enerji tüketim değerleriyle kıyaslanmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen bulgulara göre; tek katlı yapıların güney cephesinde yer alan pencere açıklıklarına pasif güneş enerjisi tasarım stratejilerinin uygulanması ve çatı örtüsü olarak yeşil çatı tipinin seçilmesi ile binanın yıllık toplam enerji performansını % 48 daha kazançlı hale getirileceği belirlenmiştir. Binalarda enerjinin verimli kullanımı ile ilgili farkındalığın arttırılması, gelecek nesiller için doğal çevreyi koruma ve sürdürülebilir bir kalkınmanın gerekliliğidir. Bu tez çalışmasında ortaya konduğu gibi enerji verimli bina tasarımını teşvik edici kullanımlar, gelecekte enerji tüketiminin azaltılması için önemli adımlar olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, bilgi, tecrübe ve yardımlarını benden esirgemeyen, tezimi hayata geçirebilmem konusunda her türlü özveriyi gösteren danışman hocam sayın Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ'ye, derslerini alarak kendimi şanslı hissettiren değerli hocalarım Doç. Dr. Hatice SÖZER ve Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER'e, fikirleriyle tezimi geliştirme konusunda yardımcı olan sayın hocam Öğr. Gör. İbrahim AKTOZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca emeklerini benden esirgemeyen, eğitim gördüğüm her aşamada bana destek olan, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan babam Fikret YÜKSEL'e, annem Canan YÜKSEL' e, değerli kardeşim Can YÜKSEL'e ve sevgili eşim Eren ZÖHRE'ye tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Araştırmanın Amacı 5
1.2. Sürdürülebilirliğin Beş Temel Unsuru 7
1.3. Sürdürülebilir Tasarımın Ölçütleri 10
1.4. Sürdürülebilir Enerji 14
1.4.1. Tasarım Yoluyla Binaların Enerji Talebinin Azaltılması 15
1.4.2. Enerjinin Verimli Kullanılması (İklime Dayalı, Pasif Tasarım) Stratejileri 16
1.4.3. Enerjinin Verimli Kullanılması (Aktif Tasarım) Stratejileri 19
1.4.4. Sürdürülebilir Güç Kaynakları Tasarımı 21
1.4.5. Karbon Ayakizinin Azaltılması 28
1.4.6. Enerji Verimli Bina Tasarım Rehberleri- Standartlar ve Yönetmelikler 30
1.4.7. Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri 41
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 47
3. MATERYAL VE YÖNTEM 55
3.1. Materyal 55
3.1.1. Geleneksel Adana Evlerini Şekillendiren Mimari Özellikler 56
3.2. Yöntem 63

3.2.1. Bina Simülasyon Programının Seçimi 63
3.2.2. eQUEST Simülasyon Aşamaları 65
4. ANALİZ VE DEĞERLENDİRME 71
4.1. Alan Analizi 71
4.1.1. Birinci Durum Analizi 79
4.1.2. Temel Durum Analizi 83
4.1.3. İkinci Durum Analizi 87
4.1.4. Üçüncü Durum Analizi 90
4.1.5. TS 825 Standardına Dayalı Enerji Performans Analizi 94
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 97
KAYNAKLAR 103
ÖZGEÇMİŞ 115
EKLER 116

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Suyun Etkin Kullanım Dereceleri 8
Çizelge 1.2. Enerjinin Etkin Kullanım Dereceleri 9
Çizelge 1.3. Malzemenin Etkin Kullanım Dereceleri 9
Çizelge 1.4. Bina Tasarımında Ekolojinin Etki Dereceleri 10
Çizelge 1.5. Toplumun Etki Dereceleri 10
Çizelge 1.6. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Diğerleri Tarafından Kullanılan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 11
Çizelge 1.7. Pasif Tasarım Stratejileri 18
Çizelge 1.8. Aktif Tasarım Stratejileri 20
Çizelge 1.9. LEED V3 ve LEED V4 'ün Puanlama Sistemlerinin Karşılaştırması 42
Çizelge 1.10. BREEAM Puanlama Sistemi 43
Çizelge 1.11. Green Star Puanlama Sistemi 44
Çizelge 1.12. Green Star Değerlendirme Ölçeği 45
Çizelge 3.1. Kullanım Yerlerine Göre Malzemeler 60
Çizelge 3.2. Varsayılan Durumların Yapı Bileşenlerinin 'U' Değeri 68
Çizelge 4.1. Referans Yapının Pencere Açıklıklarının Detayları 77
Çizelge 4.2. Referans Yapının Yapı Elemanlarının Katmanları 80
Çizelge 4.3. Durumların Yapı Formu Farklıkları 84
Çizelge 4.4. Temel Durumun Yapı Elemanlarının Katmanları 85
Çizelge 4.5. Birinci Durum ve İkinci Durumun Pencere Parametreleri 88
Çizelge 4.6. Birinci Durum ve Üçüncü Durumun Çatı Katmanları 92
Çizelge 4.7. Bölgelere Göre Maksimum Değer Olarak Kabul Edilmesi Önerilen U Değerleri 95
Çizelge 5.1. Karşılaştırılan Durumların Enerji Kullanımı - Sonuçların Özeti (Evdeki Sıcak Su Kullanımını Elektrik Tüketiminden Hariç Tutulmuştur) 97

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. DNV GL Tahminine Göre Dünya'nın Enerji Talebinde 2022'de Sıçrama Göstermesi 2
Şekil 1.2. 2017 Yılı Faturalanan Tüketimin Tüketici Türü Bazında Serbest Tüketici ve Abonelere Göre Dağılımı 3
Şekil 1.3. 2017 Yılında Faturalanan Tüketimin Tüketici Türüne Göre Dağılımı (%) 4
Şekil 1.4. Yıllar İtibariyle Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Gelişimi (GWh) 4
Şekil 1.5. Güneş Pilleri Örneği 23
Şekil 1.6. Güneş Kollektörü 24
Şekil 1.7. Farklı Rüzgar Tribünlerine Genel Bakış 25
Şekil 1.8. Jeotermal Sistem Çalışma Prensibi 26
Şekil 1.9. Biyogaz Üretim Sistemlerinden Bir Örnek 27
Şekil 1.10. Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Örneği 34
Şekil 3.1. Geleneksel Adana Evleri'nde Kullanılan Oda Örneği 57
Şekil 3.2. Geleneksel Konutlarda Yapı - Parsel Ilişkisi 58
Şekil 3.3. Adana Geleneksel Evlerinde Ortaya Çıkan, Cihannüma 59
Şekil 3.4. Geleneksel Adana Evlerinin Yapısal Katmanları 62
Şekil 3.5. Geleneksel Adana Ev Örnekleri 62
Şekil 3.6. Adana'nın Konumu İle İlgili Coğrafi Detaylar 65
Şekil 3.7. Mekansal Bölgelendirme, eQUEST Arayüzü 66
Şekil 3.8. Varsayılan Durumların Haftalık Enerji Tüketimi Hesaplanan Saat Aralığı 69
Şekil 4.1. Adana ve Meteoroloji Gözlem İstasyonları Konum Haritası 72
Şekil 4.2. Adana'nın İklim Grafiği 73
Şekil 4.3. Adana İçin Rüzgar Yönü ve Hız Istatistikleri 74

Şekil 4.4. Referans Yapı'nın Vaziyet Planı (Sağ Taraf), Zemin Kat Planı (Ortada) ve Bodrum Kat Planı (Sol Taraf) 75
Şekil 4.5. Referans Olarak Kullanılan Geleneksel Adana Evinin Ön Görünüşü 76
Şekil 4.6. Referans Yapının eQUEST Enerji Modeli 81
Şekil 4.7. Birinci Durum'da Son Kullanımdan İtibaren Aylık Enerji Tüketimi 82
Şekil 4.8. Birinci Durum'a Göre Yıllık Tüketime Göre Enerji Tüketimi (Elektrik Tüketimi % 52 Sıcak Su, % 34 Aydınlatma, %11 Çeş. Ekipmalar, %2 Hav. %100 Mekan Isıtma)..... 83
Şekil 4.9. Modern Adana Evinin eQUEST Energy Modeli..... 86
Şekil 4.10. Temel Durum İçin Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi..... 86
Şekil 4.11. İkinci Durumun eQUEST Enerji Modeli 89
Şekil 4.12. İkinci Durum İçin Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi..... 89
Şekil 4.13. Üçüncü Durumun eQUEST Enerji Modeli 93
Şekil 4.14. Üçüncü Durum için Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi..... 93
Şekil 4.15. TS 825 Standardına Dayanan Durumun Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi 95
Şekil 5.1. Varsayılan Durumların Yıllık Toplam Enerji Tüketimi Karşılaştırması (kWh) 98

SİMGELER VE KISALTMALAR

EPA : Environmental Protectional Agency / Çevre Koruma Ajansı

DNV GL : Det Norske Veritas Germanischer Lloyd / Høvik, Norveç Merkezli Uluslararası Onaylanmış Sicil Memuru ve Sınıflandırma Birliği

BP : British Petroleum / Britanyalı Enerji Şirketi

AIA/ COTE : The American Institute of Architects Committee on the Environment / Amerikan Mimarlar Enstitüsü Çevre Komitesi

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design / Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik

BREEAM : BRE Environmental Assessment Method / Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Metodu

EGS : Enhanced Geotermal Systems /Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler

BBTY : Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

BM : Birleşmiş Milletler

UNEP : The United Nations Environment Programme / Birleşmiş Milletler Çevre Programı

EKB : Enerji Kimlik Belgesi

BEP-tr : Binalarda Enerji Performansı Yazılım Programı

HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning / Isıtma, Havalandırma ve Soğutma

ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers / Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği

eQUEST : Quick Energy Simulation Tool / Hızlı Enerji Simulasyon Aracı

U Değeri : Isı İletkenlik Değeri

CO2	: Karbon Dioksit
m	: Metre

1. GİRİŞ

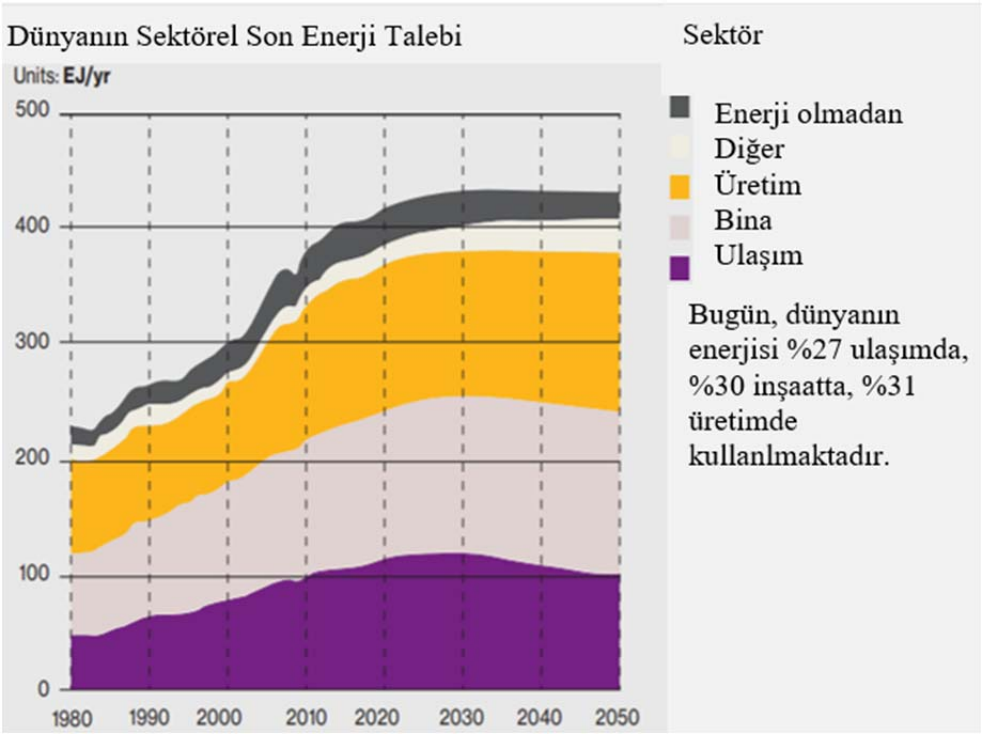
Globalleşen dünyada giderek artan gereksinimlerini karşılama zorunluluğu, insanların çeşitli ve yeni enerji kaynaklarına yönelme arayışlarını hızlandırmıştır. Mevcut enerji kaynaklarının azalması, ekosistemin dengesini bozan kuraklık, kirlilik, deniz seviyesinin yükselmesi gibi değişen iklimsel koşullar ve kent altyapısının eskimesi, çevre sorunlarını ortaya çıkarmış; tasarım ve mühendisliğin ana kaynakları sorgulanır hale gelmiştir. Mühendislik teknolojisiyle tasarımı bütünleştirirerek ekolojik denge sağlamak, sürdürülebilir bir yaşamın zorunluluğu olmuştur. Yeni enerji kaynakları elde etmek için önümüzdeki yıllarda günümüzden farklı olarak dünyanın kaynak çeşitliliği göstereceğine dair tahminler de vardır (URL 1). Örneğin, hidrokarbonla beslenen ekonomik büyümeden dünyanın enerji kaynaklarının karma kullanımına doğru şeffaf bir geçişin olduğu bir değişim ortamı gözlemlenebilmektedir.

Enerji çeşitliliğine yönelimin tarihsel gelişiminde etkili olan faktörler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

- hızlı gelişen bilim,
- emisyonu azaltmayı hedefeyen devletler; örneğin Çin,
- güçlü lobi grupları,
- sağlığa ve çevreye uzun dönemli zararı konusunda kamuda artan bir ilgi ortamı,
- sadece çevresel erdemleri kucaklamakla kalmayıp aynı zamanda rüzgar santralleri gibi yeni projelerde mevcut istikrarlı, uzun vadeli nakit akışından etkilenen bir ticari sektör (URL 1).

Sanayi devriminin olanak tanıdığı hızlı ve daha verimli üretim yapabilen makinelerin keşfi ile artan enerji ihtiyacının (Frederick, 2016) geleceğe dönük kullanımında gerekli artış miktarının eskiye nazaran azalacağı ifade edilmektedir.

Norveç tabanlı toplumları derecelendirme kuruluşu DNV GL (Norveç Merkezli Uluslararası Onaylanmış Sicil Memuru ve Sınıflandırma Birliği)'nin 2017 Eylül raporuna göre, geçmiş 15 yılda enerji talebi % 35 oranında artış göstermiştir. Ancak, 2015 - 2030 yılları arasında ise bu artışın % 7 civarında olacağı beklenmektedir (Şekil 1.1). BP (British Petroleum) Britanya Enerji Şirketi'de aynı zamanda DNV GL gibi gelişen dünya ekonomisinin enerjiye talebinin artacağını ancak, enerji tüketiminin eskiye göre daha az olacağını öngörmektedir (BP, 2017). Örneğin, Şekil 1.1'de görüldüğü üzere, 2015-2035 yılları arasındaki enerji talebindeki beklenen artış, %1.3 iken, 1995-2015 yılları arasında % 2.2 olacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1. DNV GL Tahminine Göre Dünya'nın Enerji Talebinde 2022'de Sıçrama Göstermesi (DNV GL, 2017)

2015-2035 yılları arasındaki enerji talebindeki beklenen bu artışın, 1995-

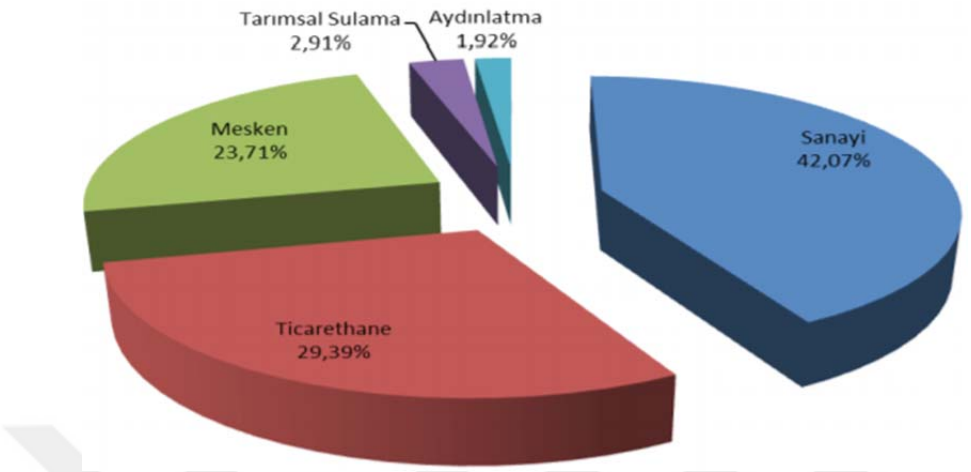
2015 yılları arasındaki artışa göre daha az olmasının nedeni; ülke içindeki tüm ürünlerin üretiminde kullanılan enerjide azalmanın beklenmesidir (URL 1). Özellikle, rüzgar ve güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımındaki artışın devam etmesi ve aynı zamanda dünyanın nüfusunda eskiye göre daha az oranda artışın olması, enerji tüketiminin azalmasında önemli faktörlerdir.

DNV GL tahminine göre, Şekil 1'de de görüldüğü gibi, bugün dünyada enerjinin; % 27'si ulaşım sektöründe, % 30'u inşaatta ve % 31'i ise üretimde kullanılmaktadır (Şekil 1.2). Amerika ve İngiltere gibi ülkelerde ise, elde edilen toplam enerjinin sırasıyla % 36 ve % 40 oranında inşaat sektöründe tüketildiği görülmektedir (URL2 – URL3).

Dünya genelinden Türkiye'ye bakıldığında, faturalanan elektrik enerji tüketimi sanayi sektöründe % 42,07 ile en fazla paya sahip olmasına karşın, iş yerleri ve meskenlerde sırasıyla % 29,39 ve %23,71'lik oranlarda görülmektedir (Şekil 1.2, Şekil 1.3). Konut (Mesken) tüketimi ise, tüketici türü paydaşları arasında üçüncü sırada yer almaktadır (EPDK, 2017).

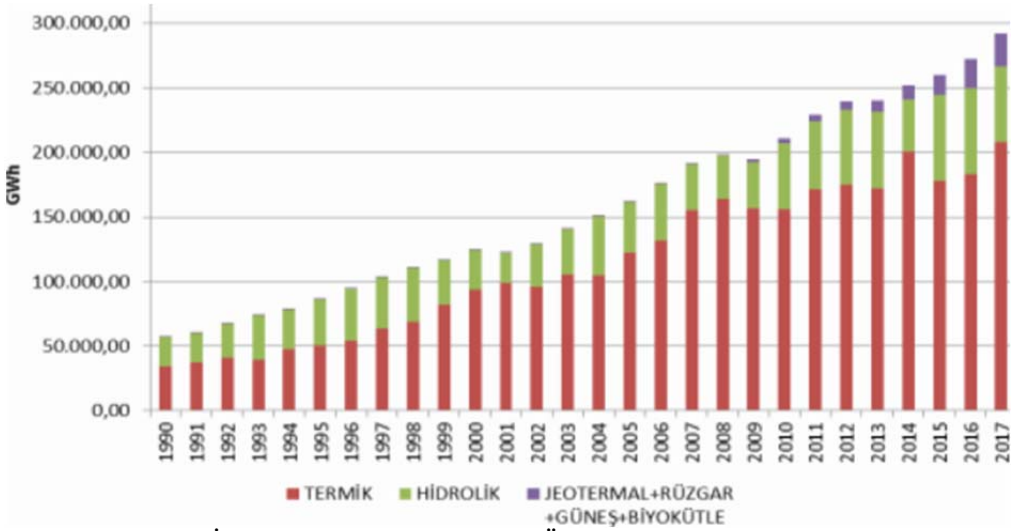
Tüketici Türü	Tüketim Miktarı (MWh)					
	Abone	Oran (%)	Serbest Tüketici	Oran (%)	Toplam	Oran (%)
Sanayi	33.365.763,58	33,22	61.597.523,39	49,18	94.963.286,96	42,07
Ticarethane	15.336.980,88	15,27	51.005.729,13	40,72	66.342.710,01	29,39
Mesken	41.807.333,73	41,62	11.702.954,84	9,34	53.510.288,56	23,71
Tarımsal Sulama	5.797.193,93	5,77	762.801,21	0,61	6.559.995,13	2,91
Aydınlatma	4.146.436,53	4,13	190.810,93	0,15	4.337.247,46	1,92
Genel Toplam	100.453.708,65	100,00	125.259.819,48	100,00	225.713.528,13	100,0

Şekil 1.2. 2017 Yılı Faturalanan Tüketimin Tüketici Türü Bazında Serbest Tüketici ve Abonelere Göre Dağılımı (EPDK, 2017)



Şekil 1.3. 2017 Yılında Faturalanan Tüketimin Tüketici Türüne Göre Dağılımı (%) (EPDK, 2017)

Türkiye'nin EPDK 2017 raporuna göre, 1990 yılından bu yana termik ve hidrolik kaynaklı olan enerji üretimine, 2009 yılından günümüze rüzgar, jeotermal biyokütle ve güneş gibi yenilenebilir kaynakların da eklenmesiyle enerji kazanımında artış sağladığı anlaşılmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Yıllar İtibariyle Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Gelişimi (GWh) (EPDK, 2017)

1.1. Araştırmanın Amacı

Günümüzde insan nüfusunun artması, hızlı kentleşme, sanayiye dayalı üretim, bilinçsizce enerji kaynaklarının tüketimi doğada çevre sorunlarının oluşmasına neden olmuştur. Çevre kirliliğini önlemek ve doğanın dengesini bozmamak amacıyla gelecek nesilleri düşünerek sürdürülebilir ve sağlıklı yapılar yapılması gerekir. Bu noktada öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, fiziki çevreye duyarlı, insanların sağlığını ve ısısal konforunu koruyan yapı ürünlerinin artması, sürdürülebilir mimarinin gerekliliklerdir (Sev, 2009).

Geleneksel yapım yöntemleri ve tasarım şekli, yerel kaynaklar ve işgücünü biraraya getirerek, kendi dönemlerinde başarılı mimarlık ürünleri ortaya çıkmasını şağlamıştır (Jones, 1998). Geçmişten günümüze bulunduğu iklim koşullarına karşı çözümler getirilerek oluşturulan yapılar, doğrudan deneyimlenen bir keşif ortamıdır. Bu nedenle, geleneksel yapılar üzerine araştırma yapmak, iklimsel verilerle dengeli tasarım stratejileri oluşturmaya önemli ölçüde yardımcı olur.

Bu tez çalışmasının amacı sıcak-nemli iklim bölgesinde sürdürülebilir yapı tasarımının özelliklerini belirlemek ve yeni tasarlanacak binaların doğal çevreyle uyumlu, enerji verimli yapılar olmasına katkı sağlamaktır. Bu bağlamda, araştırmanın giriş bölümünde sürdürülebilirliğin beş kavramı tanımlanmış; Ayrıca,

- sürdürülebilir tasarım ölçütlerinden,
- sürdürülebilir enerjiden,
- tasarım yoluyla binalarda enerji talebinin azaltılmasına yardımcı genel bilgilerden,
- enerji verimli bina tasarım standartlarından bahsedilmiştir.

Alan çalışmasında, Adana'nın Döşeme semtinde yer alan, 20 yy. başlarında yığma yapım tekniğinde inşa edilmiş bir konut yapısı seçilmiştir. Bu konutun strüktürel elemanları, plan şeması gibi özellikleri

geleneksel Adana evlerine kısmen benzemekle birlikte, tarihi bir çevrede yer alması ve iç bahçesinin de olması nedeniyle "referans yapı" olarak seçilmiştir. Bu referans konutta,

- güney duvarında konumlanan pencerenin saydamlığının arttırılması,
- cam tipinin iyileştirilmesi,
- güney duvarındaki pencerelere gölgeleme elemanlarının eklenmesi vb.

uygulamalar, dinamik saatlik simülasyon yaklaşımını kullanan e-QUEST programı ile analiz edilmiştir. Ek olarak,

- elde edilen veriler aynı ısıtma ve soğutma alanına sahip günümüz yapısıyla karşılaştırılmış,
- yeşil çatı uygulaması ile performansı incelenmiş,
- TS 825 standartlarına göre varsayılan durumun enerji tüketiminin değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında; birinci durum, temel durum, ikinci durum, üçüncü durum ve TS 825 standardına dayalı durum olmak üzere varsayılan beş farklı duruma ait enerji modelinin yıllık elektrik ve gaz tüketim sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak tespit edilen yüzdelik oranlar sıcak-nemli iklim bölgesinde yeni tasarlanacak enerji verimli binalar için, yönlendirici bir rol üstlenecek verileri ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın, aynı zamanda simülasyon programı kullanarak binalarda enerji tüketimi hesaplanacak diğer çalışmalara da kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

Söz konusu tez çalışmasında verilen bölümlerin kısaca içeriği şu şekilde açıklanmıştır:

- **Önceki Çalışmalar** bölümünde**:** kaynak taraması ve gerekli araştırmalar yapılarak, konu ile ilgili çalışmalar hakkında genel bilgiler verilmiştir.
- **Materyal ve Yöntem** bölümünde**:** Binanın enerji performans analizi, hangi koşullar baz alınarak yapıldığı ve programa hazırlanacak veri girdilerinin işlem sırası göz önünde bulundurularak açıklanmıştır.
- **Analiz ve Değerlendirme** bölümünde**:** Enerji tüketimlerinin performans analizleri, modelleme detaylarına bağlı olarak ve yapıların TS825 standardının gerekliliklerine dayandırılarak incelenmiştir. Analizde kullanılacak taşıyıcı sistem malzemelerinin yapısal özellikleri detaylandırılmış, ısı iletkenlik değerleri, oluşturulan çizelgeler üzerinde sketch up gibi üç boyutlu sunum araçları yardımıyla sunulmuştur.
- **Sonuç ve Öneriler** bölümünde ise**;** Tez kapsamında gerçekleştirilen performans analiz çalışmalarına bağlı olarak, modellenen beş farklı varsayımsal durumun eQUEST performans analizi incelenmiş; sıcak-nemli iklimde yapılacak enerji verimli yapı projelerinin gerçekleştirilmesine yönelik bir değerlendirme yapılarak öneriler sunulmuştur.

1.2. Sürdürülebilirliğin Beş Temel Unsuru

Sürdürülebilirlik, ekolojik dengenin bozulmadan sistemli olarak işleyişine devam etmesidir. Bu kavram, ilk olarak 1987 yılında, Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu (WCED) tarafından ortaya atılmıştır. WCED, 'Ortak geleceğimiz' isimli raporunda sürdürülebilirlik, 'bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını ellerinden almadan karşılamak' olarak tanımlanmıştır (Yüceer, 2015).

Sürdürülebilirliğin temelleri, bir projenin su, enerji, malzeme, ekoloji ve toplum olarak adlandırılan beş temel unsuru içeren bir modeldir (Sarte, 2010). Her bir unsurun performansının iyileştirilmesi ve birlikteliğiyle sürdürülebilir yapı ve sürdürülebilir kalkınmanın temelleri ortaya çıkmaktadır. Bu unsurlar genel hatlarıyla aşağıda incelenmiştir.

a) Su;

Dünya üzerinde tüm doğal sulardan meydana gelen, maddesel durumları ne olursa olsun (buhar, sıvı veya katı) insanlar için potansiyel kullanımda olan, herhangi biri su kaynağıdır. Bunlardan en çok kullanılan kaynaklar, okyanusların, nehirlerin ve göllerin suları; mevcut diğer su kaynakları arasında yeraltı suyu ve derin yeraltı suları, buzullar ve kalıcı kar taneleridir (URL 4).

Bir projeye aktarılan su kaynaklarının etkin kullanım dereceleri, su arıtma ve yeniden kullanım yöntemlerinin yanı sıra, yağmur suyu, gri su ve kara su akışlarını da kapsamaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Suyun Etkin Kullanım Dereceleri (Sarte, 2010:27; Yazar Tarafından Yeniden Üretilmiştir)

Pozitif etki (+)	**Pozitif etki (++)**	**Pozitif etki (+++)**	**Pozitif etki (++++)**
Su verimliliği	Suyun geri kazanımı	Suyun yeniden kullanımı	Su dengesi

b) Enerji;

Enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. Isı, ışık, hareket, elektrik, kimyasal, nükleer enerji, yerçekimi gibi faklı şekillerde oluşur. Enerji kaynakları yenilenebilen ve yenilenemeyen enerji olmak üzere iki çeşittir. Yenilenebilir enerjinin beş temel kaynağı vardır. Bunlar, yeryüzündeki ısıdan elde edilen jeotermal enerji, güneşten gelen güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, akan sudan sağlanan hidroelektrik enerjisi ve bitkilerden biyokütle enerjisidir. Birçok ülkede genelde tüketilen enerji ise, yenilenemeyen enerji türüdür. Yenilenemeyen enerji kaynakları: petrol ürünleri, hidrokarbon gazı sıvıları, doğal gaz, kömür, nükleer enerji olarak sıralanabilir (URL 5). Enerji akışı, insanlığı, atmosferi ve çevresel diğer tüm unsurları etkilemektedir. Bu nedenle enerji etkin yapının, tasarım aşamasından başlayıp kullanımı ve yıkımına kadar bir yaşam döngüsünde enerjiyi verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Çizelge 1.2)

Çizelge 1.2. Enerjinin Etkin Kullanım Dereceleri (Sarte, 2010: 27; Yazar Tarafından Yeniden Üretilmiştir)

Pozitif etki (+)	**Pozitif etki (++)**	**Pozitif etki (+++)**	**Pozitif etki (++++)**
Pasif sistemler	Aktif/ yüksek performans sistemleri	Yenilenebilir enerji kullanımı	Karbon tutma/ sıfır karbon

c) Malzeme;

Sürdürülebilir malzemeler, çevreye ve yapıya zararlı etkiyi azaltma ve tam olarak malzemenin değerlendirilmesi durumuna getirme hedeflidir. Bu nedenle, yapı ve çevresine ait olan tüm bileşenlerde, malzemelerin etkin kullanımı önemlidir (Çizelge 1.3)

Çizelge 1.3. Malzemenin Etkin Kullanım Dereceleri (Sarte, 2010: 27; Yazar Tarafından Yeniden Üretilmiştir)

Pozitif etki (+)	**Pozitif etki (++)**	**Pozitif etki (+++)**	**Pozitif etki (++++)**
Yerel malzeme temini & aktif geri dönüşüm	Bölgesel malzeme temini & aktif yeniden kullanım	Yöresel malzeme temini & zararlı etkiyi azaltma stratejileri	Tamamen değerlendirilebilir ürünler

d) Ekoloji;

Ekoloji, organizmaların dağılımının ve yoğunluğunun, organizmalar ile çevresi arasındaki etkileşimin, ekosistemlerin yapısının ve işlevinin incelenmesidir (URL 6). Mimarlıkta ekoloji ise ‘iklimsel özelliklere ve mevcut topografyaya uygun, toprak zenginliklerine, suya, havaya ve mevcut yeşil dokuya saygılı bir yaklaşım’ demektir (Tönük, 2001). Ekoloji bir anlamda dünyanın çalışma prensibini anlamamıza yardımcı olur. Doğal kaynaklar ve insan kullanımı arasındaki bağlılık çevre üzerinde önemli etkilere neden olur (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Bina Tasarımında Ekolojinin Etki Dereceleri (Sarte, 2010: 27; Yazar Tarafından Yeniden Üretilmiştir)

Pozitif etki (+)	Pozitif etki (++)	Pozitif etki (+++)	Pozitif etki (++++)
Tahrip edilen alanları azaltmak	Doğal sistemi korumak	Yerinde restorasyon/ doğal sistemi canlandırmak	Saha dışı restorasyon

e) Toplum;

Sürdürülebilir bir toplum kavramı geçmişten günümüze uzanan bir kavramdır. 1981'de, Dünya Gözlem Enstitüsü'nün kurucusu Lester Brown bu kavramı, "gelecek nesillerin şansını azaltmadan ihtiyaçların karşılanabilmesi" olarak tanımlamıştır (URL 7). Bu kavram çevresel ve sosyal sorunları kapsayacak şekilde günümüze ulaşmıştır. Sürdürülebilir toplum; çevre, sosyal ve ekonomik kaygı üçgenindedir. Toplumdaki vatandaşlara büyümek, gelişmek için fırsat verilmesi ve yarının kaynaklarının da korunması, toplumsal sürdürülebilirliğin bir gerekliliğidir (Çizelge 1.5).

Çizelge 1.5. Toplumun Etki Dereceleri (Sarte, 2010: 27; Yazar Tarafından Yeniden Üretilmiştir)

Pozitif etki (+)	Pozitif etki (++)	Pozitif etki (+++)	Pozitif etki (++++)
Mevcut toplumda kurulan sosyal ağ	Eğitim ve iş gücü	Devlet yatırımı	Diğer toplumlarla entegrasyon

1.3. Sürdürülebilir Tasarımın Ölçütleri

Sürdürülebilir kalkınma için Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve diğerleri tarafından değerlendirilen kriterler: toplum, ekoloji, enerji, su ve malzeme olarak 'Sürdürülebilirliğin Beş Temel Unsuru' başlığı altında bahsedildiği gibi adlandırılmaktadır. Derecelendirilen her basamak ise kalkınma hedefine göre

tanımlanmaktadır. Zararı azaltmak, ilk hedef olup, 'kaynakların sürdürülebilirliği, sistem entegrasyonu ve yenileyici tasarım' sırasıyla ikinci, üçüncü ve dördüncü sürdürülebilir kalkınma hedefleridir (Çizelge 1.6).

Dünya'da kullanılan enerjinin kaynağı ağırlıklı olarak nükleer ve fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Ancak, bu yakıtların kullanımı sonucu karbondioksit ve karbonmonoksit gazları atmosferde birikir. Bu gazların fazla birikmesi sera etkisine ve küresel ısınmaya yol açtığı için oldukça tehlikelidir (Marka, 2011). Bu nedenle, enerjinin üretim ve tüketim şekli sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.

Çizelge 1.6. Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Diğerleri Tarafından Kullanılan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sarte, 2010: 50)

KRİTERLER	**BİRİNCİ DERECE** (ZARARI AZALTMAK)	**İKİNCİ DERECE** (KAYNAKLARIN SÜRDÜRÜLE-BİLİRLİĞİ)	**ÜÇÜNCÜ DERECE** (SİSTEM ENTEGRSYONU)	**DÖRDÜNCÜ DERECE** (YENİLEYİCİ TASARIM)
TOPLUM	-Projeyi yerel içeriğe entegre etmek -Altyapı etkilerini en aza indirmek -Hava kirliliğini azaltmak	Eğitim ve istihdam -Yerel eğitim ve iş gücü gelişimini iyileştirmek -Sağlık hizmetlerine ve aile planlamasına erişimek	Sermaye geliştirme -Çevredeki topluluklarda altyapıyı iyileştirmek, genişletmek -Yerel topluluklar için ek vergiye dayalı gelir **s**ağlamak	-Kalıcı ekonomik ve sosyal faydalar elde etmek -Öğrenme ve eğitim sistemlerini optimize etmek -Kooperatif ağlarını genişletmek ve etkinleştirmek

Çizelge 1.6. devamı

EKOLOJİ	Tahrip alanları azaltmak -Sulak alanlara etkileri azaltmak -Açık alanla ilişkili olmak -Habitat üzerindeki olumsuz etkiyi en aza indirmek	Doğal sistemi koruma -Hassas türlerin izlenmek -Yaban hayatı koridorlarını korumak -Doğal hidrolojiyi iyileştirmek -Yerli bitkilerle peyzaj tasarlamak	Yerinde restorasyon -Yerel sistemleri yeniden oluşturmak -Yaban hayatı koridorlarındaki yerli türleri restore etmek -Yerinde ve tesis dışı ağaçlandırmak	-Biyoçeşitliliği en üst düzeye çıkarmak ve gerektiğinde geri yüklemek -Ekosistemlerde model, makro ve mikro ölçekte biyomimikri sağlamak -Çevreye duyarlı teknolojileri uygun kullanmak
ENERJİ	Verimlilik -Karbon emisyonunu azaltmak -Enerji tasarruflu cihazlar kullanmak -Bina ölçeğinde enerji talebini azaltma stratejileri uygulamak -Toplu taşımayı teşvik etmek	Yüksek perfomans sistemlerini aktifleştirme -Güneş enerjili havalandırmak -Transit yönelimli kalkınmak -Enerji izleme sistemlerini kullanmak -Pasif enerji tasarımını teşvik etmek	Yenilebilir enerji üretimi -Fotovoltaik (PV) panel kullanımı -Rüzgar gücünden enerji sağlamak -Sıfır emisyon aktarımı -Karbon birikimi azaltmak	Sıfır karbon -Atmosferik karbon dioksitin net alımını kolaylaştırmak -Zararları denetim ile enerji kullanımını sürekli olarak en aza indirmek

Çizelge 1.6. devamı

SU	Su verimliliği -Su tasarrufu -Az su ile bitki yetiştirmek	Suyun geri kazanımı -Gri su geri dönüştürmek -Yerinde atık su arıtmak -Yerinde su tutmak	Suyun yeniden kullanımı -Yerinde yağmur suyu toplamak -Su geri kazanım sistemlerini kullanmak	Su dengesi -Etkili talep yönetimi Net Zero kullanımı için çaba göstermek -Hidrolojik koşulları gelişme öncesi eşleştirmek
MATERYAL	Doğal materyal kaynağı -Geri dönüşümü aktifleştirmek -Zehirli maddeleri azaltmak	Bölgesel materyal kaynağı -Malzemeleri aktif kullanmak -Yerinde birleştirmek	Yöresel materyal kaynağı -Yapıyı yıkımına yönelik tasarlamak -Yerinde tarımsal üretim yapmak	-İnşaat ve operasyonlar yoluyla ekolojik ayak izlerini en aza indirmek -Atık üretimini en aza indirmek ve sorumlu geri dönüşüm kullanımını teşvik etmek

Enerji etkin binaların tasarlanması geri dönüşü olmayan çevre sorunlarını önlemek adına gereklidir. Yerinde enerji üretimi ve daha iyi tasarım içeren binalar, sıfır enerji tüketebilmekte ayrıca ek enerjiyi üretebilecek duruma gelmektedirler (URL 8).

Çevre Koruma Ajansı yanısıra, Amerika Mimarlar Enstitüsü Çevre Komitesi (AIA/ COTE) tarafından geliştirilen sürdürülebilir tasarımı ölçen parametreler ise on başlıkta toplanmaktadır. Değerlendirilen bu ölçütler aşağıdaki gibidir:

- tasarım ve yenilikçilik,
- bölgesel ve toplumsal tasarım,
- arazi kullanımı ve saha ekolojisi,
- biyoklimatik tasarım,
- ışık ve hava, su dönüşümü,
- enerji akışı ve enerjinin geleceği,
- materyal ve kullanım döngüsü,
- uzun yaşam ve esnek dönüşüm,
- geri besleyici döngü,
- sistemi geliştiren sonuç çıkarımlarının toplanması (URL 9).

1.4. Sürdürülebilir Enerji

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliği, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğunda hızla artmaktadır (URL10-11, Berardi, 2016). Enerji kaynaklarının tükenmesi, petrol, kömür, nükleer enerji gibi kendini yenileme durumu olmayan kaynakların bilinçsizce kullanılması, bu kaynakların çevreye ve atmosfere verdiği kirlilik gibi etkenler, insanları yenilenebilir (sürdürülebilir) enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir (Külekçi, 2009). Bu sistemler, yaşam döngüsü boyunca enerji verimliliğine sahip olabilmektedir. Aynı zamanda fosil tabanlı bir enerji kaynağı sistemlerinden üstün durumdadır (Mardani ve diğ., 2015).

Dünya üzerinde yer alan birçok enerji kaynağı, insanlara değişik şekillerde hizmet etmektedir. Günümüzde ısıtma, soğutma, taşıma veya elektrik enerjisi üretme amaçlı olarak (konutta, sanayide vb.) kullanılan bu kaynaklarla ilgili yapılan araştırmalarda, genel olarak ortak bir sınıflandırma biçimi bulunmamaktadır (Gülay, 2008; Güner, 2016). Hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjileri ise yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır (Güner, 2016).

1.4.1. Tasarım Yoluyla Binaların Enerji Talebinin Azaltılması

Binaların, içinde yaşayacak insanların, toplumun ve gelecekteki müşterilerinin taleplerini karşılayacak şekilde inşa edilmesi gerekmektedir. Genellikle, binaların yapımını belirleyen etmenler; kullanıcı talepleri, yasal gereklilikler, yönetmelikler, standartlar ve fonksiyonel kaygılardır. Bu kaygıların nedeni, tasarım boyunca birçok gereksinimin yönetimi, daha sonra ısıtma, soğutma, havalandırma gibi orijinal gereklilikleri karşılamayan çözümlere yol açabilecek performans hesaplamalarının net oluşturulmamasından kaynaklanmaktadır (Kiviniemi ve diğ. 2005; Jallow ve diğ. 2008). Bu durum, ilk aşama olan bina tasarımı üzerine tekrar düşünmeye, yeniden birçok işlemin ilişkisini sorgulamaya neden olur. Çünkü, enerji tüketiminin artması, bina enerji verimliliğinin azalmasıyla sonuçlanır.

Sürdürülebilir enerji talebini gerçekleştirmek için yapılacak ilk adım bu ihtiyacı bina tasarımından başlayarak azaltmaktır. Enerji tasarrufu ile enerji verimliliği arasında belirgin bir fark vardır. Enerji tasarrufu daha az enerji kullanmaktır. Enerji verimliliği denilince ise aynı miktardaki bir enerjiden daha fazla yararlanmak anlamına gelmektedir. Şekil 1.3' de görüldüğü üzere binalar dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de enerjiyi en fazla tüketenler arasındadır.

Bir binanın tasarımına ve kullanımına dahil olan her şey doğrudan enerji tüketimini etkilemektedir. Her iklime uygun genel geçer bir tasarım çözümü vardır demek doğru değildir. Bu sebeple enerji ihtiyacını en aza indirmek amacıyla binaların çevre verileri dikkate alınarak tasarlanması ve binalarda insan sağlığı ve konforu düşünülerek optimize edilen tasarım çözümlerininin kullanılması gerekir. Yerel enerji kaynaklarının projede kullanılması ise, verimliliğe katkı sağlayabilmesi açısından oldukça önemlidir.

Binalarda enerji performansı yalnızca binaların şekliyle, formuyla değil aynı zamanda kullanıcının alışkanlıklarından, gündelik işlevlerden de etkilenir. Bu nedenle, kullanıcının enerji tüketimi hakkında bilinçli olması sağlanmalıdır.

Mimari tasarımda, 'enerji korunumuna yönelik fiziksel çevre ölçütleri, tasarım

aşamasında mimarı yönlendirecek çevresel ve yapısal verileri içermektedir. Yaşanabilir bir biçimde çevre-mekan ilişkisinin kurulabilmesi için sözü geçen bütün bu ölçütlerin mimari tasarımın ve uygulamanın her aşamasında, geri besleme yolu ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Tasarım sonucu ortaya çıkan ürün, bir başka deyişle yapı, bir sistemler bütünü olarak ele alındığına göre, bu sistemlerin birbirleri ile olan ilişkileri tasarım sürecinde ortaya konmalı, yapım aşamasında da uygun sistemlerin uygun mekanlarda kurgulanması sağlanmalıdır (Özüer, 2012).

Enerji etkin yapıyı oluşturmak için ortak amaca sahip tüm mimarların, şehir plancılarının yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında yönlendirici bilgileri, iklime dayalı (pasif) tasarım ve aktif tasarım stratejilerininin uygulamaya yönelik ortak tedbirler alması gerekmektedir.

1.4.2. Enerjinin Verimli Kullanılması (İklime Dayalı, Pasif Tasarım) Stratejileri

Pasif yöntemler ilave mekanik araç gereç kullanılmaksızın ve ilave enerji tüketimi olmaksızın bina bileşenlerinin (özellikle masif kütle duvar, döşeme, tavan vb.) güneş enerjisinin toplanması, dağıtılması ve kontrol edilmesi amacıyla kullanıldığı sistemlerdir (Wachberger, 1998). En etkili enerji tasarrufu tekniklerinden bazıları, dışarıdan enerji takviyesi olmayan, ilave enerji kullanmayan sistemlere dayanır.

Enerji etkin yapı tasarımında iklimsel veriler temel etkendir. Çünkü bina kabuğunu etkileyen dış çevre bileşenleri ve bina kabuğunun yapısal özellikleri iklim bileşenlerinden etkilenir. Bu bileşenler ise güneş ışınımı, atmosfer sıcaklığı ve nemi, hava akımı yani rüzgardır (Koca, 2006). Isıl konfor, bir iç mekanda yaşayanların gerek bedensel gerekse zihinsel eylemlerini sürdürürken belirli bir rahatlık içinde bulunmalarını ifade etmektedir (Szokolay, 2007).

Pasif enerji tasarruflu sistemlere örnek olarak, yapay ışık yerine, güneş ışığı alan bir evi aydınlatmak ve ısıtmak veya klima kullanmak yerine, soğutma için mekan içine egemen hava esintilerini sağlamak için uygun pencerelerin

tasarlanması verilebilir. Birçok mimar, bu çözümlerin etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için mühendislerle ve diğer yeşil tasarım uzmanlarıyla işbirliği yaparak, bu teknikleri iyi bir şekilde bilir ve kullanır. Örneğin, 90'lı yılların başında Passivhaus Enstitüsü'nden Dr Wolgang Feist tarafından Almanya'da geliştirilen 'Passivhaus', pasif tasarım için ultra düşük enerji yapı standardı ve uygulamaları sunmuştur (Sarte, 2010).

Binaların ve sistemlerin enerji talebini azaltmak, kapsamlı şekilde proje alanı analizi geliştirmeyi, projenin ihtiyaç ve hedeflerini açıkça tanımlamayı ve bu anlayışı mevcut enerji fırsatlarıyla içselleştirmeyi gerektirmektedir. Kentsel ölçekte proje alanının okunması, sokakların yönelim şekli, bitki örtüsü, bina şekli, bulunduğu yerel ortamın malzeme ve topoğrafik analizi, kullanıcının ısısal konforunu sağlamak, kentte ısı etkisini ve binanın enerji performansını iyileştirmek için düşünülmesi, yorumlanması gereken parametrelerdir. Örneğin, sıcak-nemli bir

iklimde mümkün olduğunca yaygın, çok yüzeyli, yerden koparılmış, geçirgen ve hafif konstrüksiyonlu bir planlama söz konusu iken sıcak-kuru iklim için daha içe dönük, avlulu, küçük açıklıklı ve ağır konstrüksiyonun tercih edilmesi gerekmektedir

Türkiye'deki iklimsel veriler dikkate alındığında, bölgeler arasında farklılık gözlenmekle birlikte genel prensip, mümkün olduğunca binaların doğu-batı doğrultusunda uzanmasını sağlamak, güney cephesini genişleterek güneş kazançlarını ve kontrolünü kolaylaştırmak gerekmektedir (Harputlugil, 2016).

Binaların enerji performansını arttırabilen pasif tasarım stratejileri, etki alanı ve uygulama biçimi Çizelge 1.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.7. Pasif Tasarım Stratejileri (Sarte, 2010: 171-176; Yazar Tarafından Yorumlanarak Hazırlanmıştır)

Binalarda Enerji Performansını Arttırma Stratejileri		
Pasif tasarım (İklime dayalı)		
Etki alanı	**Strateji**	**Uygulama**
-Isıtma ve soğutma yükleri -Kent gelişimi	-Referans çizgili yönelim	-Soğuk ve ılıman iklimde kışın egemen olan rüzgar yönüne dik, yaz meltemine paralel; sıcak iklimde ise rüzgara paralel olarak yerleşim alanı oluşturmak
-Isıtma ve soğutma yükleri -Kent gelişimi	-Mikro iklimlendirme (dar bölge iklimi)	-Bitkide su tüketiminin soğutucu etkisi nedeniyle rüzgar yönünde yeşillendirmek -Yoğun alanlarda gün ışığını yer altına da yayan park alanları oluşturmak ya da geniş oturum tabanlı binalar tasarlamak
-Isıtma ve soğutma yükleri	-Yalıtımlı bina kabuğu	-Bina malzemelerini seçmek, yalıtım ve izolasyon sağlanmak - 'Uygun şekilde yalıtılmış bina kabuğu ısıtma yüklerinin faturasını % 20 - 30 oranında azaltmaktadır' (URL 12)
-Havalandırma ve soğutma yükleri	-Doğal havalandırma	-Bina kabuğundan hava geçirmeden pencereleri karşıt yerlerde planlanmak -Hava akışını iç mekanda yönlendiren bina kütlesinde çıkmalar tasarlamak
-Isıtma ve soğutma yükleri -Doğal aydınlatma	-Bina tasarımı ve araziye yerleşimi	-İzolasyonu sağlamak için kalın duvarların kullanmak -İklime bağlı olarak güneşe yönelimli yerleşmek -Fazla ısı kaybı olmadan ve ışık sağlayacak şekilde pencerelerin boyutlandırmak -Sıcak iklimde renkli ya da film kaplı pencere ve gölgeleme elemanı kullanmak -Düşük yayılımlı (low-e) yüksek performans sağlayan cam tipi kullanmak -Enerji harcamadan doğal yolla ışık ve ısı sağlayan çatı ışıklığı, ışık rafı ya da güneş tüplerinin kullanmak

Çizelge 1.7. devamı

-Isıtma ve soğutma yükleri	-Termal kütle	-Taş duvar, geçirimsiz beton, yığma yapı malzemeden duvar kullanarak dış mekanda değişen ısı koşullarına karşı iç mekandaki ısı stabilesini sağlamak
-Isıtma ve soğutma yükleri -Kent gelişimi	-Yansıtıcı bariyer ve yüzeyler	-Çatıyı ince alüminyum veya başka metal levha ile kaplamak - 'Sıcak iklimde üreticilere göre yansıtıcı bariyerler, ışıyan ısının kaynağına % 97 oranında dönmesini sağlar '(URL 13).
-Isıtma ve soğutma yükleri -Kent gelişimi	-Bitkilendirme	-Beton ve asfalt yerine ılıman ve soğuk iklimde yaprağını döken; sıcak iklimde ise yaprağını dökmeyen bitkilerle çevre düzenlemesi yapmak -Yeşil çatı kullanmak

1.4.3. Enerjinin Verimli Kullanılması (Aktif Tasarım) Stratejileri

Pasif tasarım stratejileri uygulandıktan sonra, binanın iklimsel konforu ve kullanıcıların ihtiyaçları üzerindeki tüm etkileri dikkate alarak; mekanik sistemler ve cihazların bütünsel bir şekilde kullanılmasıyla enerji verimliliği en üst düzeye çıkarılabilmektedir.

Enerji verimliliğini arttırmak amacıyla uygulanan aktif tasarım stratejileri, etki alanı ve uygulama şekli Çizelge 1.8'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.8. Aktif Tasarım Stratejileri (Sarte, 2010: 176-181; Yazar Tarafından Yorumlanarak Hazırlanmıştır)

Binalarda Enerji Performansını Arttırma Stratejileri		
Aktif Tasarım		
Etki alanı	**Strateji**	**Uygulama**
-Aydınlatma yükleri	-Enerji verimli aydınlatma	-Yumuşak ve daha sıcak renkte ışık veren kompakt flüoresan ampullerin, -Uzun ömürlü ve enerji verimli LED aydınlatmanın tercih etmek (URL 14)
-Elektrik ve su tüketimi	-Enerji verimli elektrikli ev aletleri	-Geleneksel modeller yerine enerji verimli çamaşır yıkama, bulaşık, buzdolabı ve televizyon gibi ev aletlerinin tercih etmek, Sertifikalı Energy star gibi enerji talebini azaltan programları kullanmak (URL 15)
-Isıtma, soğutma ve havalandırma yükleri	-Isı geri kazanım sistemleri	-Mekanik bir sistem olarak, binaya verilen taze havayı önceden ısıtmak veya önceden soğutmak için havalandırmanın giriş kanallarına ısı geri kazanımı için tasarlanmış cihazlar koymak -'Yeni yapılan binalara uygulandığında, fazla nemi, kirletici maddeleri ve diğer hava kirleticileri giderir. Bu sayede kışın ısıtma gereksinimlerini minimumda tutarlar, doğal havalandırmaya katkıda bulunurlar ve yaz döneminde sıcak ortamdan gelen havanın sıcaklığını dışarıda tutarlar' (URL 16).
-Isıtma ve soğutma yükleri	-Jeotermal yalıtım	-Jeotermal ısı pompası sistemlerini kullanmak - Toprak döngü tiplerine ve ısı değişim ortamlarına göre farklılık gösterir. Halen, dünya halka döngülerinin en yaygın biçimleri yatay, dikey veya çaprazdır. İki ana değişim metodu su bazlı ve direkt değişimdir. Yıllık sıcaklık değişimi geniş olan bölgeler için çok verimlidir' (URL 17).

Çizelge 1.8. devamı

-Isıtma, soğutma ve havalandırma yükleri	-İç mekan hava akımı değişimi	-Mekanik havaladırma sağlamak - Yalıtımlı binalarda, mekanik havalandırma temiz oksijen ihtiyacı ve havanın filtrelenmesi nedeniyle gereklidir. Hava değişimi üç açıdan incelenmektedir; filtreleme, doğal havalandırma ve mekanik havalandırma' (URL 18).
-Isıtma, soğutma ve havalandırma yükleri	-Soğuk tavan sistemleri	-Soğutulmuş kirişler veya entegre servis modülleri gibi doğrudan su bazlı soğutma sistemlerini uygulanmak -'Yaşayan konforu için performansın garanti edilmesini sağlarken BREEAM gerekliliklerinin dengelenmesi zorluğunun karşılanmasına yardımcı olmaktadır' (URL 19).

1.4.4. Sürdürülebilir Güç Kaynakları Tasarımı

Enerjiye duyulan gereksinim, insanlık var olduğu sürece, kaçınılmazdır. Enerji etkin bina tasarımında, kullanıcının tükettiği enerjinin azaltılması öncelikli amaçtır. Sonrasında ise, güç kaynaklarından elde edilen verimliliğin sağlanması gerekmektedir. Bu ise, güç kaynaklarının doğru şekilde seçilmesi ve teknolojik gelişmelerle birlikte ele alınması ile mümkündür. Enerji verimli bir bina tasarımı için, çevresel verilerin analizinden elde edilen tüm güç kaynaklarından iyi bir şekilde yararlanılması önemli olmaktadır.

Güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle yakıtı, küresel ölçekte, en çok tüketilen enerji üretim yöntemleridir (Sarte, 2010). Mikro ölçekli hidroelektrik sistemler, gelgit ve dalga enerjileri de yenilenebilir enerjiyi elde etmeyi sağlayan diğer güç kaynaklarındandır. Bu tez çalışmasında en yaygın kullanılan enerji kaynağı olarak güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle (biyoyakıt) enerjisinden söz edilmiştir.

a) Güneş enerjisi;

Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı, fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve dünyamızı ısıtan güneş enerjisidir (Şeker, 2016: 811). Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar, özellikle, 1970'lerden sonra hız kazanmış ve geliştirlen sistemler, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir (URL 20). Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar; ısıl güneş ve fotovoltaik güneş teknolojileridir.

-Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir (Şeker, 2016: 811).

-Fotovoltaik (PV) Güneş Teknolojisi: Güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürme işlemidir. Fotovoltaiklerin bu özelliği ilk olarak 1839'da gözlenmiştir.

Ancak, 1954'e kadar bilim adamları tam olarak nasıl çalıştığını keşfedememişlerdir (URL 21). Enerji verimliliğine ilginin artması, yapı maliyetini azaltma çabası, çevresel ve ekolojik kaygılarının artması nedeniyle, fotovoltaik tesisler günümüzde önemli yenilenebilir enerji teknolojilerinden biri olarak görülmektedir.

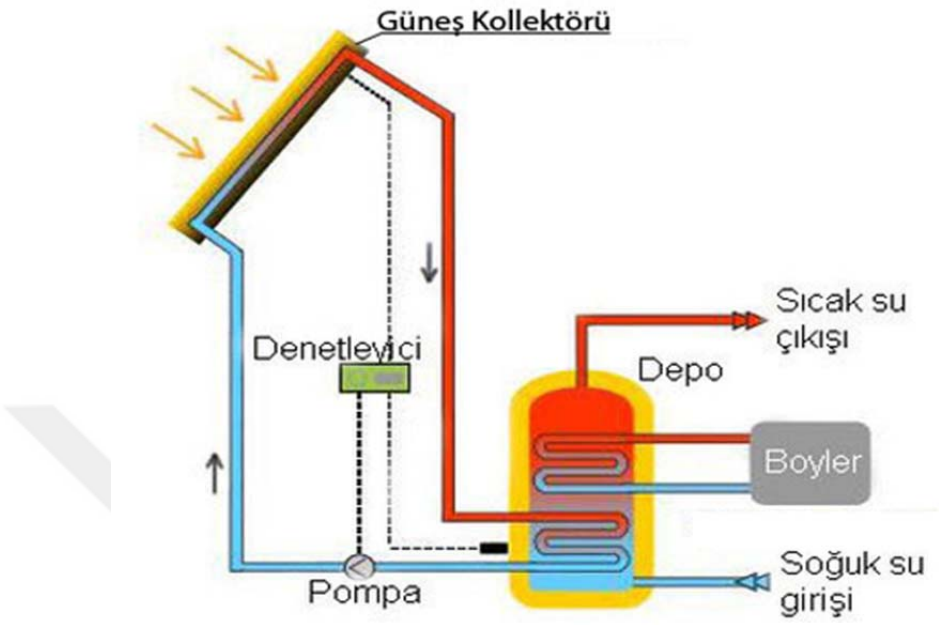
PV modülleri eğik ve düz çatılara monte edilebildiği gibi bina duvarlarına ve pencerelere de uygulanabilmektedir. Hatta, güneş enerjisi seraları gibi yerlerde, şeffaf modüller halinde kullanıldığı da görülmektedir (Şekil 1.5)



Şekil 1.5. Güneş Pilleri Örneği (URL 22)

-Güneş kolektörleri:

Sisteme verilen soğuk suyun ısınmasını sağlayan güneş kolektörleri, güneşten yayılan radyasyonun toplanması ve yoğunlaştırılması mantığıyla çalışan sistemlerdir. Kolektörlerden elde edilen sıcak su, binaların ısıtılmasında da kullanılmaktadır. Sistemle ilgili yaşanan kış aylarındaki donma sorunu, yalıtımları yapılmış kolektörler, borular ve depolama üniteleri yardımıyla çözülebilmektedir. Bir kolektörden, yüksek verimlilik, uzun ömür, uygun fiyat ve kolay montaj beklenir (Özdoğan, 2005) (şekil. 1.6).



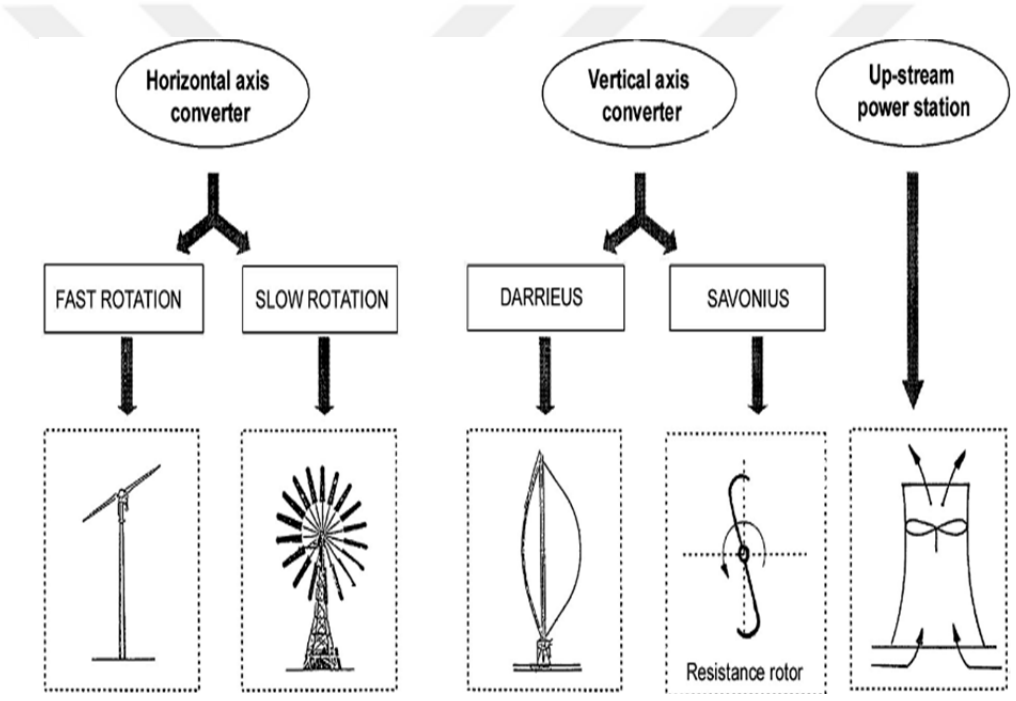
Şekil 1.6. Güneş Kollektörü (URL 23)

b) Rüzgar gücü:

Rüzgâr enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin % 1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir (Şeker, 2016: 813).

Rüzgar türbinleri, yenilenebilir enerji elde etme yöntemlerinden biridir ve düşük çevresel ayak izi nedeniyle tercih edilmektedir. Rüzgar gücünün kullanıldığı rüzgar türbinleri çevresel olarak yenilenemeyen enerji kaynakları olan kömürden, doğal gazdan veya nükleer enerjiden daha kullanışlıdır. Rüzgar gücünün kullanılması, CO2, SO2, NOx ve diğer zararlı emisyonları ortadan kaldırır (Tong, 2010). Ayrıca, kWh başına rüzgar enerjisi maliyeti güneş enerjisinden çok daha düşüktür (El-Ali ve diğ., 2007).

Günümüzde kullanılan çeşitli rüzgar türbinleri vardır (Şekil 1.7). ‘En yaygın cihaz yatay eksenli rüzgar türbinidir. Bu türbin, kullanım amacıyla genellikle uzun eksenleri etrafında yuvarlanabilen, sadece birkaç aerodinamik olarak optimize edilmiş döndürme kanadından oluşur. Kullanımının daha ucuz bir yolu da, bıçaklar boyunca akan havanın belirli bir hızda türbülansa gireceği şekilde tasarlanmasıdır (Wagner, 2017) (Şekil 1.7). Temiz bir enerji kaynağı olan rüzgar tribünleri, gelişen teknolojiyle enerji üretimi konusunda kapasitesini artırabilir ve daha uygun maliyetli olabilirler.

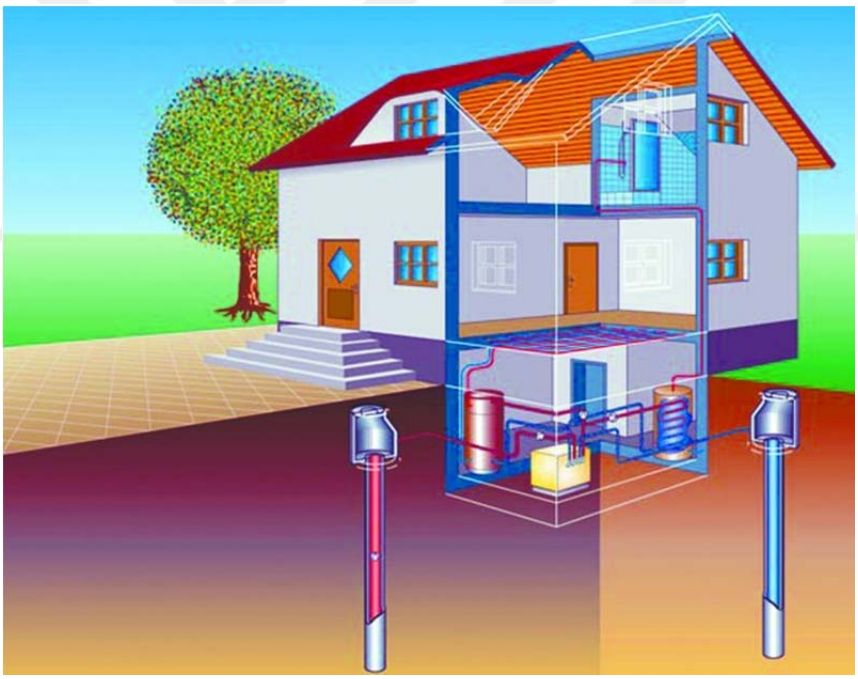


Şekil 1.7. Farklı Rüzgar Tribünlerine Genel Bakış (Wagner, 2017) (Horizontal Axis Conventer: Yatay Eksen Çevirici, Vertical Axis Conventer: Düşey Eksen Çevirici, Up-Stream Power Station: Yukarı Akışlı Güç Istasyonu, Fast Rotation: Hızlı Rotasyon, Slow Rotation: Yavaş Rotasyon)

c) Jeotermal sistem:

Elektrik üretmek için yeryüzünün ısısını kullanmanın birkaç yolu vardır. Geleneksel jeotermal enerji santralleri, dünya yüzeyinin altındaki jeotermal

faaliyetin yarattığı sıcak su veya buhardan gelen enerjiyi kullanmaktadır. ‘Gelişmiş jeotermal sistemler veya EGS olarak bilinen umut vaat eden yeni bir teknolojidir ve enerji oluşturmak için, yer kabuğunda bulunan doğal ısıyı kullanarak derindeki kayalardan jeotermal ısı çıkarma işlemidir. Teknoloji, önce kabukların ısısını hafifletmek için yeterli derinlikte ana kayaya inerek çalışır. Yüzey alanını arttırmak amacıyla sıcak yeraltı kayalıklarında bir çatlak ve damar ağı oluşturmak için kayaya su enjekte edilir. Su, daha sonra bu damarlardan su dolaştırılır, hızlı bir şekilde ısıtılır ve enerji üreten türbinleri döndürmek için yüzeye buhar olarak geri gönderilir. Su soğutulduğundan ve kapalı bir döngüde tekrar kullanıldığından, sistemler çok verimlidir (Sarte, 2010) (Şekil 1.8)



Şekil 1.8. Jeotermal Sistem Çalışma Prensibi (URL 24)

d) Biyokütle Enerjisi:

Biyokütle (biyoyakıt) enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere katkı sağlaması, nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyoyakıtlar katı (biyokömür, biyobriket-biyopelet), gaz (biyogaz, biyosentez gazı, biyohidrojen) ve sıvı (biyodizel, biyoetanol, biyometanol, biyo-oil) olarak sınıflandırılmaktadır (Oran, 2013; Güner, 2016).

'Pirinç kabukları, talaş ve preslenmiş şeker kamışı' enerji üretmek için kullanılabilir. Söğüt ve şalt gibi hızlı büyüyen "enerji mahsulleri" özellikle biyokütle enerji üretimi için yetiştirilebilir. Bu malzemeler, araçlar için elektrik veya temiz yakan yakıtlar üretmek için farklı şekillerde işlenebilir, yakıt gibi yakılabilir, yakıtlara fermente edilebilir, metan gazı üretmek için sindirilebilir ya da temiz yanan gaz yapmak için ısıtılabilirler. Biyokütle tesisleri büyük ebatta olabilir ve yıllık 50 megawattın üzerinde güç üretebilirler. Bu tesisler Danimarka, İsveç ve Almanya'daki topluluklara enerji sağlamak için kullanılır' (Sarte, 2010).



Şekil 1.9. Biyogaz Üretim Sistemlerinden Bir Örnek (Gonzalez, 2019)

Örneğin, Küba'nın mağazalarının esas olarak boş raflarında kolayca bulunabilen siyah plastik borular, kırsal bölgedeki La Macuca kasabasındaki evlere

biyogaz dağıtmaktadır. Bunlar yer altına gömülmekte ya da insanların bahçesindeki çim ve taşların arasından geçmektedir. Küba'da hazır bulunan malzemelerden dağıtım ağları oluşturmayı mümkün kılmak için standart sabit bir kubbe biyo-sindiricisini yenileştiren sistemlerden biri, Şekil 1.9'da görülmektedir (Gonzalez, 2019).

e) Hidroelektrik enerjisi:

Hidroelektrik enerjisi, alternatif enerji kaynakları arasında elektrik enerjisi üretiminde olabildiğince fazla yararlanılan en eski enerji kaynaklarından biridir Hidroelektrik santralleri, temiz ve yenilenebilir enerjiden üretim yapması, yüksek verimlilikte olması, ekonomik ömrünün uzun olması ve ülke ekonomilerinin enerjide dışa bağımlılığını azaltması nedeniyle tercih edilmektedir (Güner, 2016). Fakat büyük barajlar, doğal su döngüsünü kesebilmekte ve genellikle çevre üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu nedenle, tercih edilen yeni nesil hidrokinetik teknolojiler, suyun doğal hareketini değiştirmeden; dalgaların, akımların, nehirlerin ve gelgitlerin hareketlerinden enerji üretebilmektedir (Sarte, 2010).

1.4.5. Karbon Ayakizinin Azaltılması

Karbon ayak izi, insan faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu birikimli sera gazı salımlarının toplamını ifade etmektedir (Galli ve diğ. 2012). Birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür ve iki ana parçadan oluşur. Bunlar, doğrudan/birincil ayak izi ve dolaylı/ikincil ayak izidir. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım (örneğin, araba ve uçak) dâhil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan karbondioksit (CO_2) emisyonlarıdır. İkincil ayak izi ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşam

döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı karbondioksit emisyonlarının ölçüsüdür (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2015: 19).

Türkiye'nin, karbon salımını azaltmaya ilişkin yükümlülüğü bulunmamaktadır. Ancak, 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur. Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi'nde; Türkiye'de 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji payının % 30'a çıkarılması hedeflenmektedir.

Türkiye'nin yerli kaynakları olan kömür, hidroelektrik, rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi başta olmak üzere, çeşitli enerji kaynaklarından, enerji arz güvenliği ve iklim değişikliği hedefleri doğrultusunda en üst düzeyde faydalanması gerekmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012: 65)

Su, kullanımı, ulaşım faaliyetleri, yapı yaşam döngüsünde geri dönüşümlü malzeme seçimi, atık yönetimi ve arazi örtüsü üzerindeki değişiklik, herhangi bir projenin karbon yayımını etkilemektedir.

Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı'na (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı:65, 2012: 65) göre karbon ayakizini azaltmaya yönelik öneriler aşağıdaki gibidir:

- Araba düşük güçlü (küçük) olmalı, yürüyerek gidilebilecek mesafeler yürünerek, uygun şartlar varsa bisiklet kullanılarak kat edilmelidir. Aracı uygun hızda kullanarak ve takip mesafesi korunarak gaz-fren olayından kaçınmak, önemli miktarda yakıt tasarrufu sağlar.
- Atıkların azaltılması, imalatçıların gereksiz ve doğada bozulmayan ambalaj malzemeleri kullanmamaları, ambalajsız tüketilebilecek ürünlerin ambalaj kullanmadan tüketilmesi, karbon ayak izini küçültür.
- Bitkisel ve hayvansal artıkların çöpe atılması yerine bahçede ya da belde parklarında tabii gübre olarak kullanılması, geriye dönüşüm konusuna özen gösterilmesi, gerekli olmadıkça çok küçük miktarlarda ambalajlanmış gıda

ürünlerinim tüketilmemesi de pozitif etki eder.

- ❖ Isınmak için doğal gaz yerine güneş enerjisi kullanarak doğal gaz faturalarındaki meblağ büyük oranda azaltılabilir. Kaloriferlerin petek ısıları en alt düzeyde tutulmalı, binalar yeteri kadar havalandırılmalıdır. Buralarda yapılacak iyi bir ısı yalıtımıi doğal gaz tutarını ve karbon ayak izini küçültmede önemli bir rol oynar.
- ❖ Elektrik üretimi, yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmalı, enerji verimli elektrikli ev aletleri ve ampüller tercih edilmelidir.
- ❖ Seyahatlere mümkün olduğunca toplu taşıma araçlarıyla çıkılmalı, tatillere uçakla gidilmeli, bunun yanı sıra, kısa mesafeler için yerel otobüs ve trenler kullanılmalıdır.

1.4.6. Enerji Verimli Bina Tasarım Rehberleri- Standartlar ve Yönetmelikler

Günümüzde enerji etkin binalara ulaşma yolunda dünya çapında hızla yaygınlaşan ve geleneksel tasarım anlayışının yerini alan "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının (BBTY) Türkiye'ye uyarlanmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır (URL 25). Bu yaklaşım, binaların enerji ve çevre performansında büyük iyileştirmeler yapmaya yönelik süreç odaklı bir yöntemdir. Bütünleşik bina tasarımının amacı sera gazı salımlarını azaltmak ve bu yolla iklim değişikliğinin önlenmesine katkıda bulunmaktır.

'Türkiye'deki yasal mevzuatı sürdürülebilir tasarım yönüyle irdelemek gerekirse, enerji verimliliği sağlama doğrultusunda yapılan ilk çalışma olan TS 825 TSE tarafından 1970 yılında yayınlanmıştır. Ancak, sadece ısı yalıtım projelerinde gerekli hesaplamaların yapılmasını sağlayan ve uygulama zorunluluğu olmayan bu standart ile istenilen sonuca varılamamıştır. Bu konudaki ilk yönetmelik, 3 Kasım 1977 tarih 16102 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği" dir' (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016: 25).

Bir diğer yönetmelik ise, 20 Ekim 1981 tarih ve 17499 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 'Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler

Eklenmesi Hakkında Yönetmelik'tir. Bu yönetmelik ile Belediye imar yönetmelikleri konunun uygulanabilmesini sağlayacak hususlar içerecek şekilde revize edilmiş ve inşaat ruhsatı ile yapı kullanım izin belgesi alınması sürecinde binalarda ısı yalıtım şartlarının aranması zorunluluğu getirilmiştir (Hincinar, 2008).

Enerji verimliliği sağlama konusunda yapılan diğer önemli çalışmalardır aşağıdaki gibidir.

- 'Mevcut Binalarda Isı Yalıtım ile Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik', (19 Kasım 1984 tarih ve 18580 sayılı Resmi Gazete)
- 'Isı Yalıtım Yönetmeliği', (16 Ocak 1985 tarih ve 18637 sayılı Resmi Gazete)
- 'Mecburi Standart Tebliği', (14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı Resmi Gazete)
- 'Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği', (14 Haziran 2000 tarih ve 24043 sayılı Resmi Gazete) (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016:25).

Bu tez çalışması kapsamında, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye Ortamı ve Koşullarına Uyarlama Raporu'na (Mayıs 2016) uygun olarak:

TSE 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Çevre Kanunu, İmar Kanunu, Enerji Verimliliği Kanunu, Kamu İhale Kanunu, Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Merkezi Isıtma ve Sıcak Su Paylaşımı Yönetmeliği, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelikler incelenecektir.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı, 18.12. 2013 (kabul tarihi): Ülkemizde ilk defa Şubat 1970'de "Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları" adıyla yayımlanmıştır (Özdemir, 2005). Avrupa Birliği standartlarına uyumlu hale getirilmeye çalışılan standardın ilk hali 29 Nisan 1998 tarihinde

yürürlüğe girmiştir. Türk Standartları Enstitüsü'nün Mühendislik Hizmetlerine bağlı TK30 Enerji ve Enerji Sistemleri Teknik Komitesi'nce TS 825: 2008 + T1: 2009 + T2: 2009'un revizyonu olarak hazırlanmış ve sonra TSE Teknik Kurulu'nun 18 Aralık 2013 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir (URL 26).

Standardın 1981 yılında yayımlanan metninde, ülkemiz 3 derece-gün bölgesine ayrılırken; 1998 yılında yapılan değişiklikle meteorolojik veriler ışığında 4 derece-gün bölgesi oluşturulmuştur. 2013 Aralık'ta yapılan revizyon ile de, TS 825 Ek D'de verilen İllere Göre Derece Gün Bölgeleri tablosunda bölge sayısı 5'e çıkarılmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016).

Çevre Kanunu (11 Ağustos 1983 tarih, 18132 sayılı RG, Kanun numarası: 2872): 1972 yılında Stokholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler (BM) İnsan Çevresi Konferansında, çevre sorunlarını küresel boyutta ele alacak uluslararası bir organın kurulmasına karar verilmiştir (URL 27). BM Çevre Programı (UNEP), 1972'den bu yana, çevre için güçlü bir taraf olarak görev yapmıştır (URL 28).

İklim değişikliği, sera gazı salınımı ve ozon tabakasının zarar görmesi önemli çevre sorunlarıdır. Türkiye'de ise, sürdürülebilir çevre, ekoloji ve çevre korunması kavramlarının irdelendiği ilk yasal düzenlemelerden biri, 'Çevre Kanunu'dur. 1982 Anayasasının 56. Maddesinde yer alan, "Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşamak hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların görevidir." hükmü doğrultusunda, Çevre Kanunu 9/8/1983 tarihinde 2872 sayı ile yayınlanmıştır. Bu kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır (Çevre Kanunu, md.1).

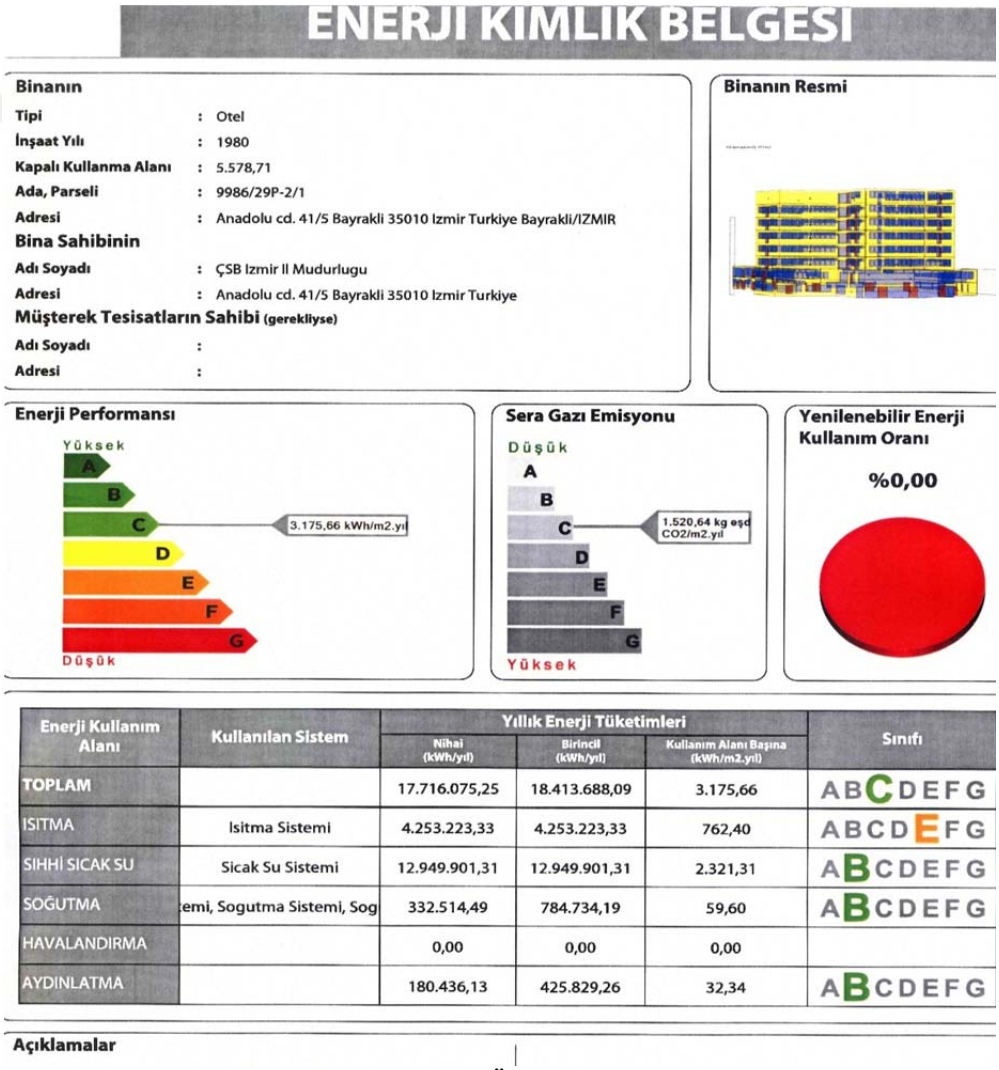
3194 İmar Kanunu (9 Mayıs 1985 tarih, 18749 sayılı RG, Kanun Numarası: 3194):3194 sayılı İmar kanunu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yerleşim yerleri ile bu yerlerdeki yapılaşmaların; plan, fen, sağlık ve çevre şartlarına uygun teşekkülünü sağlamak amacıyla düzenlenmiştir (İmar Kanunu, md. 1).

İlk olarak, 1985 yılında yürürlüğe girmesiyle birlikte imar planı, yapı, arazi ve arsa düzenlemeleri ile igili planlama ilkelerini ve bu konularda yetkili kuruluşları açıklayan genel hükümleri içermektedir.

2005 yılında avan projeye ruhsat verme şekli imar kanununda değişmiştir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından avan projeye göre ruhsat alabilen kamu yapılarına, "onaylı etüt ve uygulama projelerine göre" yapı ruhsatı verilmesi önerilmektedir. Yani 'yapıların projelendirilmesinde, yapımında ve malzeme seçiminde; amaca uygunluk, öngörülen her türlü afete dayanıklılık, doğal aydınlatma ve güneşlenme, iklimlendirme, enerji etkinlik, gürültü kontrolü ile doğal, kültürel ve yapılı çevreye duyarlılık başta olmak üzere plana ve ilgili yönetmeliklere uygunluk şartı aranması koşulu getirilmektedir'. 2013 yılında "Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" kapsamında tekrardan revize edilmiştir. İlave edilen değişiklik ise uygulamaya ilişkin kararlar, yörenin koşulları, parselin bulunduğu bölgenin genel özellikleri, yapının niteliği ve ihtiyacı, erişilebilirlik, sürdürülebilirlik, çevreye etkisi dikkate alınarak ve ölçüleri verilerek Bakanlıkça belirlenen esaslara göre uygulama imar planında belirlenmesidir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016: 27).

Enerji Verimliliği Kanunu (2 Mayıs 2007 tarih, 26510 sayılı RG, Kanun Numarası: 5627):5627 sayılı bu kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esasları kapsar (Enerji verimliliği kanunu, md1-2). Bu kanunla binalarda enerji kimlik belgesinin hazırlanması zorunlu hale gelmiştir. Mevcut binalar için enerji kimlik belgesi asgari sınıflandırma seviyesi koşulu yoktur. Mevcut binalar halihazırdaki ısı yalıtımı, pencerelerin ısı yalıtımı, ısıtma-soğutma ekipmanları verimi, aydınlatma armatürleri verimliliği gibi parametrelerine bağlı

olarak A sınıfından G sınıfına kadar her sınıf Enerji Kimlik Belgesi alabilmektedir. Mevcut binalar ve 1 Ocak 2011 tarihinden önce yapı ruhsatı almış ve inşaatı devam edip henüz yapı kullanım izni almamış binalar için Enerji Verimliliği Kanununun yayımı tarihinden itibaren on yıl içinde Enerji Kimlik Belgesi düzenlenir. Kısaca, mevcut binalar kanunen 2 Mayıs 2017 tarihine kadar Enerji Belgesi almak zorundadır (URL 29) (Şekil 1.10).



Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı
		Nihai (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	Kullanım Alanı Başına (kWh/m2.yıl)	
TOPLAM		17.716.075,25	18.413.688,09	3.175,66	A B **C** D E F G
ISITMA	Isitma Sistemi	4.253.223,33	4.253.223,33	762,40	A B C D **E** F G
SIHHİ SICAK SU	Sicak Su Sistemi	12.949.901,31	12.949.901,31	2.321,31	A **B** C D E F G
SOĞUTMA	emi, Sogutma Sistemi, Sog	332.514,49	784.734,19	59,60	A **B** C D E F G
HAVALANDIRMA		0,00	0,00	0,00	
AYDINLATMA		180.436,13	425.829,26	32,34	A **B** C D E F G

Şekil 1.10. Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Örneği (URL 29)

Kamu İhale Kanunu (22 Ocak 2002 tarih, 24648 sayılı RG, Kanun Numarası: 4734):22/1/2002 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu'nun amacı, kamu hukukuna tâbi olan veya kamunun denetimi altında bulunan veyahut kamu kaynağı kullanan kamu kurum ve kuruluşlarının yapacakları ihalelerde uygulanacak esas ve usulleri belirlemektir (Kamu İhale Kanunu, md.1).

Proje hizmet alımı aşaması, enerji verimliliği sağlayan yapılar elde edilmesinde en önemli aşamadır. Yapıların proje aşamasında ilgili yasa ve yönetmelikler çerçevesinde ve sürdürülebilir tasarım kriterleri gözetilerek tasarlanması işin büyük payını oluşturmaktadır. Buna ek olarak; sürdürülebilir yapı malzemelerinin seçimi, enerji verimliliği sağlayan kontrol ve paylaşım ekipmanlarının kullanımı, düşük enerji sınıfına sahip donanımların kullanımı gibi temel kararlar mutlaka ihale dokümanlarında yer almalı ve uygulama aşamasında aranmalıdır. Bu noktada özellikle kamu kurumlarındaki teknik personelin enerji verimliliği konusundaki bilgi düzeyi ve farkındalığı, oluşacak yapı stoğunun kaderi anlamında son derece önemlidir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016:27).

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (2 Kasım 1985 tarih, 18916 sayılı RG (mükerrer)): 3/5/1985 tarihli ve 3194 sayılı İmar Kanunu hükümlerine dayanılarak hazırlanmış bir yönetmeliktir. Bu yönetmelik, belediye sınırları ve mücavir alan sınırları içinde veya dışında, imar plânı bulunan alanlarda uygulanır (Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, md. 1).

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'ne göre (Madde 5- (Değişik: RG-1/6/2013-28664) düzenlenecek yapı ruhsatlarında;

- 27/11/2007 tarihli ve 2007/12937 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla yürürlüğe konulan *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*, 5/12/2008 tarihli ve 27075 sayılı Resmî Gazete`de yayımlanan *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*, 8/9/2002 tarihli ve 24870 sayılı Resmî Gazete`de yayımlanan *Yapı Malzemeleri Yönetmeliği*, 26/6/2009 tarihli ve

27270 sayılı Resmî Gazete`de yayımlanan *Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik,* 6/3/2007 tarihli ve 26454 sayılı Resmî Gazete`de yayımlanan *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik* ile 14/7/2007 tarihli ve 26582 sayılı Resmî Gazete`de yayımlanan *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik* hükümlerine uyulması gerekmektedir.

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği istenilen koşulları sağlandığı takdirde sürdürülebilir, ekolojik ve çevreci yaklaşıma uygun tasarlanan enerji performansı yüksek binalar artacaktır.

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (5 Aralık 2008 tarih, 27075 sayılı RG):"Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği"ni yürürlükten kaldıran "Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği" dir. Avrupa Birliğinin 2002/91/EC sayılı çerçeve direktifi doğrultusunda Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği 05 Aralık 2008 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanarak 05 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Harputlugil,2016).

Enerji verimliliği kanunuyla zorunlu hale gelen Enerji Kimlik Belgesi (EKB) (Şekil 1.10), Bina Enerji Performans Yönetmeliği için de bir gerekliliktir. Bu nedenle yönetmeliğin kapsamındaki mevcut ve yeni tüm bina tipleri için EKB hazırlanmasında kullanılacak Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi oluşturulmuştur. Bina Enerji Performans Yönetmeliği (Madde 26)'ne göre EKB' de bulunması gereken bilgiler:

- Bina ile ilgili genel bilgiler,
- Düzenleme ve düzenleyen bilgileri,
- Binanın kullanım alanı (m^2),
- Binanın kullanım amacı,

- Binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırılması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl),
- Tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl),
- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması,
- Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı (kg CO_2/m²-yıl),
- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salımının, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması (kg CO_2/m²-yıl),
- Binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri,
- Birincil enerji tüketimine göre, enerji sınıfı,
- Nihai enerji tüketimine göre, CO_2 salımı sınıfı
- Binanın yenilenebilir enerji kullanım oranıdır.

EKB; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın internet üzerinden uyguladığı BEP-TR programı kullanılmak suretiyle düzenlenmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., 2016:29). BEP-tr ulusal yazılımında, binaların ısıtılması ve soğutulması için ihtiyaç duyulan enerjinin hesaplanmasında temel alınan standart, TS EN ISO 13790'dır (Harputlugil,2016:13). Sonuç olarak BEP-tr programı aracılığıyla elde edilen veriler:

1) Binanın ısıtılması ve soğutulması için ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanmasını,
2) Net ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacını karşılayacak sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma ve soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
3) Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,

4) Binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını,
5) Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

BEP-tr günümüzde yapılan bazı akademik çalışmalarda enerji performans değerlendirme yöntemi olarak kullanılmıştır. Örneğin, Önal, 2014 yılında BEP-tr programı aracılığıyla Antalya ili Korkuteli ilçesinde farklı mahallerde (toplam altı mahalle) inşa edilmiş yirmi adet binanın enerji verim güçlerini değerlendirmiştir. Bu çalışmaya göre 'BEP programında yer alan bina yapımında kullanılan bazı yapı malzemelerinin birebir olarak yer almadığı, bu yüzden de sonuç almak için yakın malzemelerin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca yine yapılan analiz değerlendirmesi sırasında sistemin geometrik olarak binanın tam olarak yapısına göre değil de dikdörtgen, kare, U veya H biçimi geometrik şekillere benzetilerek sisteme kayıt edilebildiği görülmüştür. Bu durum da hem kullanıcıya zaman harcatmakta hem de bina geometrisinde değişiklik olduğu için çıkan sonuçların güvenilirliği konusunu gündeme getirmektedir' (Ünal, 2014).

Bina enerji performans yönetmeliği, eksiklikleri olan bir yönetmelik olsa da enerji verimliğine yönlendiren, tasarımcı ve kullanıcının bilinçlenmesine yardımcı, önemli bir girişimdir.

Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik (14 Nisan 2008 tarih, 26847 sayılı RG):5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu gereğince yayınlanmış olan iki yönetmelikten biri olan, Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmeliğin amacı; mevcut ve yeni yapılacak birden fazla bağımsız bölüme sahip merkezî veya bölgesel ısıtma sistemli ve sıhhî sıcak su sistemli binalarda, ısıtma ve sıhhî sıcak su giderlerinin, bağımsız bölüm kullanıcılarına paylaştırılmasına ilişkin usûl ve

esasları belirlemektir (Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, md. 1).

Yönetmelik gereğince ısınma ihtiyacı için kullanılan enerji bina kullanıcıları arasında paylaştırılmaktadır. Isı kontrol ve ölçüm ekipmanlarının kullanımı zorunludur. Paylaşımlı enerji kullanımı ve ölçüm ekipmanları nedeniyle merkezi sistemle ısıtılan binalarda her bağımsız bölüm ısı ve sıcak su tüketiminde kontrollüdür. Ayrıca merkezi ısıtma sistemli binalarda ortaya çıkan bazı bağımsız bölümlerin ısınmaması, bazı bağımsız bölümlerin ise aşırı ısınması gibi sorunların da çözümüne katkıda bulunabilecektir.

Yönetmelik gereğince projesine göre, imalat yapılmadığının tespit edilmesi halinde ise, bu eksiklikler giderilinceye kadar binaya yapı kullanma izin belgesi veya çalışma ruhsatı verilmemektedir (Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, Madde 12). Bu nedenle binalarda enerji performansına katkı sağlaması, enerji verimliliği yüzdesini arttıracağı öngörülmektedir.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (10 Temmuz 2013 tarih, 28703 sayılı RG): Bu yönetmeliğin amacı, yapı malzemelerinin temel karakteristikleri ile ilgili performans beyanlarının ve malzemelere CE işaretinin iliştirilmesinin kurallarını oluşturarak yapı malzemelerinin piyasaya arz edilmesi ve piyasada bulundurulması ile ilgili usul ve esasları belirlemektir (Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, md.1). Yönetmelik, Avrupa Komisyonunun 305/2011/EU sayılı Yapı

Malzemeleri Tüzüğüne paralel olarak hazırlanmıştır.

Yapı malzemesine CE işaretlemesi konulabilmesi için yönetmeliğe göre performans beyanı düzenlenmesi zorunludur; imalatçı tarafından performans beyanı düzenlenmemiş ise yapı malzemesine CE işareti konulamaz. İmalâtçı, CE işaretini iliştirmekle veya iliştirilmesini sağlamakla yapı malzemesinin beyan edilen performansına ve aynı zamanda bu Yönetmelikte ve işaretlemeye ilişkin Avrupa Birliği mevzuatını uyumlaştıran ulusal mevzuata uygunluğunun sorumluluğunu üstlenmiş olur (Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, md.10).

Yönetmeliğin ilk ekinde 'Yapı İşleri İçin Temel Gerekler'le' ilgili bilgilendirme yapılmaktadır. Yapı işlerinin bir bütün olarak değerlendirilmesi ve ayrı bölümlerinde belirlenen temel gerekliliği karşılaması zorunlu tutulmuştur. Yönetmeliğe göre yapı işlerinin temel gereklilikleri: mekanik dayanım ve stabilite; yangın durumunda emniyet; hijyen, sağlık ve çevre; kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik; gürültüye karşı koruma; enerjiden tasarruf ve ısı muhafazası; doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımıdır.

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik (27 Ekim 2011 tarih, 28097 sayılı RG): Enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemek bu yönetmeliğin esas amacıdır (Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik, md 1).

Yönetmeliğin kapsamı ise enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine, etüt ve projelere, projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşma uygulamalarına, talep tarafı yönetimine, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin artırılmasına, termik santrallerin atık ısılarından yararlanılmasına, açık alan aydınlatmalarına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ve idari yaptırımlara ilişkin usul ve esaslarıdır (Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik, md. 2).

Yönetmeliğe göre projelerde enerji verimliliği sağlayan önlemler yer almaktadır. Bu önlemler genel anlamda; ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve ısı transferinde en yüksek verimin elde edilmesi, ısı yalıtımının standartlara uygun olarak yapılması, yenilenebilir enerji, ısı pompası ve kojenerasyon uygulamalarının

analiz edilmesi, cam giydirme cephelerde ve çift cam sistemlerde düşük yayınımlı ısı kontrol kaplamalı camların kullanılması, atık ısı geri kazanımı gibi sıralanabilmektedir.

1.4.7. Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri

Binaların çevre üzerinde doğrudan ve dolaylı büyük etkisi vardır. İnşaat, kullanım, yeniden işlevlendirme ve yıkım aşamalarında binalar; enerji, su ve hammadde kullanır, atık üretir ve atmosfere zararlı emisyonlar yayar. Bu gerçekler, sürdürülebilir tasarım ile binaların doğal çevre üzerindeki etkilerini hafifletmeyi amaçlayan yeşil bina standartları, sertifikalar ve derecelendirme sistemlerinin oluşturulmasını sağlamıştır (Vierra, 2016).

İnşaat sektöründe sürdürülebilir kalkınma bilincinin artmasıyla, binaları değerlendirmek için bir enerji derecelendirme prosedürü daha önemli hale gelmiştir. Günümüzde en yaygın kullanılmakta olan çevre değerlendirme şemaları: Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED), Bina Araştırması Kurulması Çevresel Değerlendirme Yöntemi(BREEAM) ve Green Star'dır (Roderick Y. ve diğ.). Bu tez çalışmasında kapsamında LEED, BREEAM ve Green Star enerji performans değerlendirme biçimi incelenmektedir.

LEED Sertifikası: LEED, ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir ve 1998 yılında yeşil bina uygulamaları için ulusal olarak bir kriter olarak kabul edilmektedir (Roderick Y. ve diğ.). LEED Değerlendirme Sistemi, düzenli sıklıkta güncellenmektedir. 2009 'da kullanılan LEED v3 Sistemi'nin kriterleri yedi basamaklıdır. 2016 yılında güncellenmiştir ve günümüzde LEED v4 Sistemi'nin kriterleri kullanılmaktadır. LEED v4 değerlendirme sistemine göre, binaların çevreye etki değeri, sekiz farklı değerlendirme ölçütü kapsamında analiz edilmektedir (URL 30). LEED v3 ve LEED v4'de, değerlendirme ölçütleri ve puan yüzdeleri 1.9'da karşılaştırılmıştır. Sürdürülebilir tasarıma uygun bir proje için, 'Yerleşim ve Ulaşım' kararları, LEED V4 (2016) değerlendirme ölçütlerine dahil edilmiştir.

Çizelge 1.9. LEED V3 ve LEED V4 ‘ün Puanlama Sistemlerinin Karşılaştırması

LEED V3 (2009)		LEED V4 (2016)	
Değerlendirme ölçütleri	**Puan (%)**	**Değerlendirme ölçütleri**	**Puan (%)**
Sürdürülebilir Araziler	26	Sürdürülebilir Araziler	10
Su Verimliliği	10	Su Verimliliği	11
Enerji ve Atmosfer	35	Enerji ve Atmosfer	33
Malzeme ve Kaynaklar	14	Malzeme ve Kaynaklar	13
İç Mekan Kalitesi	15	İç Mekan Kalitesi	16
Tasarımda Yenilikçilik	6	Yenilikçilik	6
Bölgesel Öncelik Kredileri	4	Bölgesel Öncelik Kredileri	4
----------	----------	Yerleşim ve Ulaşım	16

LEED sertifika sistemine göre binaların çevresel performansları, 110 puan üzerinden değerlendirilmektedir. LEED sertifika sisteminin düzeyleri dört derecede sınıflandırılmıştır. Bunlar: sertifikalı, gümüş, altın ve platin olmak üzere gruplandırılmaktadır. Binalar, 40-49 puan aralığında sertifikalı, 50-59 aralığında gümüş sertifikalı, 60-79 arasında altın sertifikalı, 80 ve üzerinde ise platin sertifikalı olarak derecelendirilmektedir (URL 30).

BREEAM Sertifikası: BREEAM, İngiltere Bina Araştırma Kuruluşu (BRE) tarafından 1990 yılında başlatılmıştır ve İngiltere hükümeti tarafından çevre tasarımı ve yönetiminde en iyi uygulamanın bir ölçütü olarak kabul edilmiştir (Roderick Y. ve diğ.). BREEAM değerlendirme sistemi, binanın tasarımından kullanımı ve çevresel performansı açısından geniş bir yelpazede kategorilendirilmiştir. Sertifika alacak yapılar bulunduğu ülkelere göre ölçülen kriterleri yüzdelik paya sahiptir. Avrupa için belirlenmiş ağırlıklar Çizelge 1.10’ da gösterilmiştir (BREEAM, 2011).

Çizelge 1.10. BREEAM Puanlama Sistemi

BREEAM	
Değerlendirme Ölçütleri	**Puan (%)**
Bina Yönetimi	12
İç Mekan Sağlık ve Refahı	15
Ulaşım	8
Malzeme	12,5
Enerji	19
Atık	7,5
Arazi Kullanımı ve Ekoloji	10
Çevre Kirliliği	10
Su	6
Yenilikçilik	10

Binaların sertifika dereceleri ise ağrılıklara uygulana puanların toplamıyla oluşturulmaktadır. BREEAM sertifika dereceleri şöyledir:

-30 puan altı ‘sınıflandırılmamış’,
-30 puan ve üstü ‘geçer’,
-45 ve üstü ‘iyi’,
-55 ve üstü ‘çok iyi’,
-70 ve üstü ‘mükemmel’,
-85 ve üstü ‘olağanüstü’dür.

BREEAM’in amacı: binaların üretimi, kullanımı ve yıkımı adımlarında çevre üzerindeki zararlı etkisini en aza indirgemek, çevresine faydası olan binaların bilinirliğini ve sürdürülebilir yapı tasarımına olan arzı arttırmaktır (URL 31).

Green Star: Green star, uluslararası kabul görmüş sürdürülebilir bir derecelendirme sistemidir. 2002 yılında kurulan Avustralya’daki Yeşil Binalar Konseyi’nin başlattığı Green Star, binalar ve topluluklar için Avustralya’nın ulusal

gönüllü derecelendirme sistemidir (URL 32).

BREEAM ve LEED sertifika sistemlerinde olduğu gibi (Çizelge 1.9 ve 1.10) Green Star değerlendirme sınıfları; bina yönetimi, yapı içi çevre kalitesi, ulaşım, malzeme, enerji, yenilikçilik, arazi kullanımı ve ekoloji, salınımlar ve su olmak üzere 9 başlık altında toplanmıştır (Çizelge 1.11). Her bir kategori için hesaplanan puanlar, binanın bulunduğu bölgenin koşulları dikkate alınarak, ağırlık katsayıları ile çarpılmaktadır. Ardından, bu değerlendirme ölçütlerinden elde edilen her bir puan toplanarak değerlendirilecek binanın net puanı oluşturulmaktadır (Saunders, 2008)

Çizelge 1.11. Green Star Puanlama Sistemi (Köteşli, 2013)

GREEN STAR	
Değerlendirme Ölçütleri	**Puan (%)**
Bina Yönetimi	7
Yapı İçi Çevre Kalitesi	18
Ulaşım	10
Malzeme	18
Enerji	18
Yenilikçilik	3
Arazi Kullanımı ve Ekoloji	6
Salımlar	9
Su	11

Green Star derecelendirme sistemi, yapılı çevre yaşam döngüsünün tüm aşamalarında projelerin sürdürülebilirliğini değerlendirmektedir. En iyi sürdürülebilirlik sonuçlarını elde etmeye yardımcı olmak için mimari çizimler ve kent gelişiminden tuğla ve yapı malzeme harcına; sandalyelerden, iç kapıların boyalarından enerji izlemesine ve bina işlemlerinde atık yönetimine varan adımları derecelendirmektedir (Green Star tanıtım kataloğu: 12).

Binaların sürdürülebilirlik performansı, Green Star sertifika sisteminde 1'den başlayarak 6'a kadar artan aralıkta değerlendirilmektedir (Çizelge 1.12).

Çizelge 1.12. Green Star Değerlendirme Ölçeği (Saunders, 2008)

GREEN STAR		
YILDIZ	**PUAN**	**PERFORMANSI**
1	10-19	Düşük
2	20-29	Orta
3	30-44	İyi
4	45-59	Çok İyi
5	60-74	(Avusturalya) En İyisi
6	75-100	Dünya Liderliği

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde konu ile ilgili literatür araştırmaları, son yirmi yılda sıcak nemli iklimde, bina enerji performansını iyileştirme amacıyla yapılan çalışmalar ve sürdürülebilir mimaride kültürel faktörlerin önemini anlatan çalışmalar şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır. Bu alanda, çok sayıda çalışma olmakla birlikte, aşağıda özetlenerek verilen bir kısım çalışmalar, uluslararası ölçekten, yerel ölçeğe doğru ve tarihsel süreç içinde sıralanmıştır.

Pasific Northwest Ulusal Laboratuvarı ve Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'nın, 2011 yılında yayınlanan, 'Sıcak-Nemli İklim Bölgesinde Binalarda % 40 Enerji Verimi Sağlama İçin Açıklıklara Yönelik En İyi Uygulama Yöntemleri'nden bahsedilen çalışmada; Amerika Yapı inşaat şirketlerinin kullandığı açıklıklar hakkında uygulama geliştirme üzerine kurulu önerileri aşağıdaki gibidir:

- Düşük güneş ısısı kazanım katsayısına sahip yüksek performanslı, düşük emisyonlu pencereler kurulması,
- Güneş ısısı kazanımını en aza indirmek için çıkıntılar, örtülü sundurmalar, tenteler, pergolalar veya gölgelikli ağaçlar kurulması,
- Kıyı rüzgarlarını yakalamak için pencerelerin bulunması,
- Pencereleri takarken, su girmesine karşı korumak için eşik sarımı, köşe siperi ve yapışkanlı parlama bandının kullanılmasıdır.

Meltem Bayraktar tarafından 2015 yılında yapılan 'Binalarda Yapı Kabuğu, Mekanik Sistemler ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri Parametrelerinin Eş Zamanlı Enerji Optimizasyonu İçin Bir Yöntem' adlı doktora tezinde; bina dış kabuğunun, mekanik ve binaya bütünleşik yenilenebilir enerji sistemlerinin eş zamanlı olarak değerlendirilmesi ve birbirine bağlı unsurlar arasındaki bağın her an değişebilen durumları gözlemlenerek iyileştirilmesi ele

alınmıştır. Bu çalışmayı diğerlerinden ayrıcalıklı kılan özelliği ise, piyasada mevcut gerçek malzeme ve cihazlara ait bilgilerin toplandığı ortam ve bu bilgi ortamını kullanarak hesaplama yapabilmesidir. Bu durum, enerji performansının mevcut halinden daha verimli hale getirilmesi söz konusu bir yapı için, en uygun yöntemin ve birleşim durumlarının bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu tezde, önerilen yöntem ise, arama tekniği olarak kısıtlama katsayılarını vasıtası ile 'Parçacık Sürü Optimizasyonu' algoritmasının kullanılmasıdır.

Bu çalışmada özetle, binanın enerji gereksinimine mali önlemler alarak ve çevresel hedefler ile bağlantısı kurularak, tasarlarken karşılaşılabilecek güçlüklere yönelik hızlı ve etkili bir iyileştirici yöntem ortaya koymuştur.

İlkay Güryay tarafından 2012 yılında yapılan 'Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik: Servis Çekirdeği Yapılanması Yoluyla Enerji Tüketimi' adlı yüksek lisans tezinde; servis çekirdeği yapılanmasının yüksek binaların sürdürülebilirliğine olan etkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında farklı servis çekirdeği çeşitleri ve yerleşimlerinin binanın enerji tüketimine olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, olası tasarım seçeneklerini temsil eden merkezi, uç ve bölük çekirdek tipolojilerine sahip on altı adet alternatif model oluşturulmuştur. Bu modeller oluşturulurken bina yükseklikleri, net ve brüt alanlar, kat verimliliği oranı, kullanılan malzemeler, insan sayısı, ekipman gibi değişkenler sabit tutulurken, sadece servis çekirdeklerinin çeşidi, yerleşimi ve bina yönelimleri değiştirilmiştir.

Bahsedilen on altı model, eQUEST adında bir termal simulasyon programıyla test edilmiştir. Programda İstanbul'un hava verileri kullanılmış ve simülasyon, ofis ve çekirdek alanları için uygulanan iki farklı iklimlendirme stratejisine göre gerçekleştirilmiştir. İki senaryo için de, 'ayrık çekirdek' tipolojisindeki modeller servis çekirdeğinin yerleşimi ve bina yönlenmesinden bağımsız olarak enerji tüketimi açısından en düşük değerleri almıştır. Bunun yanı sıra, 'uç çekirdek' tipolojisindeki modeller ortalama değerlere, 'merkezi çekirdek' modelleri ise tahmin edildiği gibi en çok enerji tüketmeleriyle ilintili olarak en yüksek değerlere sahip olmuştur.

Serpil Çerçi tarafından 2016 yılında yapılan 'Sıcak ve Nemli İklim Bölgeleri İçin Sürdürülebilir Bir Konut Modeli' adlı bilimsel araştırma projesi raporunda; iklim duyarlılığının belirli normlarına dayalı olarak, "Sıcak - Nemli İklim" tasarım stratejileri ile bir konut modeli geliştirilmiş ve bu model üzerinde, termal konfor ve enerji korunumu açısından yöresel koşulların ve bölge ikliminin binaların konumu, büyüklüğü ve yönlenme üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tasarım sürecindeki adımlar özetle şöyledir;

- İklimsel verileri ve konu ile ilgili yönetmelikleri inceleme,
- Pasif tasarım kavramlarını (duvarlar, pencereler, yalıtım, ısıtma sistemi, havalandırma ve iklimsel faktörleri) analiz etme,
- Model Konut binalarını ve yerleşkesini tasarlama; üç boyutlu bilgisayar programı ile çeşitli alternatifleri araştırma vb. konulardır.

Bu çalışmada, alan çalışmasında ve binaların tasarımı aşamasında, iklimsel etkilere karşı "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ile uyumlu olacak şekilde bazı önlemler alınmış; binaların ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gereksinmeleri, seçilen arazinin imar / parsel durumu dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Güneş, nem ve rüzgarın olumsuz etkileri minimumda tutularak, doğal ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb. gereksinimler azami ölçüde kullanılmaya çalışılmış; 'Sıcak ve Nemli' iklim bölgelerindeki binalara kılavuz oluşturabilecek genel ilke ve stratejiler geliştirilmiştir. Bu stratejiler ile planlanan binalarda alınan bazı pasif önlemler ile, yaz ve kış aylarında; klima sistemlerinin yükünün önemli ölçüde azaltılabileceği; böylece, hem ısıtma ve soğutma için ek tedbirleri gerektirmeyeceği, hem de, kullanıcıların iklimsel konforunun sağlanabilmesinin mümkün olacağı tespit edilmiştir.

Hatice Sözer'in 2010 yılında yayınlanan 'Bina Kabuğunun Tasarımı İle Enerji Verimliliğinin Arttırılması' adlı makalesi, otel binalarının genel enerji performansının arttırılması amacıyla, bina kabuğu tasarımında yüksek performansın geliştirilmesi ve sergilenmesi için pasif güneş tasarım tekniklerinin etkisine dayanan İzmir-Türkiye'de bulunan tasarım projesini araştırmaktadır. Bu araştırmada, e-QUEST (USDOE'nin DOE2.2 programına dayanarak) İzmir'de bulunan otel binasını modellemek için enerji analiz programı kullanılmıştır. Değerlendirme için, varsayımsal bir model oluşturulmuştur. Enerji verimliliğini değerlendirmek için 21 katlı hafif yapılı otel binası (1992 yılında İzmir'de inşa edilen mevcut bir otel temel alınarak) oluşturulmuştur. Binaya uygulanan ve buna göre karşılaştırma yapılan stratejiler şöyledir:

1) Dış duvar yalıtımının eklenmesi veya iyileştirilmesi ve cam sisteminin iyileştirilmesi,
2) Dış cephelerde dış pencere yüzdesinin azaltılması,
3) Gölgelendirme elemanlarının eklenmesidir.

Dış kabuk verimliliğini ve performansını karşılaştırmak için, her üç durumda da, aynı iç mekan tasarım kriterleri kullanılmıştır. Bina kabuğu, dış ortam ile iç mekanlar arasındaki enerji değişimini belirler ve bu nedenle binanın genel enerji performansını düzenler. Bu nedenle, bu çalışma, bina kabuk tasarımının, otel gibi büyük ölçekli bir bina için bile enerji verimliliği açısından önemini göstermektedir. Durumlar, yalıtım malzeme katmanları, cam tipi ve gölgelemeye göre karşılaştırılmıştır. Çalışma, ısıtma için % 86 azalma, soğutma için % 60 azalma ve toplam bina enerjisinde % 40 azalma başarısını göstermiştir. Makalenin diğer amacı da, kış aylarında termal kayıpları ve yaz aylarında termal kazançları sınırlamaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, uygun ısı yalıtımı, cam tipi ve gölgeleme elemanlarının bina dış kabuğundan geçen ısıyı azaltabileceğini kanıtlamaktadır.

Genel olarak, önerilen bina ısıtma ve soğutma yüklerinde Türkiye'deki çoğu geleneksel otele göre % 40 daha az enerji kullanımı sağladığından, aynı zamanda mekanik sistemin boyutunda da bir küçülme olacağı anlamına gelmektedir.

Nilgün Yüceer'in 2010 yılında yayınlanan 'Gölge Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım, Adana Örneği' adlı makalesinde, dış gölgeleme elemanı tasarımına yönelik bir yaklaşım önermiştir. Dış gölgeleme elemanının özel boyutları, Adana enlemindeki The Solar Tool programı yardımıyla belirlenmiştir. Bu araştırmada, kapsamı oldukça geniş olan 'enerji etkin bina tasarımı' konusu içinde, dış gölge elemanı tasarım bileşenleri ve boyutlandırma seçenekleri incelenmiştir. Yerleşimin enlemi ve iklim verileri doğrultusunda 'gölge elemanı tasarım ilkeleri' önceliklerine göre sınıflandırılarak en uygun seçenekler saptanmıştır. Çalışmada izlenen bu yaklaşım herhangi bir enleme de uyarlanabilir niteliktedir.

Bu doğrultuda, Adana'nın bulunduğu Akdeniz iklim kuşağı, 37°enlem ve güney yönüne uygulanabilecek dış gölge elemanlarının en uygun biçim ve boyutlandırma ilkeleri aşağıda verilmiştir:

- Yaz aylarında, 9.00-15.00 saatleri arasında güneş ışınımından kaynaklanan ısı artışı ve parlamayı engellemek için yatay gölge elemanı güneşin taradığı bütün yönlerde ve özellikle güney yüzeylerde yararlı olmaktadır. Bu durumda düşey eleman bu enlem için verimli değildir.
- Yatay elemanın derinliği arttıkça gölgeleme verimi kış aylarına doğru genişlemektedir. Bu açıdan elemanın boyutu, sadece yaz aylarında en az %70 gölgeleme yapabilecek şekilde sınırlandırılmalıdır.
- Gölge elemanının pencerenin sağından genişlemesi akşam ve solundan genişlemesi sabah saatlerinde verimi artırmaktadır.

Özlem Koca'nın 2006 yılında yaptığı 'Sıcak - Kuru ve Sıcak - Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım' adlı yüksek lisans tezinde; iklimsel

karakteristiklerle ilişkilendirilerek yerleşme ve bina tasarımına yönelik toplanan bilgilerin ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimi açısından değerlendirmenin ve bu bilinçle projenin taslak halini şekillendirmesinin önemi vurgulanmıştır. Bu çalışmada, sıcak - kuru ve sıcak - nemli iklim bölgelerinde enerji etkin bina tasarım sürecine iklim etkisinin yansıtılmasına ve ilkelerin belirlenmesine ilişkin yaklaşım araştırması yapılmış ve bu bölgelerdeki enerji etkin bina tasarımı kriterleri, elde edilen konuyla ilgili bilgilerin değerlendirmesi yapılarak karşılaştırılmıştır.

İbrahim Aktoz tarafından 2000 yılında yapılan 'İklim Koşullarının ve Mekan Organizasyonunun Konut Termal Performans Optimizasyonu Üzerindeki Etkilerinin Analizi' adlı yüksek lisans tezinde; 20. yüzyılın başından 2000'e kadar Adana ilinde yaşlarının özelliklerini yansıtan 15 konut seçilmiş ve bu konutlardan ikisinin geleneksel konut olduğu simüle edilen ısıl performans analizleri yapılmıştır. Analiz, SUNCODE-PC 5.7 programı tarafından hesaplanan termal performansı optimize etmek için yapılan materyal değişikliklerine vurgu yapmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Seçilen çift cam pencere ve gölgelendirme elemanlarının konuta eklenmesi, ısıtma-soğutma enerji ihtiyacına istenilen derecede katkı yapmamıştır. Ancak, güneş ışığından korunma nedeniyle soğutma yükleri % 8,6 oranında azalmıştır.
- Perlit, yalıtım amaçlı olarak evin dış duvarında 2,5 cm harmanlanmış dış sıva için kullanıldığında, enerji kazanımı % 22 olmuştur. Ancak, hacimlerde ısı depolanmasından dolayı az miktarda soğutma yükü artmıştır.
- Güney pencereye gölgeleme elemanı ekleyerek, perlit karışımlı dış sıva seçerek ve iç duvar yüzeylerine sabitlenmiş panellerin kullanılması ile ısıl performans optimizasyon yöntemleriyle % 39,23 oranında maksimum enerji tasarrufu sağlanmıştır. Öte yandan, daha önce belirtilen nedenlerden dolayı, az miktarda toplam yıllık soğutma yükünde artış olmuştur.

Nur Umar ve arkadaşları tarafından 2014 yılında 'Yerel Mimarinin Bir Örneği Olarak Adana'nın Geleneksel Konutlarının Sürdürülebilir Kalkınmaya Katkısı' adlı çalışma yapılmıştır. Araştırmalarına göre, geleneksel Tepebağ ve Kayalıbağ evlerinde dış sofalı ve iç sofalı plan tipi en sık rastlanan plan tipleridir. Bu çalışmada, geleneksel evler, avlu ya da avlu olmadan sınıflandırılmıştır. Örneğin; avlulu evler doğrudan caddeden girilebilir ve Müslüman olmayan topluluğa bağlanırken, avlulu olanlar özel bir avluya veya bahçeye girip mahalle çevresindeki Müslüman topluluğuyla ilgilidir. Kültürel inançların; yerleşim planı, yapı şekli, odaların yönlendirilmesi gibi yapı tasarım kararlarını etkilediğini varsayılmıştır. Bu nedenle, geleneksel konut enerji performansının kültürel anlamların farkında olarak optimize edilmesi gerekmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan yöntem ve materyalin detayları, iki ayrı bölüm halinde sunulmuştur. İlk bölümde, analiz için seçilen referans binaya ait açıklamalar ve binayı seçme nedenleri anlatılmıştır. İkinci bölümde ise, materyali değerlendirmek için kullanılan yöntem ve yöntemin uygulanması hakkında bazı bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada, çeşitli bina yapılarına örnek olacak şekilde beş varsayımsal konut yapısı ele alınmıştır. Bu beş varsayımsal konutlar; birinci durum, temel durum, ikinci durum, üçüncü durum ve TS 825 standardına dayalı durum olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada referans olarak kullanılacak birinci durum yapısı, sıcak-nemli iklimdeki bir binanın enerji performansını iyileştirme amacıyla seçilmiştir. Referans yapı, Adana'nın Döşeme mahallesinde, 31 nolu, 11134 ada, 1 parselde yer almaktadır.

20 yy. başlarında, yığma yapım tekniğinde, yükseltilmiş bodrum kat ve zemin kat olarak inşa edilmiştir. Konut yapısı ile ilgili teorik bilgiler elde edilirken ve durum analizleri oluşturulurken çeşitli bilimsel araştırmalar, makaleler, web sayfaları, kitaplar incelenmiş ve üniversite kütüphanelerinden faydalanılmıştır. Ayrıca, durum analizleri ve karşılaştırmalar için Türk Standartları'ndaki ilgili yasal düzenlemeler dikkate alınmıştır.

Binaların sahip olduğu işlevleri bazı tasarım kararlarını etkiler. Bu bağlamda, bütünleşik bir tasarımda, gözetilen hedeflerle ilişkili olmak üzere, beş temel alt sistemden söz edilebilir. Bu sistemler;

Yapı kabuğu - iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran yapı bileşenleri,

Servis sistemleri - HVAC, elektrikli sistemler, sıhhi tesisat, düşey sirkülasyon ve güvenlik,

Taşıyıcı sistemler - binanın düşey ve yatay, durağan ve hareketli yüklere karşı stabilitesini sağlayan bina bileşenleri,

İç yerleşim - bölmeler, bitirmeler, aydınlatma, akustik, mobilya, vb.

Arazi - peyzaj ve bina çevresi destek hizmetleri (otopark, drenaj, bitki örtüsü, vb.) (Harputlugil, 2016).

Tez kapsamında yapılan bina enerji performansı hesaplamalarında, ilk önce binanın işlevinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlevler, konut, eğitim, hükümet veya sağlık vb. yapılar olabilmektedir. Ancak, yerleşim tipolojisi göz önüne alındığında, mevcut yapıların, genellikle, konut ve ticari işleve sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan binaların işlevinin, konut olarak seçilmesi uygun görülmüştür. Çünkü, enerji tüketim yoğunluğu en fazla yapılardan birisi konut yapısıdır.

Bu çalışmada, 1920'lerde yapılmış, kısmen geleneksel özeliklere sahip olan bir referans yapı yönlendirici olmuştur.

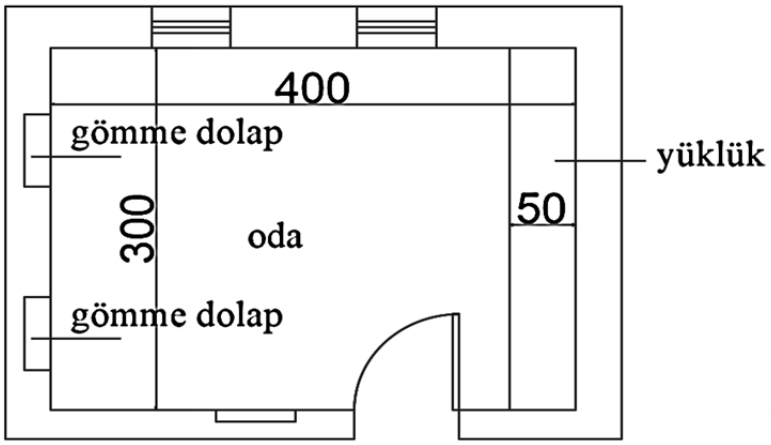
3.1.1. Geleneksel Adana Evlerini Şekillendiren Mimari Özellikler

Geleneksel evlerini şekillendiren Adana'nın yerel mimari özellikleri, mekan ve yapı elemanı olarak iki ayrı bölümde incelenmiştir.

a) Mekanlar

Geleneksel Adana evlerini oluşturan kısımlar oda, "sofa", "hayat", "Cihannüma" dır.

-*Odalar:* Evde yaşayanların ihtiyaçlarını karşılayan genel fonksiyonları bir araya getiren bir yaşam alanıdır. Evlerin giriş katında yer alan fonksiyonlar, zemin katta depo, kiler ve odunluktur. Mimari planlarda odalar, asıl yaşam alanı olan birinci kattaki sofanın etrafında sıralanmıştır.



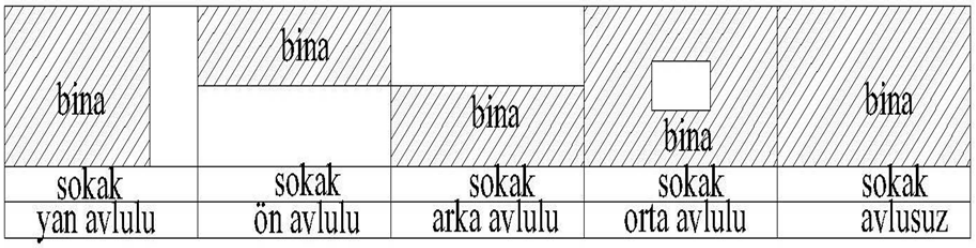
Şekil 3.1. Geleneksel Adana Evleri'nde Kullanılan Oda Örneği (Soygün, 2003)

Evin en çok kullanılan odaları, genellikle kare veya dikdörtgen şeklinde yapılır. Odaların iç ölçüleri 3x4 m, 3x5 m ve tavan yükseklikleri 3-3,5 m'dir (Şekil 3.1). Oda girişinin yan duvarında "yüklük" adı verilen ankastre bir dolap bulunmaktadır. Diğer dolaplar 50-60 cm derinliğinde olup genellikle kapalı tutulmaktadır (Tülücü, 1999).

-*Sofa;* Evin çevresinin tasarımı da çok önemlidir. Adana'da geleneksel evlerin avlusuna bakan bir 'sofa' ya da "evin önü" olarak adlandırılan bazı uygulamalar–vardır. I, L ve U şeklinde farklılaşan formlarda, dış sofalar ve iç sofalar kullanılmıştır (Karaman, 1992). Sofalar evin girişini, değişen iklim koşullarına karşı korur, ayrıca odalar arasında geçiş sağlar.

-*Hayat (Avlu);* Geleneksel Adana evi ile sokak arasındaki bağlantı, duvarlarla çevrili avlu vasıtası ile sağlanmaktadır. 'Koruma amaçlı İmar Planı' çalışmaları kapsamında hazırlanan ve 29.12.07 tarih ve 1774 sayılı Karar ile Adana'nın Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Konseyi tarafından onaylanan 'Geleneksel Yapı Parsel İlişkisi' çalışması incelendiğinde, ele alınan 48 adet geleneksel konutun, 22 adedinin avlusuz, diğer 26 adedinin ise, avlulu olduğu tespit edilmiştir. Avlulu yapıların 11 adedi arka büyük avlulu, 9 adedi arka küçük avlulu, 3 adedi yan avlulu ve 3 adedi ise iç orta avlulu olarak sınıflandırılmıştır.

Sınırlı sayıda yapı üzerinden yapılan bu çalışma sonucu geleneksel konutların avlulu olarak inşa edilenlerinin, avlusuz olanlara kıyasla daha fazla sayıda olduğu ve avlulu yapıların çoğunlukla arka avlulu olduğu görülmektedir (Saban, 2017: 27).

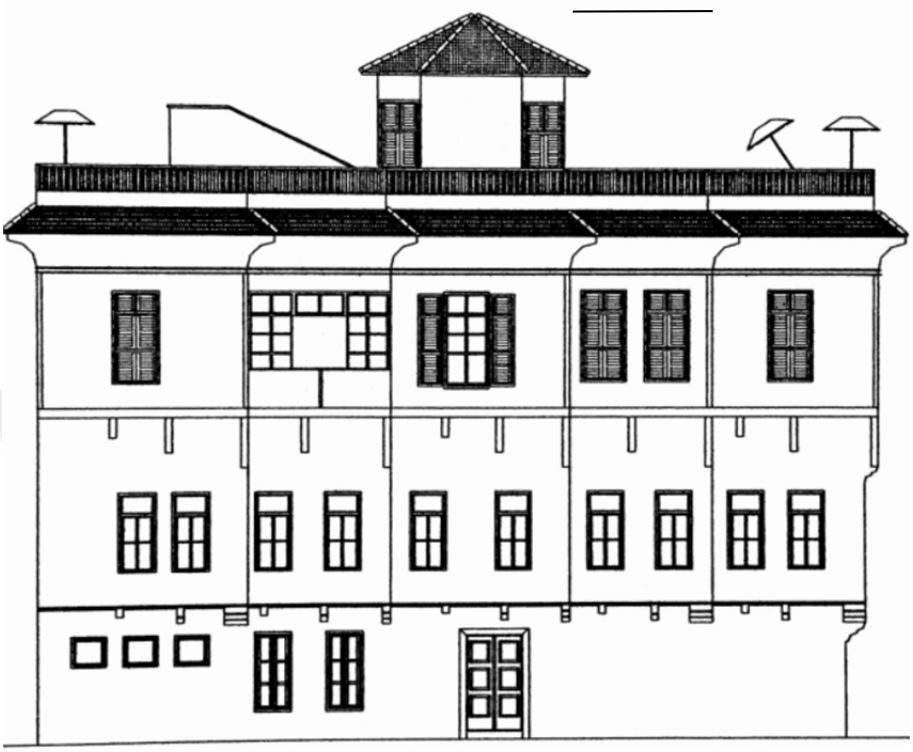


Şekil 3.2. Geleneksel Konutlarda Yapı - Parsel Ilişkisi (Moghaddam, 2013: 51)

Moghaddam, 2013 yılında Sarıyakup Kentsel Sit Alanında bina-parsel ilişkisini tescilli geleneksel kültür varlıklarına dayanarak yapmıştır. Geleneksel sokaklar üzerine konumlanan yapılarda ön avlulu, arka avlulu, yan avlulu, orta avlulu ve avlusuz plan tipleri olduğunu tespit etmiştir (Şekil 3.2). Avlu döşemelerinde, yassı taşlar ve dere taşı kullanılmıştır. Bazı sokak araları ise yine aynı şekilde dere yataklarında toplanan taşlar ile kaplanmıştır (Tülücü 1999; Soygün, 2003).

-*Cihannüma;* Gelenksel evin çatı bölümünde yer alan *Cihannümanın;* amacı, çevreye kuş bakışı bakmaktır. 2,5 x 2,5 m veya 3 x 3 m ebatlarında olan bu mekan, sadece gözlem amaçlı kullanılmaktadır. Genellikle Adana Seyhan nehrinin mahallelerinde bulunan konutlarda görülür. Bu bölüm, genellikle birinci kat ile ilişkilendirilmiştir. Malzeme olarak, tuğla ile doldurulmuş ahşap çerçeve kullanılmıştır (Soygün, 2003) (Şekil 3.3).

Cihannüma



Şekil 3.3. Adana Geleneksel Evlerinde Ortaya Çıkan, Cihannüma (Adana Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Kurulu, 191 Envanter Numaralı Yapı)

b) Mimari Yapı Elemanları:

Geleneksel Adana Evleri'nin mimari yapı elemanları malzeme *ve* yapı bileşenleri olarak iki kategoride incelenmiştir.

-Malzeme;

Cam, demir vb. endüstriyel ürünler, geleneksel evlerin yapımında doğada bulunan taş, toprak, ahşap gibi yapı malzemeleriyle birlikte kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

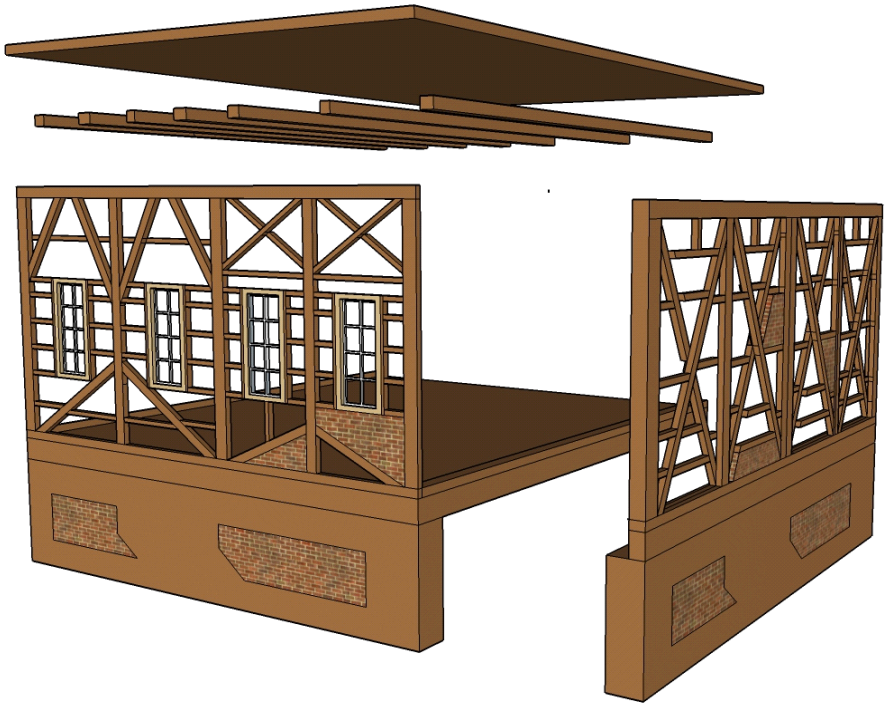
Çizelge 3.1. Kullanım Yerlerine Göre Malzemeler (Geleneksel Adana Evleri) (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Geleneksel Adana Evlerininin Mimari Özellikleri		
Bina Kabuğu Malzemeleri	Ahşap, Tuğla, Toprak, Harç, Geleneksel Oluklu Kiremit,Cam, Demir	
Strüktürel Malzemeler	Duvar	Tuğla, Yığma, Taş, Tuğla veya Kerpiç Kaplı Ahşap Çerçeve
	Döşeme	Ahşap, Yassı Taş, Sıkıştırılmış Toprak, Kaya Parçası (Avluda)
	Taşıyıcılar (Kolon, Kiriş)	Ahşap, Tuğla, Taş
	Çatı	Düz Toprak Çatı, Ahşap Kırma Çatı
Detay Malzemeleri	Bağlantı Malzemeleri	Ahşap, Demir
	Duvar Kaplaması	Horasan Harçlı Sıva, Kumlu Harç
	Çatı Kaplaması	Toprak, Tek Oluklu Alaturka Kiremit, Oluklu Levha
	Tavan Kaplaması	Kaplamasız (Ahşap Kirişlerin Altı Açık), Ahşap Tavan Kaplama
	Saçak	Ahşap Payandalar Üzerinde Çatı Saçağı, Bağdadi Tekniğinde Yapılmış İçbükey Çatı Saçağı, Ahşap Eğimli Çatı
Yalıtım Malzemeleri	Isı / Gürültü / Su	Yalıtım Malzemeleri Bina Kabuğunda Yoktur.

-*Yapı Bileşenleri:*

Evlerin ana yapı malzemesi ahşap ve tuğladır. Bir inşaat tekniği olarak, tuğla duvarcılık veya tuğla tekniğiyle ahşap çerçeve dolgusu yaygın olarak kullanılır. Selçuklu tuğlalar genellikle tuğla dolgu duvarlarda kullanılırken, kerpiç dolgu duvar örnekleri de vardır. Zemin katlar genellikle 80-90 cm' de 5-7 cm ahşap kirişlerle güçlendirilmiş tuğla duvarlara sahiptir (Şekil 3.4). Geleneksel konutlarda üç tip inşaat tekniği uygulanmıştır. Bunlar: temel yapı, tuğla ile doldurulmuş ahşap çerçeve ve bağdadi 'dir (Soygün, 2003).

Geleneksel Adana evlerinde, üst kat oda planlarının cephe yansıması olarak payanda, konsol, balkon, cumba adı verilen farklı çıkıntılar vardır (Şekil 3.5). Ayrıca, cumba, ön cephelerde yer alır ve pencerelerle kaplı odaların bir uzantısı olarak tanımlanabilir. Aydın ve Mirzaei'nin 2017 yılında yaptığı araştırmada, Cumba'nın farklı yönlerden rüzgar toplamasına yardımcı olduğu, böylece odanın havalandırma hızının dörtte iki oranında arttığı tespit edilmiştir. Ek olarak, esnek bir pencere açma stratejisi, iç mekan havalanma oranını ortalama % 276 arttırmaktadır (Aydın ve Mirzaei, 2017). Bu nedenle dikey giyotin pencereli cumba'nın doğal hava akımı ile ısıtma-soğutma yüklerini azaltabileceği söylenebilmektedir. Hatta, cephedeki gönye biçimli çıkıntılar (Şekil 3.5, 44,133 numaralı yapılar), rüzgârın yönünü değiştirmeye; ve böylece, evin diğer bölgelerine de rüzgar dağılımına yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.4. Geleneksel Adana Evlerinin Yapısal Katmanları (Kaynak: Yazar Tarafından Modellenmiştir)



Şekil 3.5. Geleneksel Adana Ev Örnekleri (Adana Kentsel Kültür Envanteri, Sırasıyla 44, 133, 137 Sayılı Yapılar)

3.2. Yöntem

Araştırma yöntemi olarak, çeşitlendirilen modelleri değerlendirmek için bilgisayar simülasyon araçları kullanılmaktadır. Yöntemi anlatırken, bina enerji performansını ölçen simülasyon programının seçilmesinin arkasındaki nedenler tartışılmıştır. Ayrıca kullanılan programda elde edilen simülasyonlar, ilgili girdi parametreleriyle adım adım sunulmaktadır.

3.2.1. Bina Simülasyon Programının Seçimi

Binaların enerji tüketimi, ölçeklendirilmiş büyüklükteki gerçek bir model üzerinde veya bilgisayar destekli enerji simülasyon programı araçları ile hesaplanabilmektedir. Gerçek model üzerinde bina enerji performans analizi ile doğru bilgiler elde etmek zaman alan, masraflı ve teknik olarak da uygulaması zor bir durumdur. Bilgisayar destekli enerji simülasyon programı araçları ile tüketim miktarı hesabı öncesinde dış atmosfer sıcaklığı ile iç mekanların sıcaklık farkı, kullanıma dayalı ısıtma yükleri, kullanım saat aralığı vb. dataların değerlendirilmesi gerekir. Ancak, enerji performansını ölçen simülasyon programları, gerçek sonuçlar vermektedir. Buna ilave olarak, kısa sürede sonuca dayalı-ve ekonomik programlar olarak bilinirler.

Tasarlanan durumlara göre, bina enerji performansına yönelik en uygun sınır şartlarını ayarlamak istenen veriyi daha geçerli kılmaktadır. Diğer taraftan, en doğru sonucu elde etmek için program işleyişini anlamak, gereken parametreleri net şekilde tanımlamak gerekmektedir. Bu nedenle, sistemi anlamak ve parametreleri açıkça tanımlamak, geçerli sonuçlar elde etmek için çok önemlidir.

Bina enerji simülasyonu gerçekleştirmek için, yalın içerikten karmaşığa kadar değişen çok sayıda bilgisayar programı vardır. Simülasyon programlarının karmaşıklığını, girilen parametrelerin yoğunluğu tanımlamaktadır. ‘Energyplus’ programı karmaşık içeriğe sahip enerji simülasyon araçlarından sadece biridir. Birkaç kapsamlı grafik arayüzü ve özel ayarlar ile çeşitli çıktı varyasyonları sunmaktadır (URL 32). Fakat yeterli bilgi ve işletim sistemini anlamadan

programdan veri elde etmek, karmaşık olmasından dolayı zordur.

Diğer başka bir bina enerji simülasyon programı olan 'Ecotect', yalın içeriğe sahip bir seçenektir. Bu program, çevresel performans analizinin karmaşık süreçlerini, mimarların kullanabileceği şekilde basitleştirmeyi hedeflemektedir. Daha hassas ve kesin sonuçlar için, gerektiğinde program 'Energy Plus', 'ESP-r' ve 'Radiance' gibi benzetim programlarıyla beraber çalışmak mümkündür (Tokuç, 2009).

Bu tez çalışmasında, bina enerji performans hesabı, 'eQUEST' simülasyon aracı kullanılarak yapılmıştır. eQUEST termal hesaplamalarla birlikte enerji simülasyon yapan bir programdır (URL 33). Değerlendirilmesi istenen durumların hesaplanması, çeşitlendirilerek ve karşılaştırılmalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu programın üç boyutlu modelinin görüldüğü, arayüzü vardır. Kullanımda, adım adım parametreler girilerek model oluşturulmakta; ardı ardına analiz çalışmaları yapılabilmektedir. Bina ayakizi, bina kabuğu gibi tasarımı oluşturan tanımlamalar basitleştirilmiştir. Kullanıcı yoğunluğu, aydınlatma, kullanılan mekanik ekipmanlar, hava filtreleme gibi çeşitli özel ayarlar içermektedir. Belirli derecede çabayla ve gereken zamanı ayırarak bina tasarım sihirbazında gerekli bilgiler toplanmaktadır.

Sonuç olarak, binanın enerji tüketim çıktısı grafikler ve veri tabloları şeklinde elde edilir (elektrik, doğal gaz vb.). Aynı zamanda enerji tüketiminin bir yıl içinde saatlik analizi, artışın en fazla olduğu zamanı, zonlamaya dayalı tüketim yükleri ve yakıt tüketimi**,** çıktı olarak alınmaktadır. 'eQUEST' programı, 'ASHRAE' standartlarını kullanmaktadır. eQUEST, iki boyutlu bilgisayar destekli çizim dosyalarının, çok bölgeli modelleme ve eğik yüzey veya eğimli çatı modellerinden içeri veri aktarımına izin verir, ancak hiçbir üç boyutlu CAD, BIM, gbXML vb. model ile veri paylaşımı yapamamaktadır (Tokuç, 2009).

3.2.2. eQUEST Simülasyon Aşamaları

Bu tez çalışmasında oluşturulan beş modelin termal simülasyonu, girilecek parametrelerin ayarlanmasıyla oluşturulmaktadır. Bina simülasyonunda ilk adım, binaların konumunu ve iklim verilerini tanımlamaktır. eQUEST, hava dosyalarını ".bin" biçiminde kabul etmektedir. İklim verilerini dönüştürmek için http://doe2.com/index_wth.html adresinden hava dosyası indirilebilir. Bu şekilde, dosyalar ".epw" biçiminden ".bin" biçimine dönüştürebilir. Türkiye'nin çeşitli şehirlerinin hava durumu dosyasını programda tanımlı hale getirmek için diğer bir yöntem ise https://gbs.autodesk.com/GBS/ sitesinden 'Green Building Studio' aracılığıyladır. Sonuç olarak istenilen şehrin iklim verilerine 'bin' formatında ulaşılır. Bu tez çalışmasında seçilen bölge, Adana ile ilgili iklimsel veriler 'Green Building Studio' aracılığıyla 'bin'formatında eQUEST'e yüklenmiştir (Şekil 3.6).

Cooling Degree Day		Heating Degree Day	
Threshold	Value	Threshold	Value
65 °F	2250	65 °F	2157
70 °F	1413	60 °F	1329
75 °F	733	55 °F	666
80 °F	227	50 °F	263

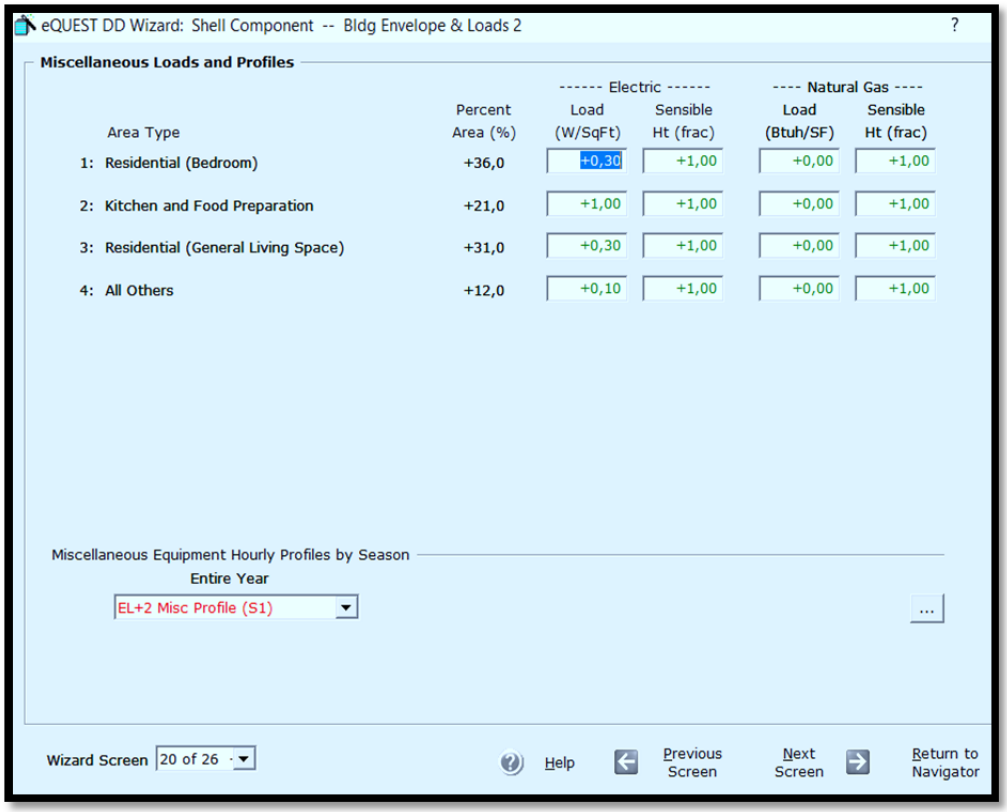
(•) IP ( ) SI

Annual Design Conditions				
Threshold	Cooling		Heating	
	Dry Bulb(°F)	MCWB(°F)	Dry Bulb(°F)	MCWB(°F)
0.1 %	102.4	68.1	27.3	23.4
0.2 %	100.6	67.1	27.9	24.2
0.4 %	98.8	66.5	29.1	25.5
0.5 %	98.2	68.6	29.5	25.7
1 %	97.0	69.9	31.3	27.5
2 %	95.2	69.6	34.2	28.8
2.5 %	94.8	69.8	34.9	30.4
5 %	92.7	69.8	37.9	33.4

Şekil 3.6. Adana'nın Konumu İle İlgili Coğrafi Detaylar (Kaynak: Yazar Tarafından Program Aracılığıyla Oluşturulmuştur)

İkinci adım ise, varsayılan durumların bina boyutlarını programa tanıtmaktır. Bütün durumların bina ayak izi tanımlanır. Tanımlanan bina tabanında mekansal bölümlemeler, mekânın ısıtma ve soğutma durumuna göre farklı bölgelerebölünmüştür.

Esas olarak, yaşama katında sırasıyla yatak odası, mutfak, yemek hazırlama ve genel yaşama alanlarına atıfta bulunan 'konut alanı' ve 'sirkülasyon alanı' olarak iki tür bölge tanımlanmaktadır (Şekil 3.7). Bodrum katında ise, ısıtma soğutma işlemi uygulanmadığı kabul edilerek 'depo' alanı olarak adlandırılmaktadır. Sonuç olarak, her birime farklı termal koşullar oluşturmak, birbirinden bağımsız olarak mümkün kılınmaktadır.



Şekil 3.7. Mekansal Bölgelendirme, eQUEST Arayüzü (Kaynak: Yazar Tarafından eQUEST Programına Girilen Verilerle Oluşturulmuştur)

Diğer önemli bir adım ise, binanın strüktürel katmanlarınının malzemelerini ve bu malzemelere karşılık gelen U değeri ile (ısı iletkenlik) ilgili verileri simülasyona girdi haline getirmektir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu tez çalışmasında;

- referans yapının enerji performans analizi ile oluşan birinci durum,
- referans yapının performansının iyileştirilmesiyle oluşturulan ikinci ve üçüncü durum,
- referans yapı ile aynı ısıtma soğutma alanına sahip temel durum,
- TS825 standardına dayalı enerji performans analizleri için yıllık enerji tüketim karşılaştırması yapılmaktadır.

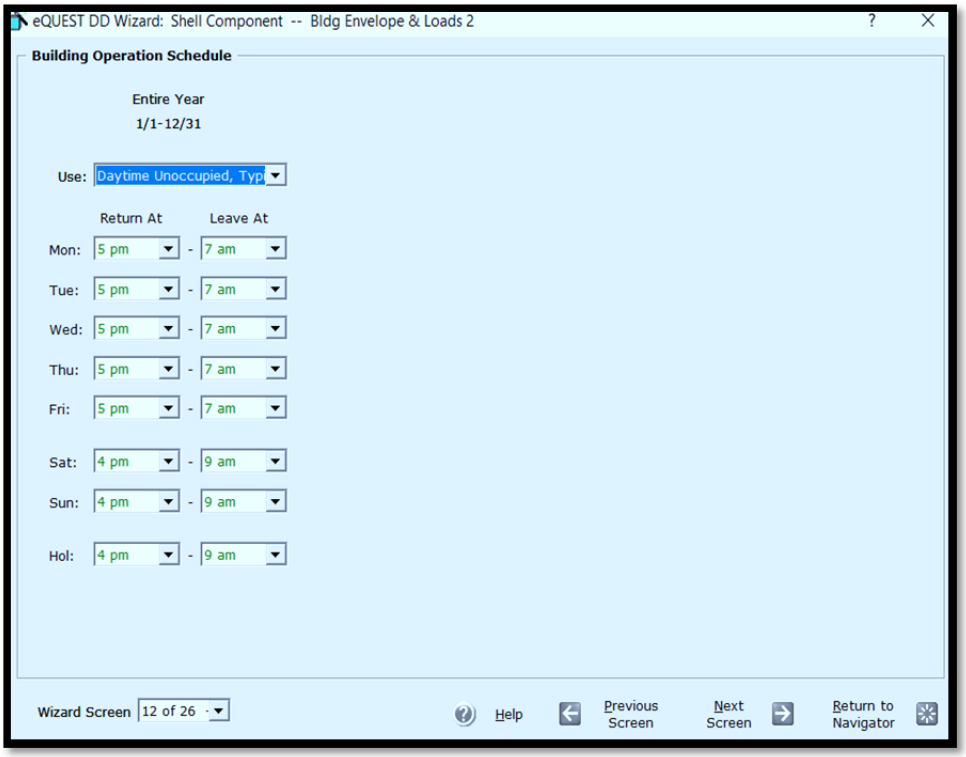
Çizelge 3.2, tüm durumların bodrum katı ve zemin katında tanımlanan yapı bileşenlerine ait malzemelerin ayrıntılarını ve U' değerlerini göstermektedir. Bu durumlar, Türk standartlarının öngördüğü, 'U' değerini karşılaştırma amacıyla bilinçli bir şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 3.2. Varsayılan Durumların Yapı Bileşenlerinin 'U' Değeri (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Durumlar ve Yapının Katları		Yapı bileşenlerinin 'U' değeri					Aydınlatma	
		Döşe-me	Zemin Döşemesi	Dış Duvar	Çatı	Pence-re		
		Btu/ H-Ft2-F	Btu/ H-Ft2-F	Btu/ H-Ft2-F	Btu/ H-Ft2-F	Btu/ H-Ft2-F	W/Ft2	Ekip man
Temel Durum	Bodrum Kat	0	Otomatik Atanan Değer	0,88	1,35	0,616	1,19	Asılı
	Zemin Kat	1,35	0	0,88	0,06	0,616	0,9	Asılı
Birinci Durum	Bodrum Kat	0	Otomatik Atanan Değer	0,48	0,13	0,616	1,19	Asılı
	Zemin Kat	0,13	0	0,48	0,12	0,399	0,688	Asılı
İkinci Durum	Bodrum Kat	0	Otomatik Atanan Değer	0,48	0,13	0,353	1,19	Asılı
	Zemin Kat	0,13	0	0,48	0,12	0,353	0,688	Asılı
Üçüncü Durum	Bodrum Kat	0	Otomatik Atanan Değer	0,48	0,13	0,353	1,19	Asılı
	Zemin Kat	0,13	0	0,48	0,014	0,353	0,688	Asılı
TS825 Durumu	Bodrum Kat	0	Otomatik Atanan Değer	0,11	0,11	0,616	1,19	Asılı
	Zemin Kat	0,11	0	0,11	0,07	0,616	0,688	Asılı

Mekanlarda ısı birikmesi sadece, ısıtma sistemi ve güneş kaynağı aracılığıyla değil, aynı zamanda, insan yoğunluğu, aydınlatma ve makinelerden yayılan ısıya da bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada, analiz edilen tüm durumların enerji tüketiminin hesaplarına makineler ve insan yoğunluğu dahil edilmemektedir. Isıtma sistemi, geleneksel evlerin ısınmasında yaygın olarak kullanılan odun sobası olarak düşünülmüştür. Soğutma ihtiyacı ise, mekanik ekipmanla değil doğal yolla karşılanmaktadır.

Simülasyon ölçümü bir yıl boyunca devam eden harcamaları sonuçlandırmaktadır. Bununla birlikte, programa dahil edilen işletim sistemleri, tasarlanan konutların haftalık enerji harcama saat planına göre çalışmaya başlamaktadır. Şekil 3.8 'de analiz sistemlerinin çalışma süreleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Varsayılan Durumların Haftalık Enerji Tüketimi Hesaplanan Saat Aralığı (Kaynak: Yazar Tarafından eQUEST Programına Girilen Verilerle Oluşturulmuştur)

Simülasyon sırasında, dış duvarlar, pencereler, tavan bitiş detayı, duvarların dolu veya cam gibi şeffaf olması vb. girdi parametrelerinin çoğu seçilen konut yapısına göre belirlenmiştir. Yapı bileşenlerinin 'U' değeri, TS825 'Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne uygun olmakla birlikte ilgili diğer standartlara göre düzenlenmektedir. Bazı parametreler ise eQUEST programının varsayılan değerleri ile doldurulabilir. Bu değerler, az katlı konut yapıları için belirlenmekle birlikte, belirli bir proje için daha doğru sonuçlara ihtiyaç duyulursa, varsayılan yerine,gerçek değerler programa dahil edilmelidir. Referans konut yapısının tüm yapı katmanları (örneğin; temel, duvar, çatı, döşeme vb.), analiz edilmektedir. Sonrasında katmanların ısı iletkenlik değeri TS 825 'Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği'nde yer alan formülasyon ile hesaplanmakta ve eQUEST programına girdi haline getirilmektedir. Ayrıca, binanın 'ayakizi' tanımlanarak ısısal farklı mekansal bölgelendirmeler, programa 'Autocad' yardımıyla yüklenmektedir.

Bina enerji performansı için hazır hale getirilmesi gereken diğer veriler; pencere açıklıkları, bina yüzeylerinin alan hesabı ve duvarın saydamlık yüzdesidir. Malzemenin, açıklığın ve çatı tipinin değişmesiyle farklılaşan yapı katmanlarının 'U' değeri tekrar hesaplanarak programda veriler düzenlenmektedir. Bu tez çalışmasında, referans yapı ile birbirinden farklı diğer dört durumun yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacındaki enerji tüketiminin karşılaştırması yapılmaktadır.

4. ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

4.1. Alan Analizi

-Adana'nın Tarihi Özellikleri;Adana'nın tarihi çok eski zamanlara dayanmaktadır. Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre, Çukurova bölgesi, yontma taş devrinden bu yana yerleşim yeri olmuştur. Çukurova'nın en eski yerleşim merkezlerinden biri olan Tepebağ Höyüğü ise günümüze ilk çağlardan kalmıştır. Höyükte rastlanan surlarla çevrili kent çekirdeği, Neolitik çağda yaşayan kent dönemine ışık tutmaktadır (URL 35). Eski çağlardan günümüze kadar Adana'da hüküm süren egemenlikler aşağıdaki gibidir;

- Eski Çağ ; Luvi Krallığı (M.Ö. 1900), Arzava Krallığı (M.Ö. 1500-1333), Hitit Krallığı (M.Ö. 1900-1200), Kue Krallığı (M.Ö. 1190-713), Asur Krallığı (M.Ö. 713-663), Pers Satraplığı (M.Ö. 612-333), Selökidler (M.Ö. 312-133), Romalılar (M.Ö. 112-M.S. 395),
- Orta Çağ ; Bizanslılar (M.S. 395-638), Selçuklular, Ermeni Krallığı,
- Yeni Çağ ; Mısır Türk Memlukları, Ramazanoğulları, Osmanlılar'dır (URL 35).

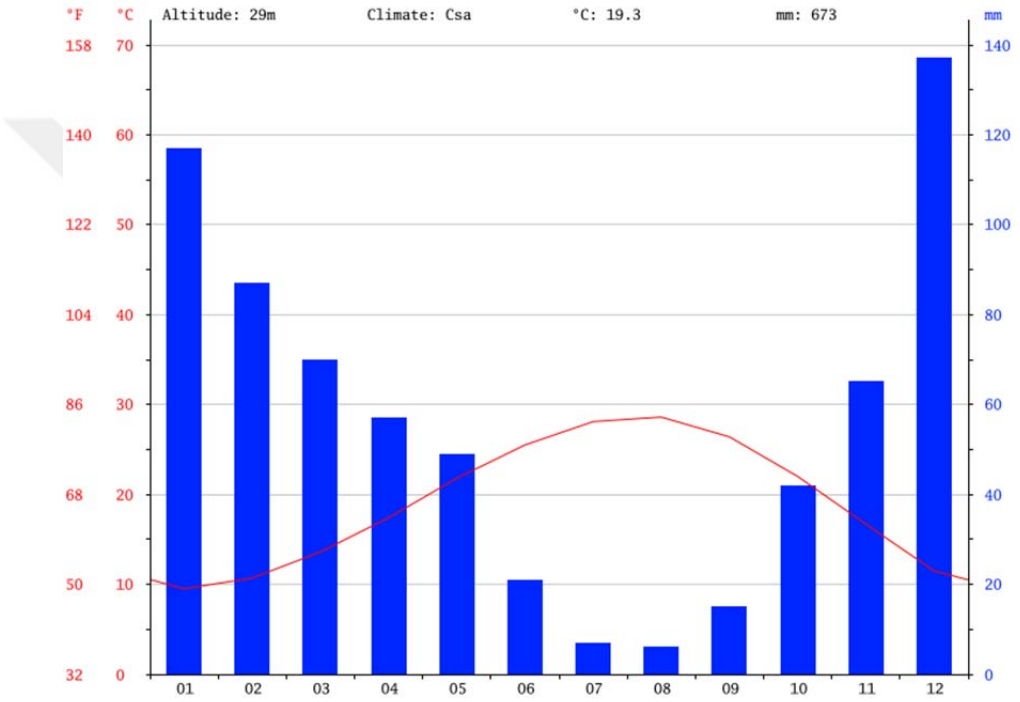
-Adana İklim verileri;Adana ili, 35-38 kuzey enlemleri ile 34-46 doğu boylamları arasında ve Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 4.1). Yer şekilleri bakımından Adana kenti, dağlık ve ovalık olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Kentin, kuzey-batı, kuzey ve kuzey-doğu kısımları 'Orta Toros' adı verilen dağ sistemi ile çevrelenmiştir. Bütünüyle 'Adana Ovası' adı verilen havzanın güneyinde kalan bölümüne 'Çukurova', kuzeyinde kalan bölümüne ise 'Yukarı Ova' anlamına gelen 'Anavarza' denir. İki ovayı 'Misis Dağları' ayırır. Bu dağların en yüksek noktası olan Cebel-i Nur Dağı'nın yüksekliği 770 m. dir (URL 35). Coğrafi yerleşim özelliği olarak dağların arasında ve çukurda kalması nedeniyle Adana'da nem miktarı yaz aylarında oldukça fazladır. Bu durum

hissedilen sıcaklığın fazla olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla sıcak ve nemli bir iklime sahip olmasından dolayı ısınmadan çok soğutma gereksinimi ön plana çıkmaktadır.



Şekil 4.1. Adana ve Meteoroloji Gözlem İstasyonları Konum Haritası (Aksu, 2016)

Adana, Akdeniz iklimi özelliklerini gösterir. Yazlar sıcak ve nemli, kışlar ılık ve yağışlıdır. Ortalama yağış miktarı 698.1 mm'dir. Bir mevsimde ortalama 74 gün yağışlı geçmektedir. Yağış miktarı, kışın % 51, ilkbaharda % 26, sonbaharda % 18, yaz aylarında % 5'e kadar düşer (Şekil 4.2). En yüksek sıcaklık, ağustos ayında 34° C, en düşük ise ocak ayında 5° C olarak kaydedilmiştir.

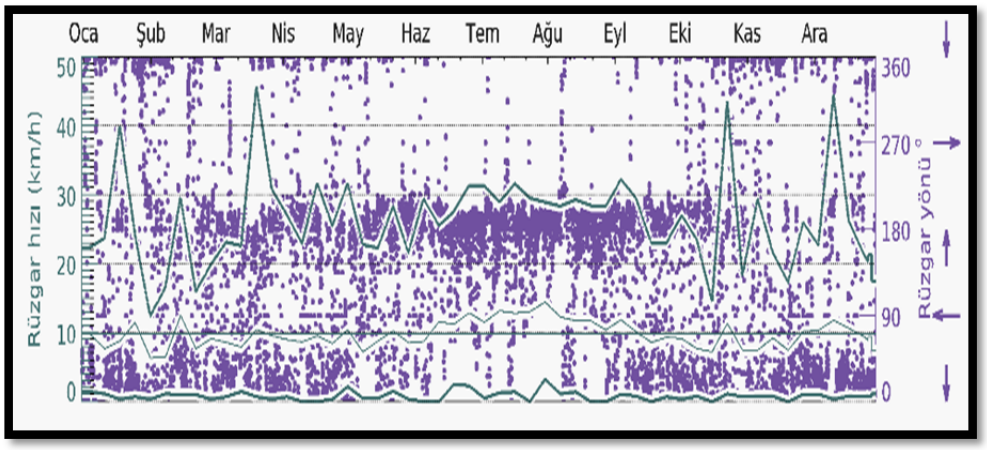


Şekil 4.2. Adana'nın İklim Grafiği (URL 36)

Yaz aylarında alçak basınç bölgesinde olan Adana'ya Toroslardan hava akımı olur. Havanın birikme ve doyma noktasına ulaşması nedeniyle, sıcak hava yükselemez. Böylece yaz aylarında nem görülmesine neden olur. Adana'da ortalama bağıl nem seviyesi % 66'dır (Şekil 4.2). Nem, hava sıcaklığı ile hissedilir sıcaklık arasında farklılığa neden olur. Sıcaklık ve yüksek nem seviyesi hissedilen sıcaklıkları etkiler. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında hissedilen sıcaklık değeri oldukça yüksektir. Örneğin, hava sıcaklığı 30° C ve nem seviyesi % 80 civarında

olduğunda, kişi ortam sıcaklığını, 38° C gibi hisseder (Yeang, 2012).

Bu nedenle, sıcak iklim ve yüksek nem seviyesi, binalar için pasif tasarım stratejileri oluştururken göz önünde bulundurulması gereken önemli bir veridir.



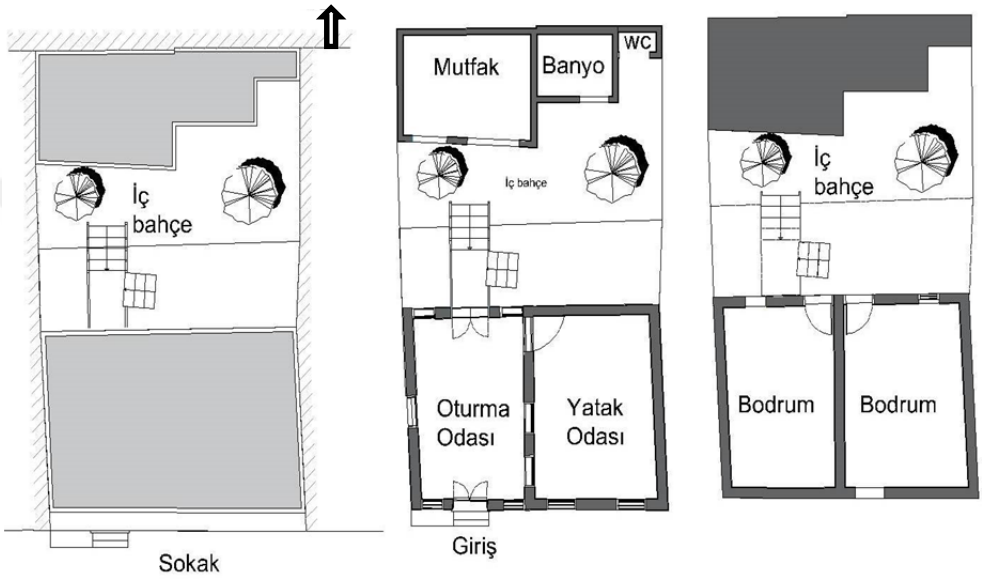
Şekil 4.3. Adana İçin Rüzgar Yönü ve Hız Istatistikleri (URL 36)

Adana'da rüzgar hızı, yaklaşık 6-9 kts (3-4,6 m/s), rüzgar yönü ise ağırlıklı olarak kuzey ve kuzey doğudur. Maksimum rüzgar hızı, 9 kts (4,6 m/s) olup minimum değer ise 6 kts (3 m/s) 'dir (Şekil 4.3). Beaufort ölçeğine göre, 3,4-5,4 m/s rüzgar hızı, yumuşak bir esinti olarak tanımlanmaktadır (Yeang, 2012).

-Referans konut yapısının detaylandırılması;Bu çalışmada kullanılmak üzere, Adana'daki geleneksel evlerin ortak özellikleri üzerine yapılan eski çalışmalardan yararlanılarak referans konut yapısı seçilmiştir. Döşeme semti'nde yer alan bu referans yapı, 20. yüzyılın başlarında yığma yapım tekniğiyle inşa edilmiştir.

Planlar; Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, referans olarak kullanılan geleneksel yapının zemin katında, konutun güneyinde yer alan oturma odası ve yatak odası sokak yönüne ve iç bahçeye bakmaktadır. Oturma odasının iç bahçeye bakan kuzey cephesinde eşit sayıda iki adet giyotin pencere ve bir adet kapıya sahiptir. Yatak odasına ise, oturma odasından giriş yapılmaktadır. Bununla birlikte, sokağa bakan

güney cephede, sokak manzarası ve doğal havalandırma sağlamak amacıyla oturma odası ve yatak odası arasında iki adet giyotin pencere planlanmıştır. Kuzey yönde ise; mutfak, banyo, wc yer almaktadır. Konutun doğu ve batı cephesi yan komşuya bitişiktir, ancak batı cephesinin sadece küçük bir penceresi vardır.



Şekil 4.4. Referans Yapı'nın Vaziyet Planı (Sağ Taraf), Zemin Kat Planı (Ortada) ve Bodrum Kat Planı (Sol Taraf) (Kaynak: Plan Çizimleri Yazar Tarafından Yapılmıştır)

Bitişik nizam yapılar arasında boşluk olmadığı zaman, ara bölücü duvarın birinden diğerine ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu nedenle, kentsel bağlamda alınan tasarım kararları ile yapıların ısıtma-soğutma talebi azalabilmektedir. Referans yapının, evin 1.98 m yüksekliğinde bir bodrum katı vardır. Bu kat, önceki oturan sakinleri tarafından depolama alanı olarak kullanılmıştır. Bu konutta bir bodrum katın olması, zemin kattaki oturma odasının ve yatak odasının doğrudan toprakla bağlantısına engel olmaktadır. Yerin jeotermal ısısı, sadece bodrum katından zemin katına aktarılır. Dolayısı ile, konutun bu özelliği nedeniyle, zemin kattaki odaları ısıtma için gereken enerji talebinin azalmasına da katkı sağlaması beklenmektedir.

Malzemeler;Geleneksel konut yapısı, o yörede kolayca bulunan tuğla ve ahşaptan inşa edilmiştir. Dış ve iç duvar yüzeylerindeki tuğlalar arasındaki boşluklar ise harç ile doldurulmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Referans Olarak Kullanılan Geleneksel Adana Evinin Ön Görünüşü (Kaynak: Yazar Tarafından Görseller Hazırlanmıştır)

Pencere Açıklıkları; Referans konut, güney, kuzey ve batı cephesinde yer alan küçük pencerelere sahiptir. Bu pencereler mahremiyeti sağlar ve içeride güven içinde olma duygusu verirler. Bununla birlikte, pencerelerden geçen gün ışığı ve güneş enerjisi, çoğu zaman konutların ısı kazancının önemli bir anahtarıdır. Yapıdaki bazı gölgelendirme elemanları, bitki örtüsü, cam tipi veya yakınlarında yer alan gölge veren yapılar, etkili gölgeleme detayları olup iç mekanı güneşten ve aşırı ısıya maruz kalmaktan korumaktadırlar.

Referans konutun pencere açıklıkları, Şekil 4.5'te görülen tek katmalı camdan oluşan ahşap pencere kapak ve kanadına sahiptir. Referans yapıda ahşap kapağın kullanım amacı güneşten korunma ve mahremiyeti sağlamaktır. Fakat, iyi tasarlanmamış bir gölgeleme elemanı nedeniyle azaltılmış gün ışığı, yapay aydınlatma ihtiyaçlarını artırabilir. Güneş, büyük bir ısı ve ışık kaynağı olduğu için, aydınlatma sadece kendi başına bina enerji tüketiminin önemli bir parçası değildir, aynı zamanda soğutma enerjisi talebini de etkiler (Chae ve diğ., 2016).

Bu çalışmada, genel enerji performans analizi için açıklıkların boyutları ayrıntılı olarak hesaplanmıştır. Özellikle, dış duvarlardaki cam saydamlığının yüzdesi ve tüm pencerelerin alanı Çizelge 4.1'de görülebilir.

Çizelge 4.1. Referans Yapının Pencere Açıklıklarının Detayları (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Zemin Kat	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Pencere Alanı (m²)	Pencere Yönü Konum Yeri	Duvar Alanı (m²)	Saydamlık Yüzdesi (%)
p1	0.64	1.80	3.74	Güney Yaşama o.	77	18
p2	0.60	1.80	3.59	Güney Yaşama o.		
p3	0.85	1.80	5.02	Güney Yatak o.		
p4	0.85	1.80	5.02	Güney Yatak o.		
p5	0.67	1.70	3.74	Kuzey Yaşama o.	87	16
p6	0.64	1.70	3.56	Kuzey Yaşama o.		
p7	0.85	1.70	4.75	Batı Yaşama o.	62	7
p8	1.49	1.90	9.69	Güney Mutfak	40	19

Çatı; Referans konut yapısının çatı katmanları, ahşap kiriş ve üst kaplama örtüsü ile yapılmış ve bu yapı sistemi üzerine killi toprak yerleştirilmiştir. Çatı düzdür ve yalıtım katmanı yoktur, yalıtım malzemesi olarak sadece killi toprak kullanılmıştır.

Varsayımlı Dört Durumun Karşılaştırılması;Bölüm 1.1'de de belirtildiği gibi, bu tez çalışmasının amacı, referans konut yapısının yıllık enerji tüketimini ve varsayımlı oluşturulan dört durumun potansiyel enerji yüklerini, açıklıkların ve çatı tipinin iyileştirilmesi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

Bu tez çalışması kapsamında belirlenen durumlar aşağıda gösterildiği gibi tanımlanır:

Birinci Durum ;Referans binanın yıllık, aylar içinde değişen, enerji tüketimi eQUEST programı ile analiz edilmektedir. Bu amaçla binanın ayak izi, plandaki her mekansal bölge, yapısal tabakalar ve yapıda kullanılan enerjinin türü vb. programa girilecek veriler belirlenmiştir.

Temel durum ; Referans konut yapısı ile aynı ısıtma-soğutma alanına sahip, iç bahçesi olmayan, kompakt bir modern bir Adana evi varsayımıyla 'temel durum' oluşturulmuştur. Varsayılan temel durumun eQUEST enerji simülasyonu ile binanın yıllık enerji tüketimi değerlendirilmektedir.

İkinci durum ;Enerji performans değerlendirme öncesinde referans yapı modelinde;

-İlk olarak, binanın dış duvarındaki güneyde yer alan pencere saydamlığı yüzdesi % 18'den % 40'a yükseltilmiştir.

-İkinci olarak, cam tipi tek katmanlı low-e yerine çift tabakalı low-e cam olarak seçilmiştir.

-Son olarak, güney duvarındaki pencerelerin üzerine gölgelendirme elemanları eklenmiştir. Yapılan bu uygulamalarla birlikte referans yapının üç boyutlu modeli ve binanın enerji performansı değerlendirilmektedir.

Üçüncü Durum ;İkinci durumun iyileştirilmesi ile oluşturulan yapının enerji tüketimi, teras çatı yerine seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

TS 825 standardına göre enerji performans analizi ; TS 825 standartlarına göre referans konutun enerji performans analizidir. Referans yapı için Türkiye'deki birinci derece iklim bölgelerinde yer alan Adana'ya göre yapı elemanlarının U değeri (ısı iletkenlik) belirlenmiştir.

4.1.1. Birinci Durum Analizi

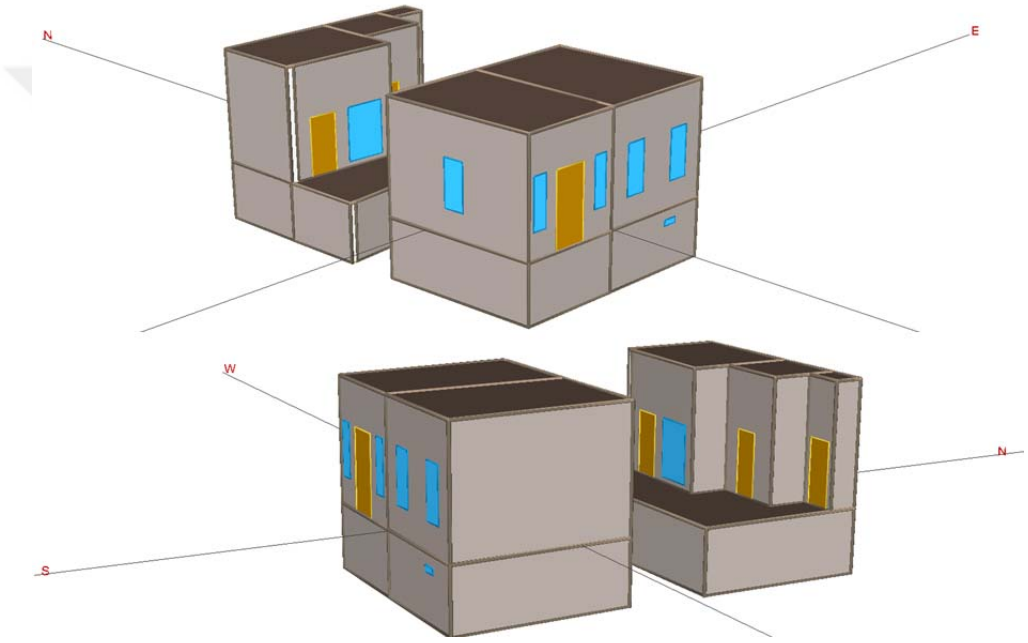
eQUEST programı Bölüm 3.2'de de bahsedildiği gibi geniş bir kullanım yelpazesi olan kullanıcı dostu bir enerji analiz aracıdır. Bu program, DOE-2.2'den türetilen enerji simülasyon uygulamasını kullanır ve etkileşimli iki sihirbaz aracılığıyla ayrıntılı olarak grafiksel sonuçlar sunar: birincisi enerji verimliliği ölçümü (EEM) sihirbazı ve diğeri ise bina oluşturma sihirbazıdır (Crawley ve diğ. 2008).

Bu çalışmada kullanılan referans konutu modellemek için en son sürüm enerji modelleme programı olan eQUEST 3.65 kullanılmıştır (URL 38). Simülasyon için ilk aşama, Adana'nın iklimsel verilerini eQUEST analiz programına yüklemektir. Ancak, Adana'nın hava durumuna ait herhangi bir dosya program arşivinde mevcut olamadığından, Autodesk Green Building Studio (GBS) hava durumu verilerine ".bin" biçiminde erişmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra, binanın yapısal elemanları tanımlanmış ve bu elemanların ısı iletkenlik değeri için TS 825 standartlarına göre ısısal direnç, R ve U değeri hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Referans Yapının Yapı Elemanlarının Katmanları (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Strüktürel Elemanlar	Malzeme	Kalınlık (d) M	Isı İletkenliği (ג)	Isı Direnci, (R)	U Değeri W/M²k	U Değeri Btü/H-
Döşeme	Ahşap Kiriş	0,14	0,13	1,08	0,76	0,13
	Ahşap Kaplama	0,03	0,13	0,23		
Zemin Döşemesi	Beton	0,15	1,65	0,09	11,11	1,96
Dış Duvar	Dış Sıva	0,02	1,00	0,02	2,70	0,48
	Tuğla	0,27	0,81	0,33		
	İç Sıva	0,02	1,00	0,02		
Teras Çatı	Killi Toprak	0,10	0,47	0,21	0,66	0,12
	Ahşap Kiriş	0,14	0,13	1,08		
	Ahşap Kaplama	0,03	0,13	0,23		

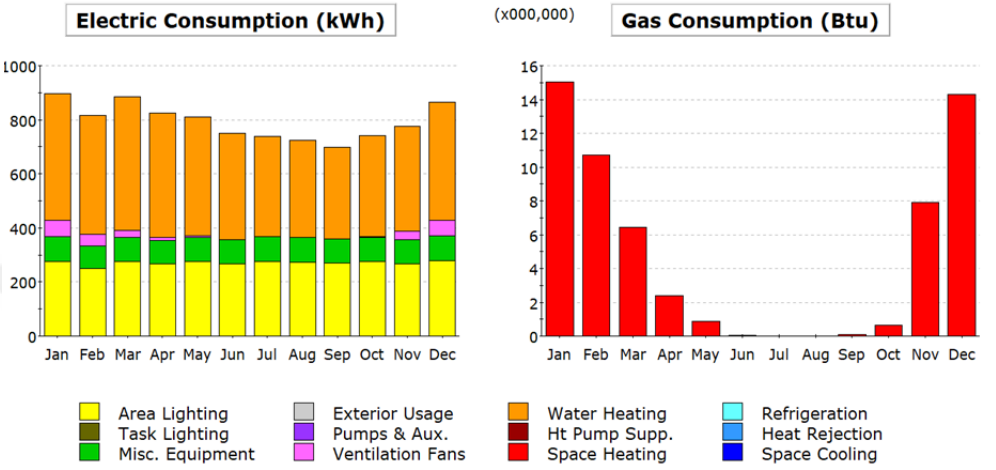
Daha sonra pencere açıklıklarının boyutları, çatı tipi, bina kullanımının saatlik olarak programlanması, mekanik ekipmanlar, iç mekan kaplamaları ve aydınlatma yükleri vb. tespit edilen ve hesaplanan gerekli ölçümle oluşturulan binaya ait verileri, eQUEST'e girdi olarak yüklenmiştir. En son olarak, enerji performans analizi yapılarak referans yapının üç boyutlu modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.6)



Şekil 4.6. Referans Yapının eQUEST Enerji Modeli (Kaynak: Yazar Tarafından Modellenmiştir)

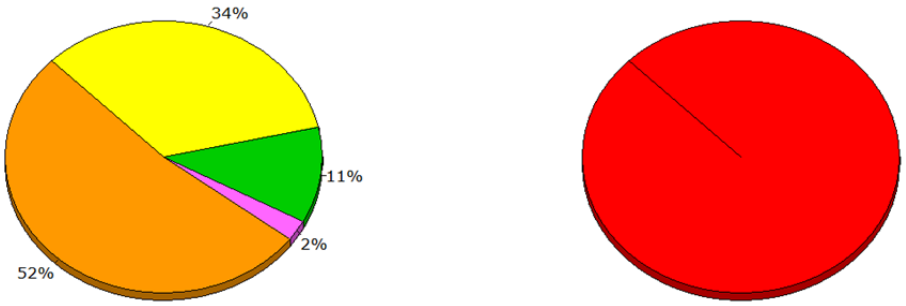
Yapılan ölçümlere göre referans konut için yıllık enerji tüketimi sadece 26643,5 kWh'dir (Şekil 4.7). İlk durumda, aylık elektrik tüketimi hesaplarında, bina elektrik tüketiminin % 52'si su ısıtması içindir (Şekil 4.8). Ancak, 1920’ lere ait olan bu konutlarda su ısıtması amacıyla elektrik olmadığı için soba kullanılmıştır. Ileriki yıllarda sıcak su elde etmek için çatıya monte edilen vakum tüpleri geliştirilmiştir. Bu vakum tüplü güneş enerji sistemleri vasıtasıyla sıcak su

temin edilmektedir. Dolayısı ile, sıcak su kaynağı, dolaylı olarak güneş enerjisinden sağlanmaktadır.



	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
Birinci Durum	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,8	439,9	494,1	461,6	441	395,6	369,9	358,6	340	373,4	388,9	437,8	4968,6
		Hav.	61	42,8	24,8	8,7	3,1	0,1	0	0	0,3	2,2	30,9	57,9	231,8
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	272,9	269,4	274,5	268	277,9	3245,6
		Toplam (kWh)	896,9	815,1	885,3	825,2	810,5	750,9	737,8	723,3	698,7	742	776,8	865,6	9528,1
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	15,02	10,72	6,42	2,38	0,88	0,04	0	0	0,08	0,64	7,92	14,3	58,4
		Toplam (kWh)	4401,9	3141,7	1881,5	697,5	257,9	11,7	0,0	0,0	23,4	187,6	2321,1	4190,9	17115,4

Şekil 4.7. Birinci Durum'da Son Kullanımdan İtibaren Aylık Enerji Tüketimi (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)



Elektrik Gaz

Şekil 4.8. Birinci Durum'a Göre Yıllık Tüketime Göre Enerji Tüketimi (Elektrik Tüketimi % 52 Sıcak Su, % 34 Aydınlatma, %11 Çeş. Ekipmalar, %2 Hav. %100 Mekan Isıtma) (Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır)

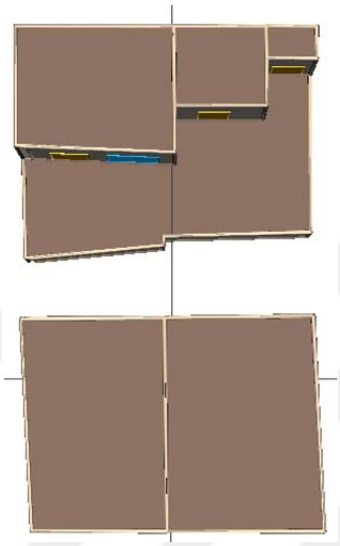
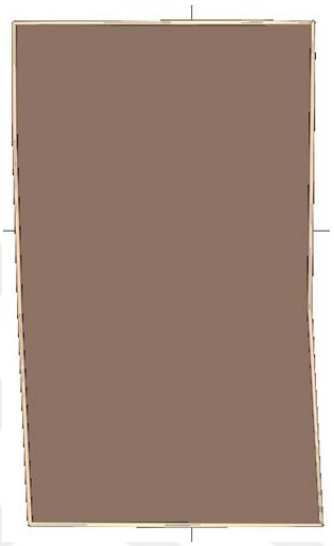
4.1.2. Temel Durum Analizi

Binanın büyüklüğü, yüksekliği, kat sayısı, genel yapılandırması, bina ayak izi tanımlaması için bir anlam ifade etmektedir. Binanın nasıl yönlendirileceği ile ilgili tüm tartışmalar yapının bulunduğu alanda gerçekleşmektedir. Ayrıca, her cephesi güneşe, caddelere bakabilir. Bu nedenle yüzey alanı ve bina oturum alanının büyüklüğü binanın enerji performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Çoğu binada enerji kullanımında ısıtma ve soğutma yükleri ağırlıklı olarak enerji harcayan yüklerdir. Bu nedenle, yapı yüzey alanı ve oturum büyüklüğü, enerji verimli yapı tasarımının odak noktası haline gelmektedir. Temel durumda yapının oturumu ve yönelim şekli, birinci durum ile aynıdır. Temel duruma dair yapılan analizde, referans konut yapısı ile aynı ısıtma-soğutma alanına sahip modern bir ev oluşturulmuştur. Ancak avlunun duvarlarla kapatılması nedeniyle varsayılan yapının yüzey alanı azalmıştır (Çizelge 4.3)

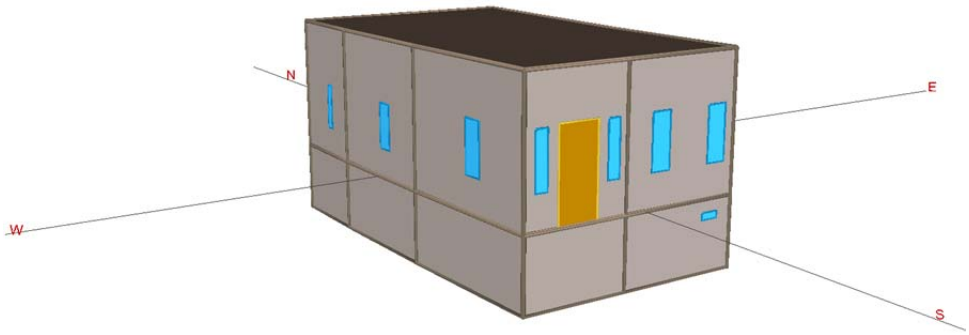
Modern bir Adana evinin, yapısal elemanları Çizelge 4.5' teki katmanlar halinde tanımlanmıştır. Şekil 4.9 'da görülen binanın üç boyutlu bir modelinin oluşturulmasından sonra, enerji tüketimi sonuçlarının elde edilmesi için bu model program üzerinde simüle edilmiştir. Temel durumun eQUEST analiziyle sonuçlanan aylık enerji tüketimi, Şekil 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.3. Durumların Yapı Formu Farklıkları (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

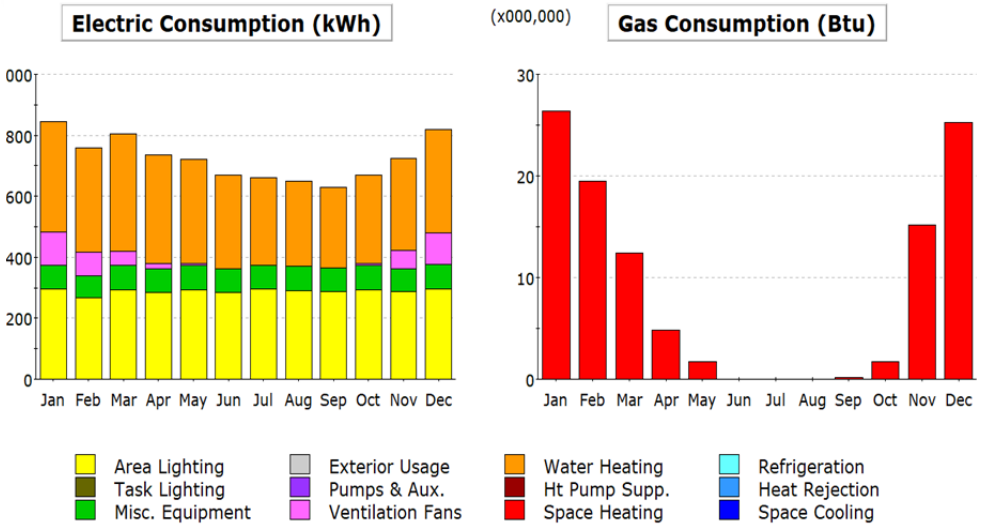
Birinci Durum	**Temel Durum**
	
Vaziyet Planı	Vaziyet Planı
Isıtma-soğutma Alanı	**Isıtma-soğutma Alanı**
60 m²	60 m²
Yüzey Alanı	**Yüzey Alanı**
173 m²	155 m²

Çizelge 4.4. Temel Durumun Yapı Elemanlarının Katmanları (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Strüktürel elemanlar	**Malzeme**	**Kalınlık (d) m**	**Isı iletkenliği (ג)**	**Isı direnci (R)**	**U değeri W/m²K**	**U değeri Btü/h-**
Döşeme	PVC döşeme	0,01	0,23	0,04	7,69	1,35
	Şap	0,03	1,40	0,02		
	Beton	0,12	1,65	0,07		
Zemin döşemesi	Beton	0,15	1,65	0,09	11,11	1,96
Dış duvar	Dış sıva	0,02	1,00	0,02	5,00	0,88
	Beton	0,27	1,65	0,16		
	İç sıva	0,02	1,00	0,02		
Teras çatı	Yalıtım Malzemesi	0,12	0,04	3,00	0,32	0,06
	Beton	0,14	1,65	0,08		
	Sıva	0,02	1,00	0,02		



Şekil 4.9. Modern Adana Evinin eQUEST Energy Modeli (Kaynak: Yazar Tarafından Modellenmiştir)



	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
Temel Durum	Elektrik(kWh)	Sıcak su	363	341,1	383	357,7	342	306,8	287,1	278,5	264,2	290	302,1	340	3855,5
		Hav.	107,9	78,4	48	17,7	6,2	0,1	0	0	0,5	5,9	59,7	103	427,4
		Çeş. Ekipman	79,7	72	79,7	77,1	79,7	77,1	79,7	79,6	77,2	79,7	77,2	79,8	938,5
		Aydınlatma	294,9	266,3	293,1	284	293,1	284,3	294,7	291,4	287,6	293,1	286,2	296,7	3465,4
		Toplam (kWh)	845,5	757,8	803,8	736,5	721	668,3	661,5	649,5	629,5	668,7	725,2	819,5	8686,8
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	26,38	19,47	12,38	4,8	1,75	0,03	0	0	0,15	1,7	15,19	25,27	107,12
		Toplam (kWh)	7731,2	5706,1	3628,2	1406,7	512,9	8,8	0,0	0,0	44,0	498,2	4451,7	7405,9	31393,8

Şekil 4.10. Temel Durum İçin Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi (Kaynak: Yazar)

4.1.3. İkinci Durum Analizi

Pencerelerin üzerine konumlanan gölgeleme elemanları, cam türünü iyileştirme vb. pasif güneş enerjisi tasarım teknikleri, bina enerji performansını iyileştirici bir etkiye sahiptir (Aktoz, 2000). Genel kullanımda bir bina, enerjisinin % 25'ini pencerelerden kaybeder ve pencerenin duvara oranı yüksek olan binalarda enerji kayıpları daha da artmaktadır (Ching ve Shapiro, 2014). ASHRAE Standard 90.1-2016- ASHRAE 90.1'in en son versiyonu olan Az Katlı Konutlar Dışındaki Binalar İçin Enerji Standardı, pencere alanını, duvar alanının % 40'ından fazla olmayacak şekilde bir sınırlama getirmiştir (URL 39).

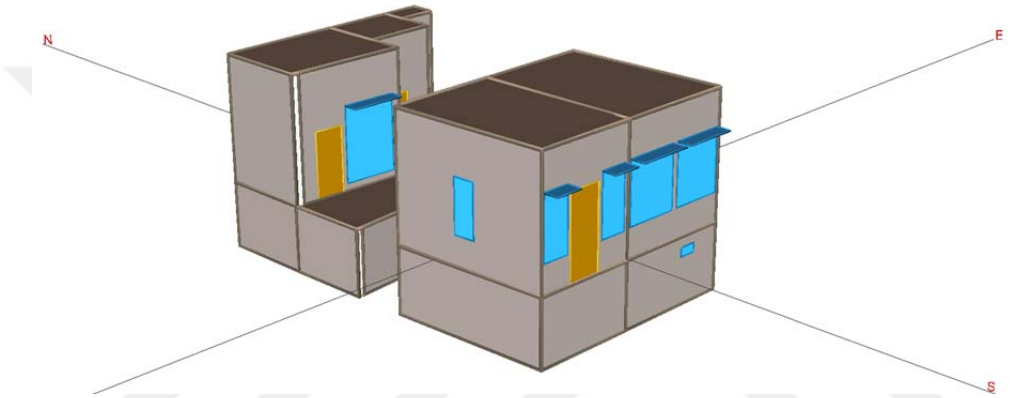
Optimum görsel konfor ve parlaklık kriterlerinin kesişiminde, dış duvar oranının kuzeyde % 50 ile % 70, güneyde % 60 ve doğu ve batı yönlerinde% 50 ile % 60 arasında olduğu gözlenmiştir (Ochao ve diğ., 2012). Bununla birlikte, ikinci durum analizinde varsayılan yapı ile referans yapının bina ayakizi ve yapısal sistemi aynıdır. Örnek olarak seçilen referans yapının, güneyde yer alan dış duvarı % 18 pencere şeffaflığına sahiptir. Mekan içindeki ısısal konforu ve dış mekanla görsel iletişimi sağlamak için pencere yüzdesi % 18'den % 40'a yükseltilmiştir (Çizelge 4.5).

Genel bir durum olarak düşük emisyonlu (low-e) cam pencereler dış panelin iç yüzeyini ince bir metal veya metal oksit film ile kaplayarak üretilir ve böylece görünür ışık iletilir ancak daha uzun radyan ısı dalga boyları atmosfere geri yansıtılır (Ching ve Shapiro, 2014). Bu durum kışın, daha fazla iç mekan sıcaklığının iç mekanlarda tutulması, yazın ise daha fazla dış ortam sıcaklığının dışarıda tutulması anlamına gelir. Dolayısıyla, cam kategorisi, ikinci durumda ısı kaybını azaltmak için tek tabakalı low-e türünden çift tabakalı low-e'ye geliştirilmiştir.

Çizelge 4.5. Birinci Durum ve İkinci Durumun Pencere Parametreleri (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Zemin Kat	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Pencere Alanı (m²)	Pencere Yönü Konum Yeri	Duvar Alanı (m²)	Saydamlık Yüzdesi (%)
Birinci Durum						
p1	0.64	1.80	3.74	Güney Yaşama O.	77	18
p2	0.60	1.80	3.59	Güney Yaşama O.		
p3	0.85	1.80	5.02	Güney Yatak O.		
p4	0.85	1.80	5.02	Güney Yatak O		
İkinci Durum						
p1	1.06	1,98	6.93	Güney Yaşama O.	55	40
p2	1.06	1,98	6.93	Güney Yaşama O.		
p3	1.98	1,98	12.8	Güney Yatak O.		
p4	1.92	1,98	12.5	Güney Yatak o.		

Ek olarak, dış güney duvarına konumlanan pencerelere yatay gölgeleme elemanı eklenmiştir. Planlama Alanları İmar Yönetmeliği madde 41'de belirlenen maksimum çıkıntının 0.50 m (1,64 ft) olması nedeniyle yatay gölge elemanı genişliği, 0.50 m (1,64ft) olarak tanımlanmıştır. Referans evin enerji performansı ve ikinci durum için üç boyutlu model üzerinde çalışan eQUEST simülasyon sonuçları, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.11. İkinci Durumun eQUEST Enerji Modeli (Kaynak: Yazar Tarafından Modellenmiştir)

	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
İkinci Durum	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,7	439,7	494	461,5	440,9	395,5	369,8	358,5	339,9	373,2	388,8	437,7	4967,2
		Hav.	57	39,7	22,9	8,2	3,1	0,1	0	0	0,3	1,9	27,8	53,7	214,7
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,1	249,3	274,4	265,9	274,4	266,2	276	272,9	269,3	274,4	267,9	277,8	3244,6
		Toplam (kWh)	892,7	811,7	883,2	824,5	810,3	750,7	737,7	723,2	698,5	741,4	773,5	861,2	9508,6
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	14,09	9,96	5,94	2,25	0,86	0,04	0	0	0,08	0,54	7,14	13,3	54,2
		Toplam (kWh)	4129,4	2919,0	1740,8	659,4	252,0	11,7	0,0	0,0	23,4	158,3	2092,5	3897,8	15884,5

Şekil 4.12. İkinci Durum İçin Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi (Kaynak: Yazar)

4.1.4. Üçüncü Durum Analizi

Analizin üçüncü durumunda, geleneksel çatı tipinin halihazırdaki tüm katmanları değiştirilerek, yeşil çatıya (çatı bahçesine) dönüştürülmüştür.

Referans olarak seçilen mevcut yapı, temel olarak nem/su yalıtım vb. önlemlere sahip olmadığı için, yeşil çatı sistemini oluşturan tüm yapısal katmanlar güncel uygulamalar ile standartlara uygun hale getirilmiştir.

Dolayısı ile, 'ikinci durum' yapısının çatı tipinin ve katmanlarının değiştirilmesi yoluyla, iyileştirilmesi sağlanmış ve 'üçüncü bir durum' oluşturulmuştur.

Yeşil çatı tipinin seçilmesinin nedeni; bu uygulamaların, kentsel ısı adaları, gürültü ve hava kirliliğinin azaltılması, yağmur suyu yönetimi, biyoçeşitliliğin desteklenmesi gibi birçok kentsel soruna karşı bir çözüm olarak görülmesi olmuştur. Ayrıca bu uygulamalar, genellikle, kentsel bir ortamda çevresel sürdürülebilirliği artırmak için tercih edilen en iyi yöntem olarak kabul görmektedir (Gargari ve diğ., 2016).

Yeşil çatılar, seyrek (ekstensif) bitkilendirilmiş ve yoğun (intensif) bitkilendirilmiş sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Her ikisi, toprak derinliği ve türleri nedeniyle farklılıklar gösterir (Bianchini ve diğ., 2011). Bu çalışmada, yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatı tipi yerine, seyrek bitkilendirme sisteminin seçilmesinin nedenleri aşağıda belirtildiği gibidir.

- Toprak derinliği, yoğun bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemine göre daha ince olan sistemlerdir (Weiler ve Katrin, 2009: 8). Standart bir 'seyrek yeşil çatı' için toprak derinliği 5-15 cm arasında iken, 'yoğun bitkilendirilmiş' sistemin toprak kalınlığı 20-60 cm arasında olmaktadır (Erkul, Sönmez, 2014:60).
- Az sulama gerektiren ya da hiç sulama gerektirmeyen bitkileri içeren doğal bir örtüdür (Erkul, 2012: 24).
- Yoğun bitkilendirme sistemine göre daha hafiftir ve verimli yağmur

suyu yönetimi ile daha az bakım ihtiyacı gerektirir (Bianchini ve diğ., 2011).

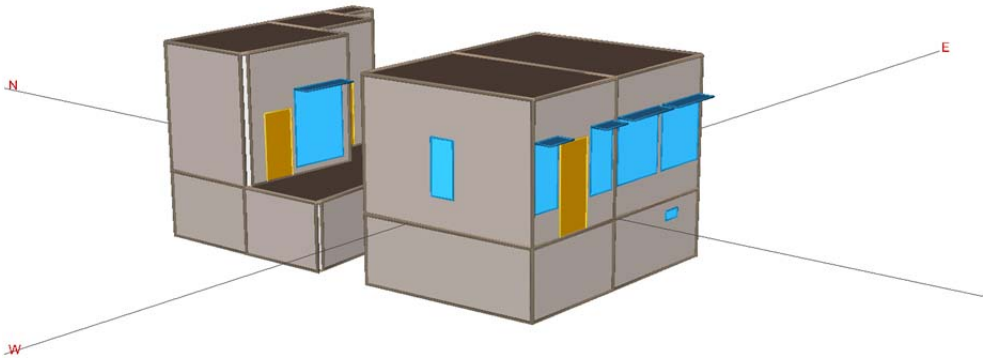
- Bitki katmanının azalması ile ısıl yükte, iç ve dış ortam arasındaki dengelemeyi sağlar. "Bu sistemler, yeşil çatının ısı depolama özelliği ile) yaz aylarında bitkilendirilmiş katman sayesinde azalmış olan ısıl yükünü iç ortama daha az geçirerek; kış aylarında ise ısı miktarının iç ortamdan dış ortama akışını engelleyerek soğutma ve ısıtma enerjilerinde tasarruf edilmesini sağlar. Kanada'da yapılan bir çalışmada 72 m²'lik bir çatı alanı oluşturularak bu alan iki eşit parçaya bölünmüş ve yarısı seyrek bitkilendirilmiş çatı sistemi, diğer yarısı da geleneksel çatı sistemine dönüştürülmüştür'' (Liu ve Baskaran, 2003).

Geleneksel çatı ile seyrek bitkilendirilmiş yeşil bir çatıya dönüştürülmüş olan referans çatıdan elde edilen veriler ışığında, çatının altında kalan iç ortamın ısıtılması ve soğutulması için gereken bir günlük ortalama enerji miktarı, geleneksel çatıda 6-7,5 kWh/gün iken, bitkilendirilmiş çatıda bu değer 1,5 kWh/gün olarak ölçülmüştür. Kısacası, bitkilendirilmiş çatı, referans çatıya oranla, günlük % 75 oranında daha az enerji harcamaktadır (Liu ve Baskaran, 2003: 5, Aras, 2019). Buna ilaveten seyrek çatı sistemlerinde, rekreatif kullanımdan ziyade, görsel ve işlevsel amaçlı bir kullanım da söz konusu olmaktadır (Velazquez, 2005).

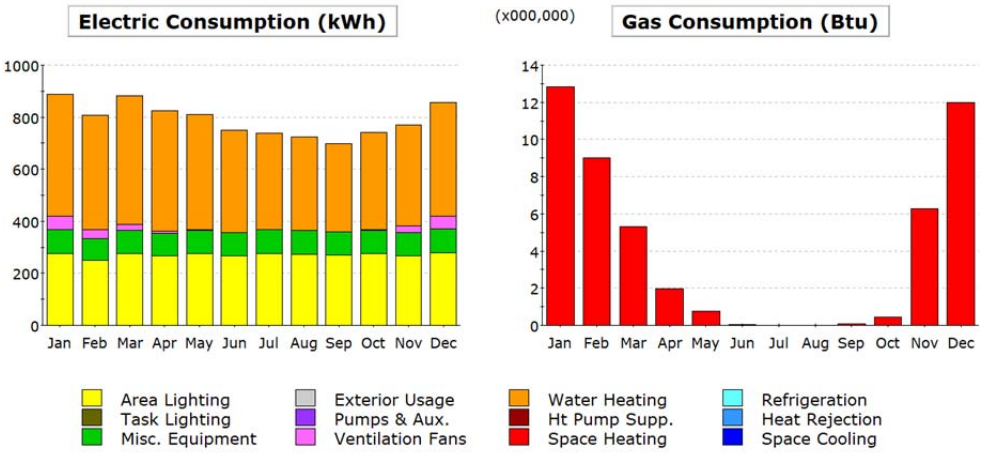
Bu tez çalışmasında, referans binanın enerji tüketimini değerlendirmek için, seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı seçilmiştir. Referans binada, çatı performansını iyileştirmek amacıyla üçüncü durum oluşturularak bitkilendirilmiş bir çatı sisteminin kullanılması sonucunda, referans çatıya oranla %75'lik bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. Referans yapının, mevcut çatı katmanları ve önerilen yeşil çatı katmanları, Çizelge 4.6'da görülebilir. Üçüncü durum için, 3D-model ve kullanım sonrası aylık enerji tüketiminin sonuçları, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Birinci Durum ve Üçüncü Durumun Çatı Katmanları (Kaynak: Yazar Tarafından Tablo Haline Getirilmiştir)

Strüktürel katmanlar	Malzeme	Kalınlık d m	Isı iletkenliği, λ W/mK	Isı direnci, R	U değeri W/m²K	U değeri Btü/h-ft²-F
Teras çatı	Killi toprak Katmanı	0,10	0,47	0,21	0,66	0,12
	Ahşap kiriş	0,14	0,13	1,08		
	Ahşap kaplama	0,03	0,13	0,23		
Yeşil Çatı	Toprak	0,15	Revit programı aracılığıyla hesaplanmıştır.	11,97	0,10	0,014
	Polimer bitüm tab.	0,00				
	Taş	0,13				
	Drenaj tabakası	0,02				
	Bitki Kökü bariyeri	0,00				
	Taş yünü yalıtımı	0,35				
	Buhar geciktirici	0,00				
	Çarpraz lamine ahşap/CLT	0,15				



Şekil 4.13. Üçüncü Durumun eQUEST Enerji Modeli (Kaynak: Yazar Tarafından Modellenmiştir)



	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
Üçüncü Durum	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,7	439,8	494,1	461,6	441	395,6	369,9	358,6	339,9	373,2	388,8	437,7	4967,9
		Hav.	51,9	35,9	20,5	7,2	2,6	0,1	0	0	0,2	1,5	24,4	48,3	192,6
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	273	269,4	274,5	268	277,9	3245,7
		Toplam (kWh)	887,7	808,1	881	823,7	810	750,9	737,8	723,4	698,5	741,1	770,2	855,9	9488,3
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	12,83	9,01	5,31	1,98	0,75	0,04	0	0	0,06	0,43	6,27	11,98	48,66
		Toplam (kWh)	3760,1	2640,6	1556,2	580,3	219,8	11,7	0,0	0,0	17,6	126,0	1837,6	3511,0	14260,8

Şekil 4.14. Üçüncü Durum için Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi (Kaynak: Yazar)

4.1.5. TS 825 Standardına Dayalı Enerji Performans Analizi

TS 825 standardının amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak, enerjiden tasarruf etmek ve net ısıtma ihtiyacının hesaplanmasında kullanılacak standart hesap metodu ve değerlerini belirlemektir (TS 825 standardı, 2013). Bu standart, ayrıca aşağıdaki amaçlarla da kullanılmaktadır:

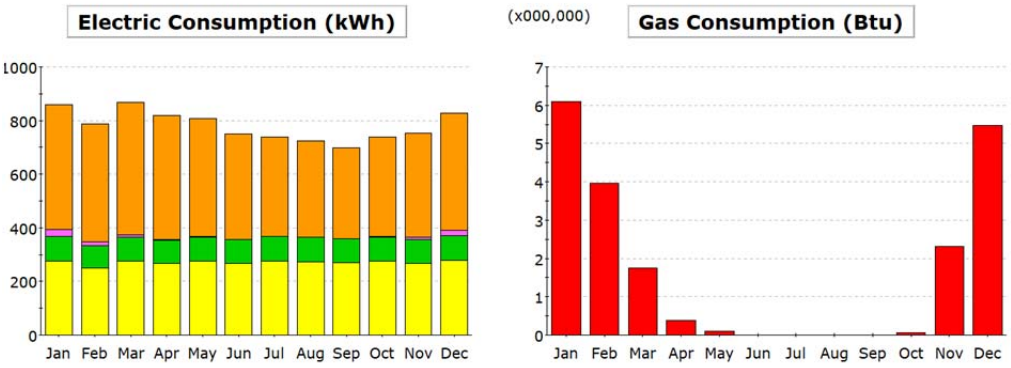
- Bu standartda açıklanan hesap metodunu ve verilen değerleri, yeni yapılacak binaya ait çeşitli mimari tasarım seçeneklerine uygulayarak, ısıtma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlayacak en uygun mimari tasarım çözümü belirlemek,
- Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini tesbit etmek,
- Mevcut bir bina için hazırlanmış olan yenileme projesi uygulanmaya başlanmadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,
- Mevcut yapı stokunu temsil edebilecek muhtelif binaların ısıtma enerjisi gereksinimini hesaplayarak, bina sektöründe gelecekte ihtiyaç duyulacak olan ısıtma enerjisi miktarını ülke ölçeğinde tahmin etmektir (TS 825 standardı, 2013).

Türkiye illerinin bulunduğu derece-gün bölgeleri, bu standarda göre beş bölgeye ayrılmıştır. Her bölgedeki şehirler için kabul edilen en yüksek ‘U değerleri’, herbiri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Çizelge 4.7’ de de görüldüğü gibi, Adana, birinci derece iklim bölgesinde yer almaktadır. Bu çizelgeye göre; Ud - Duvarın ısı iletkenliğini, UT- Tavanın ısı iletkenliğini, Ut - Toprağa bağlı zeminin ısı iletkenliğini, Up- Pencerelerin ısı iletkenliğini ifade etmektedir.

Çizelge 4.7. Bölgelere Göre Maksimum Değer Olarak Kabul Edilmesi Önerilen U Değerleri (Kaynak: TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Yönetmeliği)

Türkiye'nin Derece - Gün Bölgeleri	Ud (W/m²K)	UT (W/m²K)	Ut (W/m²K)	Up (W/m²K)
1. Bölge	**0,66**	**0,43**	**0,66**	**1,80**
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,80
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,80
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,80
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,80

.



	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
TS 825 Durumu	Elektrik(kWh)	Sıcak su	466,6	439,3	494	461,8	441,4	396	370,3	358,8	339,7	372,6	387,8	436,5	4964,8
		Hav.	24,4	15,6	6,6	1,4	0,3	0	0	0	0	0,2	8,9	21,9	79,3
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	273	269,4	274,5	268	277,9	3245,7
		Toplam (kWh)	859,1	787,3	867	818,1	808,1	751,2	738,2	723,6	698,1	739,2	753,7	828,3	9371,9
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	6,09	3,96	1,75	0,39	0,1	0	0	0	0,01	0,07	2,31	5,47	20,15
		Toplam (kWh)	1784,8	1160,6	512,9	114,3	29,3	0,0	0,0	0,0	2,9	20,5	677,0	1603,1	5905,4

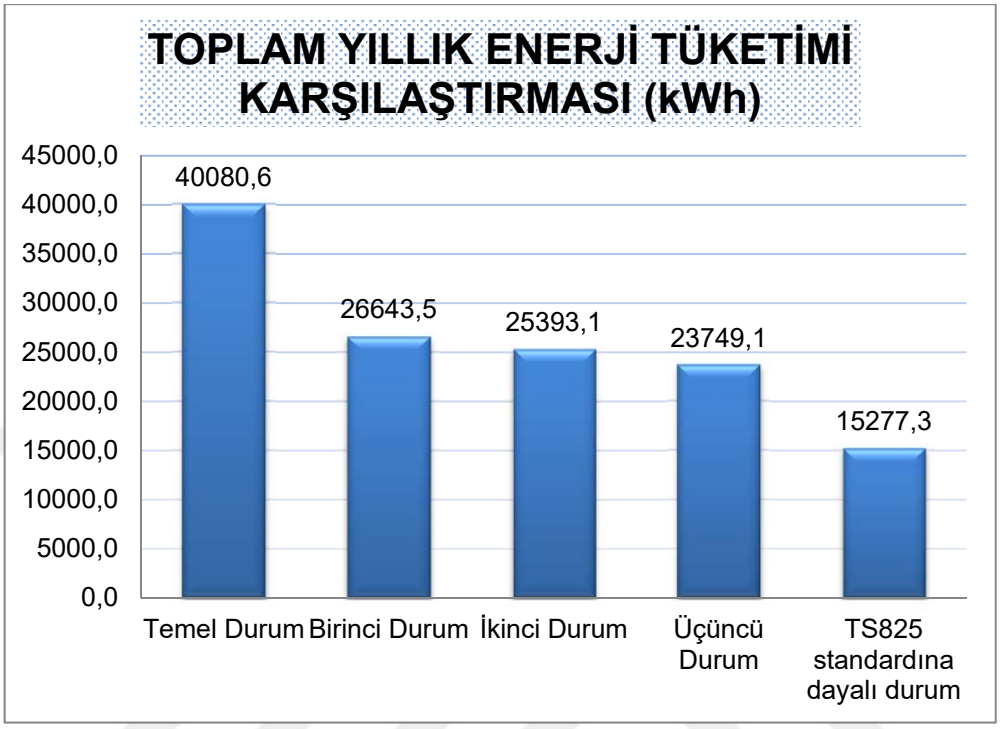
Şekil 4.15. TS 825 Standardına Dayanan Durumun Son Kullanıma Göre Aylık Enerji Tüketimi (Kaynak: Yazar)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sıcak ve nemli iklimdeki bir konut binasının enerji performansını iyileştirmek amacıyla referans konut yapısı seçilmiştir. Bu yapı üzerinde açıklıkların ve çatı tipinin değişmesiyle yıl içinde değişen aylık performans analiz edilmiştir. Buna ek olarak, aynı ısıtma ve soğutma alanına sahip referans yapı ile modern Adana konut yapısının enerji tüketimi karşılaştırılmıştır. Tez kapsamında bina enerji performanslarının karşılaştırmasını yapmak için; birinci durum, temel durum, ikinci durum, üçüncü durum, TS 825 standartına dayalı durum olmak üzere beş durum oluşturulmuştur. Oluşturulan bu beş durumun, yıllık enerji tüketimi, elde edilen enerji tasarrufunun yüzdesel değeri karşılaştırılmalı olarak Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Karşılaştırılan Durumların Enerji Kullanımı - Sonuçların Özeti (Evdeki Sıcak Su Kullanımını Elektrik Tüketiminden Hariç Tutulmuştur) (Kaynak: Yazar)

Durumlar	Elektrik (kWh)				Gaz (kWh)	Top. (kWh)	% Tasarruf		
	hav.	çeş.ekip.	aydın.	Top. (kWh)	mekan ısıtma		Elektrik	Gaz	Toplam
Temel Durum	427	939	3465	4831	31394	36225	0	0	0
Birinci Durum	232	1082	3246	4560	17115	21675	-6	-45	-40
İkinci Durum	215	1082	3245	4541	15884	20426	-6	-49	-44
Üçüncü Durum	193	1082	3246	4520	14261	18781	-6	-55	-48
TS825 Standardı	79	1082	3246	4407	5905	10312	-9	-81	-72



Şekil 5.1. Varsayılan Durumların Yıllık Toplam Enerji Tüketimi Karşılaştırması (kWh) (Kaynak: Yazar)

Birinci durum olarak tanımlanan referans binanın enerji performansını belirlemek için iç bahçenin doğal havalandırma etkisi ve pencere açıklıklarının değişimi gibi pasif tasarım stratejilerinin uygulanması ile binadaki ısıtma-soğutma yüklerindeki azalma hesaplanmaya çalışılmıştır.

Aynı ısıtma soğutma alanına sahip 'modern yapı' (temel durum) ve 'referans yapı' (birinci durum) karşılaştırmasında, modern konut yapısının referans yapıya kıyasla;

- hacimlerin ısınması için % 45 daha fazla enerji ihtiyacına ve
- % 6 daha fazla elektrik tüketimine sahip olduğu bulgulanmıştır (Çizelge 5.1).

Temel durumda, binanın dış yüzey alanı ile ısıl direncini (R değeri) azaltmak, aynı zamanda ısı kaybına neden olmaktadır. Öte yandan, yapı yüzey alanını 173 m^2'den, 155 m^2'ye düşürme sonucunda ısıtma yüklerinde daha az enerji tüketiminin olması beklenir. Ancak, ısıtma ihtiyacı için bu enerji talebinin beklenenden fazla olmasının nedeni; duvarın ısıl direncinin (R değeri) azaltılmasının, yüzey alanının azaltılmasından daha önemli olduğunu göstermektedir. Modern bir Adana evi olarak tanımlanan temel durumda, duvarın U değeri (0,88) katsayısına ulaştığında birim alandaki ısıtma başına % 40 oranında birinci durumdan daha fazla enerji harcanmaktadır (Çizelge 5.1).

Birinci durumun iyileştirilmesiyle oluşturulan ikinci ve üçüncü durumun performans analiz sonuçları, temel durumun analiz sonuçları ile kıyaslandığında, bu durumların temel duruma göre elektrik enerjisinden % 6 tasarruf sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

Bunlara ek olarak ikinci durumda, referans konut yapısını iyileştirmek için;

- pencere saydamlık yüzdesinin % 18'den % 40'a yükseltilmesi,
- cam tipini tek katmanlı low-e yerine çift tabakalı low-e cam kullanılması,
- güney cephe pencerelerine 0.50 m yatay güneş kırıcı elemanların konumlandırılması,

olarak tanımlanan pasif güneş tasarımı yöntemleriyle elde edilen tasarruf miktarını, herhangi bir mekanik ekipman desteğine ihtiyaç duymaksızın elde edilebileceği söylenebilmektedir (Şekil 4.15)

İkinci durumda, yukarıda bahsedilen pasif güneş tasarım yöntemlerinin kullanılması ile birinci duruma kıyasla ısıtma yüklerinde % 4 oranında enerji tasarruffu görülmüştür (Çizelge 5.1). Pasif güneş tasarımı ve 'seyrek bitkilendirilmiş' yeşil çatı kullanılarak ikinci durumun iyileştirilmesi ile oluşturulan üçüncü durumun performans analizi sonucunda ise birinci duruma göre, enerji tüketiminde % 8 daha fazla verimlilik sağlamıştır.

Referans bina ise, TS 825 standardında öngörülen enerji tüketimine göre, 11366,2 kWh daha fazla enerji tüketmiştir. Bununla birlikte, üçüncü durumun uygulanmasıyla 8471,8 kWh enerji farkı oluşurken, ikinci durumda bu fark 10115,8 kWh olmuştur (Şekil 5.1). İkinci ve üçüncü durum sonuçları, TS 825 standardında önerilen enerji tüketimi ile karşılaştırıldığında, referans konut yapısındaki enerji kullanımının verimsiz olduğu görülmüştür (Şekil 5.1). TS 825 standardında öngörülen ve ulaşılması zor olan enerji tasarrufunun nedeni, 1920'lerde yapılan referans binanın yapı katmanlarında herhangi bir yalıtım malzemesinin olmamasıdır. Günümüze kadar geçen süre içinde ise 'Enerji Etkin Bina Tasarımı'nın öneminin çok fazla dikkate alınmadığı bilinmektedir. Bu nedenle, günümüzde, enerji verimli binalar, gerekli yönetmelikler ve yasal düzenlemeler sonrasında zorunlu hale getirilmiştir. Dolayısıyla, TS 825 standartlarına dayalı performans analizi sonucunda enerji verimliliği gereksiniminin referans konut yapısı için % 72 oranında enerji tasarrufunun sağlanmasıdır (Çizelge 5.1).

Aynı ısıtma ve soğutma alanına sahip, referans konut ile modern konut yapısının karşılaştırma sonuçlarına göre, sırasıyla enerji tüketimi, 18781 kWh ve 36225 kWh olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.1). Birinci durumun enerji performansı Şekil 4.16'da da görüldüğü üzere, temel duruma kıyasla % 48 daha fazladır. Diğer taraftan, yıllık toplam enerji tüketiminin karşılaştırılması sonucunda, Şekil 5.1' de de görüldüğü gibi, bu tez çalışması kapsamında varsayılan durumların hiçbirinin, TS 825 standartlarına göre önerilen enerji tasarrufuna ulaşamadığı tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan analizlerin sonuçları aşağıda açıklanmıştır;

- Modern bir Adana konutu, ısıtma- soğutma alanı aynı olan referans konut yapısı ile karşılaştırıldığında, konutun toplam yıllık enerji kullanımı referans konut yapısından % 40 daha fazladır.

- Avlulu referans konut yapısında kışın iç bahçede güneş ışınımı nedeniyle ısıtma enerjisi yükü daha az olmaktadır. Yaz aylarında ise, avludan esen rüzgarın pencere ve kapı boşlukları vasıtasıyla yön değiştirmesi ile evin içinde doğal havalandırma ortamı yarattığı tespit edilmiştir.
- Referans konut duvarlarının ısıl direncinin (R değeri) azaltılması, ısıtma-soğutma gereksinimlerini de büyük ölçüde etkilemektedir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan analizler sonucunda, enerji tasarrufu amacıyla ısı kaybını azaltmak için, malzemenin ısıl direncinin, binanın dış yüzey alan büyüklüğünden daha fazla anlam ifade ettiği anlaşılmıştır.
- Referans konut yapısının enerji performansı, güneşten korunma yöntemleri ve yapısal elemanların üzerinde gerekli yalıtım katmanları bulunmadığından 'Enerji Etkin Bina' tanımlamasında yetersiz kalmıştır.
- Yapının güney duvarında yer alan pencere boşluk oranının doğru şekilde boyutlandırılması ve iç bahçenin kullanılması, enerji tasarrufu konusunda konut performansına % 40 katkı sağlayan sonuçlar vermiştir.
- Referans yapıda pasif güneş tasarımı ve seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatının kullanılması, günümüz modern yapısına kıyasla yıllık elektrik ve gaz kullanımında sırasıyla, % 6, % 55 ve tüketilen toplam bina enerjisinde ise % 48 tasarruf sağlamaktadır. Sonuç olarak, sıcak ve nemli iklimde, seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı seçimi ve pasif güneş tasarımı ile enerji tasarrufuna önemli katkı sağlandığı tespit edilmiştir.

Enerji verimli bina tasarımına yönelik gelecekte yapılacak araştırmalar için strüktürel elemanlarının U değeri iyileştirilerek enerji performansını analiz etmek, TS 825 standartında istenilen enerji tüketim değerini erişilebilir kılacaktır. Binalarda enerji verimli kullanım farkındalığın arttırılması ve enerji verimliliği için teşvikler verilmesi, gelecekte enerji tüketiminin azaltılması için önemli adımlar olacaktır.

KAYNAKLAR

Aksu, H.H., 2016. 'Geographical Information Systems (GIS) Based Distribution Of Relative Humidity In Adana, Turkey'. International Geography Symposium, 13-14 October, Ankara.

Aydın Y.C., Mirzaei P.A., 2017. 'Wind-Driven Ventilation Improvement With Plan Typology Alteration: A CFD Case Study Of Traditional Turkish Architecture'. Building Simulation 10 (2): p.239-254.

Aktoz, İ., 2000. 'The Analysis of Impact Of Climatic Conditions And Space Organization On Housing Thermal Performance Optimization. Adana Application', Çukurova University, Institute Of Social Sciences Department Of Interior Design, Master Of ScienceThesis, Adana.

Aras, B.B., 2019. 'Kentsel Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Çatı Uygulamaları'. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8 (1/1): 479-514s.

Berardi, U., 2016. 'A Cross-Country Comparison Of The Building Energy Consumptions and Their Trends'. Resources, Conservation and Recycling 123 (2017), p.230-241.

BP (Britanya Enerji Şirketi), 2017. 'Energy Outlook 2017'.

BREEAM, 2011. 'BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual'. SD5073-2.0:2011, p.24.

Chae Y.T., Horesh R., Hwang Y., Lee Y.M., 2016. 'Artificial Neural Network Model For Forecasting Sub-Hourly Electricity Usage In Commercial Buildings'. Energy Buildings, 111 (2016), p.184-194.

Ching, F. D., Shapiro, I. M., 2014. 'Green Building'. Illustrated Hoboken, N.J.: Wiley.

Crawley, D. B., Hand J. W., Kummert M., Griffith B. T., 2008. 'Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs'. Building and Environment 43 (4), p.661-673.

Çerçi S., 2016. ‘Sıcak ve Nemli İklim Bölgeleri İçin Sürdürülebilir Bir Konut Modeli’. Bireysel Araştıma Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 3084.

Durukan, F., Saban, D., ve diğ., 2006. ‘Adana Kentsel Kültür Envanteri’. Ulusoy Ofset Ltd. Şti., ISBN: 975-487-130-2, Adana, 393s.

DNV GL, 2017. ‘Oil and Gas Outlook to 2020’.

El-Ali, A., Moubayed, N. & Outbib, R., 2007. ‘Comparison Between Solar and Wind Energy In Lebanon’. Proc. Of 9th Int. Conf. On Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona.

EPDK, 2017. ‘Elektrik Piyasası 2017 Yılı Gelişim Raporu’.

Erkul, E., Sönmez, A., 2014. ‘Yeşil Çatı Sistemleri ve Çevresel Etkileri. Çevre Duyarlı Mimarlık’, Mimarlık Dergisi, 375, Ocak-Şubat, 60s.

Erkul, E., 2012. ‘Yeşil Çatı Sistemlerinin Yapım Açısından İrdelenmesi’. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 32s.

Frederick, Donna Ellen, 2016. ‘Libraries Data and The Fourth Industrial Revolution (Data Deluge Column)’. Library Hi Tech News, 33(5), p.9-12.

Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. and Giljum, S., 2012. ‘Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint Into A “Footprint Family” Of Indicators: Definition and Role In Tracking Human Pressure On The Planet’. Journal Of Ecological Indicators, 16, p.100-112.

Gülay, A., N., 2008. ‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması’. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Güner, C., 2016. ‘Cari Açık ve İşsizlik Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları İle Çözümü: Türkiye Örneği’. Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.

Güryay, İ., 2012. ‘Sustainability Of High-Rise Buildings: Service Core Configuration’. Middle East Technical University, Master of Science in Building Science in Architecture Department, Ankara.

Gonzalez, I., 2019. ‘Local Innovation Facilitates Solidarity-Based Biogas Networks in Cuba’. Inter Press Service (IPS), http://www.ipsnews.net/2019/01/local-innovation-facilitates-solidarity-based-biogas-networks-in-cuba/ adresinden 24.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

Green Star Tanıtım Kataloğu, Avustralya Yeşil Bina Konseyi, 18s.

Hincinar, F.F., 2008. ‘Türkiye’deki Isı Yalıtım Yönetmelikleri Standartlar ve Denetim’. www.dogalgazprojesi.com/forum_posts.asp?TID=5525 adresinden 18.05.2019 tarihinde erişildi.

Jallow, A.K., Demian, P., Baldwin, A.N. and Anumba, C.J., 2008. ‘Lifecycle Approach To Requirements Information Management In Construction Projects: State-Of-The-Art and Future Trends’. Proceedings of 24th Annual Conference of Association of Researchers in Construction Management ARCOM.

Jones D.L., 1998. ‘Architecture and The Environment: Bioclimatic Building Design’. Laurence King Publishing, London.

Kamu İhale Kanunu, http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4734.pdf adresinden 16.05.2019 tarihinde erişildi.

Karaman F., 1992. ‘Adana Geleneksel Konut Mimarisinin İncelenmesi ve Ulucami Çevresi İçin Koruma Amaçlı Bir Çalışma’. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kiviniemi, A., Fischer, M. and V, B., 2005. ‘Multi-Model Environment: Links Between Objects In Different Building Models’. Proceedings of 22nd CIB-W78 Conference Information Technology in Construction, p.277–284.

Koca, Ö., 2006. ‘Sıcak Kuru ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımı’. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Köteşli, T., 2013. ‘Yeşil Bina Sertifikasyonları Kapsamında Yerel Sistem Gerekliliğinin Değerlendirilmesi’. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Külekçi, Ö. C., 2009. ‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi’. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi. Cilt 1, Sayı 2, 83-91s.

Liu K.., Baskaran B., 2003. ‘Thermal Performance Of Green Roofs Through Field Evaluation’. Proceedings For The First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards, And Trade Show, p.1-10.

Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E.K., Cavallaro, F., and Khalifah, Z., 2015. ‘Sustainable and Renewable Energy: An Overview Of The Application Of Multiple Criteria Decision Making Techniques And Approaches’. Sustainability, 7, 13947-13984; DOİ:10.3390/su71013947, ISSN 2071-1050.

Marka TR42, 2011. ‘Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu’ (Eastern Marmara Region Renewable Energy Report). TC Doğu Kalkınma Ajansı, Marka Yayınları Serisi.

Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, RG Tarihi: 14.04.2008 RG sayısı: 26847.

Moghaddam A.A., 2013. ‘Adana İli Seyhan İlçesi, Sarıyakup Kentsel Sit Alanının Dokusal ve Yapısal Analizi’. ÇÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Ochoa, C.E., Aries, M.B.C., Van Loenen, E.J., Hensen, J.L.M., 2012. ‘Considerations On Design Optimization Criteria For Windows Providing Low Energy Consumption And High Visual Comfort’. Appl. Energy, 95, p. 238–245.

Oran, 2013. ‘TR72 Bölgesi (Kayseri, Sivas, Yozgat) Enerji Sektörüne Yönelik İmalat Sanayi Raporu’. Orta Anadolu Kalkınma Ajansı Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.

Önal, S. 2014. ‘Yapıların Enerji Kimlik Belgeleri Üzerine Değerlendirmeler’. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt. 1, No. 3, 100-105s.

Özüer, M.O., 2012. ‘Binalarda Enerji Korunumu Sağlayan Fiziksel Çevre Ölçütleri’. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi Bilimleri Dergisi, 5(1-2). 95-107s.

Özdoğan, H.P., 2005. ‘Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi’. YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Özdemir, M., 2005. ‘TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ Standardı ve Son Gelişmeler’.
www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/en.../MahmutOzdemir.doc adresinden 30.01.2007 tarihinde ulaşıldı.

Pacific Northwest National Laboratory and Oak Ridge National Laboratory, 2011. ‘40% Whole-House Energy Savings in the Hot-Humid Climate’. Building America Best Practices Series, Volume 15.

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, RG Tarihi: 02.11.1985, RG Sayısı: 18916.

Roderick Y. ve diğ., 2009. ‘Comparison of Energy Performance Assessment Between LEED, BREEAM and Green Star’. Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland.

Saban F.D., 2017. ‘Geleneksel Adana Mahalleler, Sokaklar, Binalar’. Sonçağ Matbaacılık, Ankara, 145s.

Sarte. S. Bry, 2010. ‘Sustainable Infrastructure The Guide To Green Engineering And Design’. John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, p.363.

Saunders, T., 2008. ‘A Discussion Document Comparing International Environmental Assessment Methods for Buildings’. BREEAM Publication. p.32.

Sev A., 2009. ‘Sürdürülebilir Mimarlık’. Yapı Endüstri Merkezi, Yem Yayınevi, İstanbul.

Şeker, A., 2016. ‘Renewable Energy, Renewable Energy Potential In Turkey, Green Marketing And Marketing Of Renewable Energy’. The Journal of International Social Research, Volume: 9, Issue: 46, October, Issn: 1307-9581, Ankara, p. 812-813.

Soygün D., 2003. ‘Adana Kent Dokusundaki Geleneksel Konutların Yapım Teknikleri’. ÇÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Sözer, H., 2010. ‘Improving Energy Efficiency Through The Design Of The Building Envelope’. Building and Environment, 45, p.2581-2593.

Szokolay, S.V., 2007. ‘Thermal Comfort’. PLEA, The University of Quesnsland, 2. Eddition ISBN: 0-86766-729-4, Birisbane.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, ‘3194 Sayılı İmar Kanunu’, 9 Mayıs 1985 tarih, 18749 sayılı RG. Kanun Numarası: 3194.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012. ‘Türkiye’nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı’. Ankara. https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Iklim_Degisikligi_Uyum_Stratejisi_ve_Eylem_Plani.pdf adresinden 24.03.2019 tarihinde erişildi.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2872 sayılı Çevre Kanunu, RG Tarihi: 11 Ağustos 1983 tarih, RG sayısı: 18132, Kanun numarası: 2872 https://cygm.csb.gov.tr/kanunlar-i-438 adresinden 25.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, RG Tarihi: 10 Temmuz 2013, RG Sayısı: 28703.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2016. ‘Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu’. 121s.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ‘Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik’, RG sayısı: 28097.

T.C. Sağlık Bakanlığı, 2015. ‘İklim Değişikliğinin Sağlık Etkilerinin Azaltılması Ulusal Programı ve Eylem Planı’. Ankara, https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/cevre-sagligi/2-ced/iklim-degisikligi/Iklim_Degisikligi_Eylem_Plani.pdf adresinden 24.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

Tong, W., 2010. ‘Fundamentals of Wind Energy, WIT Transactions On State of TheArt In Science And Engineering’, Vol 44, WIT Press, ISSN 1755-8336 (On-Line).

Tokuç, A., 2009. ‘Bina Enerji Benzetim Araçları ve Seçim Ölçütleri’. DEU Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 3.

Tönük, S., 2001. ‘Bina Tasarımında Ekoloji’. YTÜ Yayınları, Yayın no: Mf. Mim-01.005, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul, 4-105s.

Tülücü T., 1999. ‘Tepebağ ve Kayalıbağ Mahallerinindeki Geleneksel Konutların İç mekan Kullanımları’. ÇÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Umar N., Karbeyaz C., Polat Ö.O., 2014. ‘An example of vernacular architecture: Tradıtıonal houses of Adana, Turkey’. Vernacular Architecture and Earthen Architecture: Contribution for Sustainable Development-Correia, Carlos& Rocha (Eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 9781-138-00083-4, p.331.

Ulukavak Harputlugil, G., 2016. ‘Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri, Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması İçin Teknik Yardım Projesi’. 38s.

Velazquez, L. S., 2005. ‘Organic Green Roof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium’. Environmental Quality Management, Wiley Periodicals Inc.

Vierra, S., 2016. ‘Green Building Standards and Certification Systems’. LEED AP BD+C Vierra Design & Education Services, https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems adresinden 26.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

Wachberger, M. H., 1998. Çeviri: Gerçek, L., Akın, S., ‘E+P Güneş ve Konut’, Yaprak Kitapevi Ankara, 135s.

Wagner, H.J., 2017. ‘Introduction To Wind Energy Systems’, The European Physical Journal Conferences, 148:00011, DOI:10.1051/epjconf/201714800011.

Weiler, S., Katrin S.B., 2009. ‘Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscape Over Structure’, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Yeang K., 2012. Çev: Eryıldız S., Eryıldız D., ‘Ekotasarım (Ekolojik Tasarım Rehberi)’, Yem Yayın, İstanbul, 472s.

Yüceer, N.S, 2015. ‘Yapıda Çevre ve Enerji’. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık TİC. LTD. ŞTİ., İstanbul, 392s.

Yüceer, N.S., 2010. ‘An Approach To Shading Element Design, Adana Case’, METUJFA, 2.1, p.1-13.

URL 1 Power and Renewable Energy Market Review 2018. ‘The Climate Of Change’. https://www.willistowerswatson.com adresinden 02.08.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 2 Department of Business, Energy& Industrial Strategy (DBEI), 2018. ‘Digest of United Kingdom Energy Statics 2018’. https://www.gov.uk/government/collections/digest-of-uk-energy-statistics-dukes adresinden 02.08.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 3 U.S Environmental Protection Agency (EPA), 2013. ‘Sustainable Design and Green Building Toolkit for Local Governments’. https://www.epa.gov/smartgrowth/sustainable-design-and-green-building-toolkit-local-governments adresinden 02.08.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 4 https://www.britannica.com/science/water-resource adresinden 22.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 5 https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=about_home. adresinden 22.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 6 https://www.britishecologicalsociety.org/about/what-is-ecology/, adresinden 22.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 7 https://www.sustainabilitydegrees.com/what-is-sustainability/sustainable-society/, adresinden 22.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 8 U.S. Department Of Energy, 2009. 'Recovery Act Announcement: Obama Administration Launches New Energy Efficiency Efforts,' EERE News, June 29, http://apps1.eere.energy.gov/news/progress_alerts.cfm/pa_id=194 adresinden 20.01.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 9 AIA COTE Mission, http://www.aia.org/practicing/groups/kc/AIAS074684, adresinden 21.01.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 10 Gyamfi, S., Modjinou, M., Djordjevic, S., 2015. 'Improving Electricity Supply Security In Ghana—The Potential Of Renewable Energy', Renew. Sustain. Energy Rev., 43, p.1035–1045.

URL 11 Beccali, M., Cellura, M., Mistretta, M., 2007. 'Environmental Effects Of Energy Policy In Sicily: The Role Of Renewable Energy'. Renew. Sustain. Energy Rev., 11, p.282–298.

URL 12 Tony Woods, 'Then Next Big Energy Savings Frontier: Airtight Building Envelopes' Building Envelope Forum, http://www.buildingenvelopeforum.com/pdf/airtightbuilding.pdf., adresinden 14.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 13 http://www.radiantguard.com/ adresinden 05.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 14 https://www.lighting.philips.com.tr/consumer/kompakt-floresan-lamba, adresinden 05.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 15 https://www.energystar.gov/ adresinden 05.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 16 http://www.esru.strath.ac.uk/eande/Web_sites/09-10/Hybrid_systems/heat-recovery.htm, adresinden 05.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 17 https://www.halcoenergy.com/geothermal/geothermal-systems.html, adresinden 14.02.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 18 Nagda, N.L., Rector. H.E., Koontz M.D., 1987. 'Guidelines For Monitoring Indoor Air Quality', Hemisphere Publishing Corporation, ISBN: 0-89116-385-9, p.18.

URL 19 https://www.breeam.com/, adresinden 01.01.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 20 www.eie.gov.tr adresinden 04.07.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 21 https://www.enerjiportali.com/perovskit-gunes-pili-teknolojisinde-onemli-gelisme-2/ adresinden 04.07.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 22 https://www.greenrhinoenergy.com/solar/technologies/pv_mounting.php adresinden 23.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 23 http://www.gunessistemleri.com/zorlanmis.php, adresinden 03.07.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 24 https://domvpavlino.ru/tr/ways-of-heating-the-house-heating-without-gas-water-heating-system-on-diesel/, adresinden 03.07.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 25 http://www.yapi.com.tr/haberler/turkiyede-binalarda-enerji-verimliliginin-artirilmasi-projesi-tamamlandi_158174.html, adresinden 25.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 26 TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları', Aralık 2013.

URL 27 http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-cevre-programi.tr.mfa, adresinden 25.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 28 https://www.unenvironment.org/about-un-environment/funding-un-environment) adresinden 25.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 29 http://izmir.csb.gov.tr/binamiz-enerji-kimlik-belgesi-i-3092, adresinden 03.07.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 30 http://www.xn--leedsertifikas-jgc.com/leed-v4-(2014.html, adresinden 26.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 31 https://www.breeam.com/ adresinden 27.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 32 https://new.gbca.org.au/about/ adresinden 27.03.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 33 https://energyplus.net/ adresinden 30.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 34 http://www.doe2.com/equest/ adresinden 30.03.2019 tarihinde ulaşıldı.

URL 35 http://adana.cu.edu.tr/cografya.asp. adresinden 12.04.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 36 https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/adana/adana-239/#climate-graph adresinden 02.05.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 37 https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/weatherarchive/adana_türkiye_325363, adresinden 10.05.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 38 U.S. The Deparment of Energy, The Quick Energy Simulation tool, www.doe2.com/equest, adresinden 19.05.2018 tarihinde ulaşıldı.

URL 39 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers- ASHRAE ASHRAE st90.1:2016 – Energy Standard For Building Except Low-Rise Residential Building.

ÖZGEÇMİŞ

Çiğsem Yağmur YÜKSEL 1990 yılında Kozan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana'da ve İzmir'de, liseyi ise Adana'da tamamladı. 2009-2014 döneminde Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimi aldı. 2017 yılında Bahçeşehir Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimi almaya hak kazanan YÜKSEL aynı zamanda mezuniyet sonrası iş hayatında proje mimarı ve Koçtaş Genel Müdürlüğü'nde mağaza planlama uzman yardımcısı olarak görev almıştır. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde görevine devam etmektedir.

EKLER

Ek 1. TS 825 / ARALIK 2013- Binalarda Isı Yalıtım Kuralları

0 Giriş

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak, enerjiden tasarruf etmek ve net ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodu ve değerlerini belirlemektir. Bu standard ayrıca aşağıdaki amaçlarla da kullanılabilir. Binanın enerji performansını hesaplamak için TS EN ISO 13790 standardı uygulanmalıdır.

- Bu standardda açıklanan hesap metodunu ve verilen değerleri, yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli mimari tasarım seçeneklerine uygulayarak, ısıtma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlayacak optimum mimari tasarım seçeneğini belirlemek,
- Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,
- Mevcut bir bina için hazırlanmış olan yenileme projesi uygulanmaya başlanmadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,
- Mevcut yapı stokunu temsil edebilecek muhtelif binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplayarak, bina sektöründe gelecekte ihtiyaç duyulacak olan ısıtma enerjisi miktarını ülke ölçeğinde tahmin etmek.

1 Kapsam

Bu standard, binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi kayıp değerlerinin belirlenmesine dairdir. Binaların ısıtılması ve soğutulması için gerekli enerji ihtiyaçlarının hesaplanması için basit (saatlik), aylık (mevsimsel) ve dinamik simülasyon olarak tanımlanan alternatif metodlar ise TS EN ISO 13790 standardında verilmiştir.

Yeni yapılacak olan binalar: Bu standard, yeni inşa edilecek binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Bu kurallar pasif güneş enerjisi sistemlerini ihtiva eden binalarda kullanılamaz.

Mevcut binalar: Mevcut binaların tamamında veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan kapsamlı tamir, tadil ve eklemelerde, bölümler için yapılacak olan uygulamalarda bu standardda verilen ısı geçirgenlik katsayılarına (Ek A Madde A3) eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır.

Bu standard aşağıda belirtilen binalarda uygulanır:

- Konutlar,
- Yönetim binaları,
- İş ve hizmet binaları,
- Otel, motel ve lokantalar,
- Öğretim binaları,
- Tiyatro ve konser salonları,
- Kışlalar,
- Ceza ve tutuk evleri,
- Müze ve galeriler,
- Hava limanları,
- Hastaneler,
- Kapalı yüzme havuzları,
- İmalât ve atölye mahalleri**,**
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15 °C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binaları,
- Yukarıda belirtilen amaçların birkaçına yönelik olarak veya bunlara benzer amaçlarla ortak kullanılan binalar.

Not - Bu standardda, illerin bulunduğu derece gün bölgeleri ise Ek D ve Ek K'de verilmiştir.

Ek A

A.3 Bölgelere Göre En Fazla Değer Olarak Kabul Edilmesi Tavsiye Edilen U Değerleri

	UD (W/m²K)	UT (W/m²K)	U_t (W/m²K)	UP* (W/m²K)
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

*Pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayıları (U_p) Ek A Madde A.3'te ve Ek A Madde A.4'te verilmiş olup pencerelerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından U_p değerinin kaplamalı camlar kullanılarak 1,4 W/m^2K'e kadar düşürülecek şekilde tasarımlanması tavsiye edilir. Diğer kapı ve pencere türleri için TS 2164'te verilen 11.05.2000 revizyon tarihli Çizelge 6a ve Çizelge 6b kullanılarak ısıl geçirgenlik katsayıları bulunur ve hesaba katılır. Bazı pencere tipleri için TS 2164'ten faydalanılarak bulunan U_p değerleri Ek A Madde A.4'te verilmiştir.

A.4 Bazı Pencere Sistemlerinin Up Değerleri

Türkiye'deki Isı Bölgelerine Uygun Cam Seçiminde Kullanılmak Üzere Hazırlanmış Pencere Isıl Geçirgenlik (U_p) Katsayıları W/M²K		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (Kaplamasız Cam)		ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI CAM PENCERE	
			ARA BOŞLUK (Mm)		ARA BOŞLUK (Mm)	
			12	16	12	16
	DOĞRAMASIZ	6,7	2,9	2,7	1,6	1,3
DOĞRAMA TİPİ	AHŞAP DOĞRAMA	4,57	2,64	2,50	1,74	1,53
	PVC DOĞRAMA (2 Odacıklı)	4,73	2,79	2,65	1,89	1,68
	PVC DOĞRAMA (3 Odacıklı)	4,63	2,70	2,56	1,80	1,59
	PVC DOĞRAMA (4 Odacıklı)	4,60	2,67	2,53	1,77	1,56
	PVC DOĞRAMA (5 Odacıklı)	4,57	2,64	2,50	1,74	1,53
	PVC DOĞRAMA (6 Odacıklı)	4,54	2,61	2,47	1,71	1,50
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,62	3,68	3,55	2,79	2,58
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (Yalıtım Köprülü)	4,73	2,79	2,65	1,89	1,68

Ek D İllere Göre Derece Gün Bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADANA	HATAY	MERSİN
ANTALYA	İZMİR	

İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler

BODRUM (Muğla	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS(Muğla))
GÖKOVA (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AYDIN	BURSA	GİRESUN	KARAMAN MUĞLA	SİNOP
AYVALIK (Balıkesir)	ÇANAKKALE	İSTANBUL	OSMANİYE	ŞIRNAK
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	ORDU	ŞANLIURFA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	RİZE	TEKİRDAĞ
BALIKESİR	DÜZCE	MARAŞ	SAMSUN	TRABZON
BARTIN	EDİRNE	MANİSA	SAKARYA	YALOVA
BATMAN	GAZİ ANTEP	MARDİN	SİİRT	ZONGULDAK

İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	IĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

TOSYA (Kastamonu)

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

BAYBURT	GÜMÜŞHANE	HAKKÂRİ	VAN
BİTLİS	KASTAMONU	MUŞ	YOZGAT
ERZİNCAN	KAYSERİ	SİVAS	

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)	

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

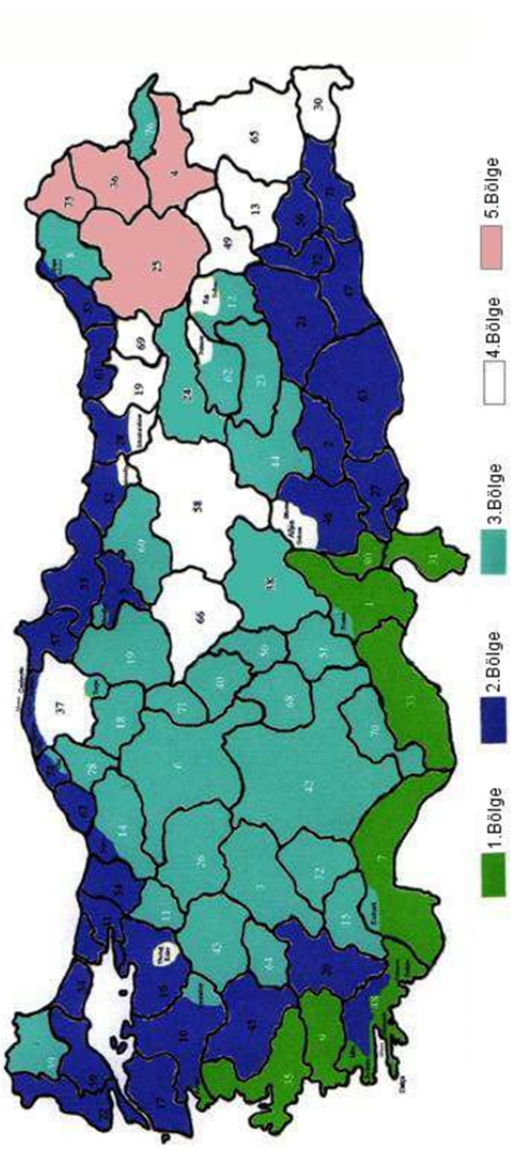
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)

5. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI	ARDAHAN	ERZURUM	KARS

Not - Ek'te adı bulunmayan yerleşim birimleri, bağlı bulundukları belediyenin bölgesinde sayılır.

Ek K (Bilgi İçin) Derece Gün Bölgelerine Göre İllerimiz

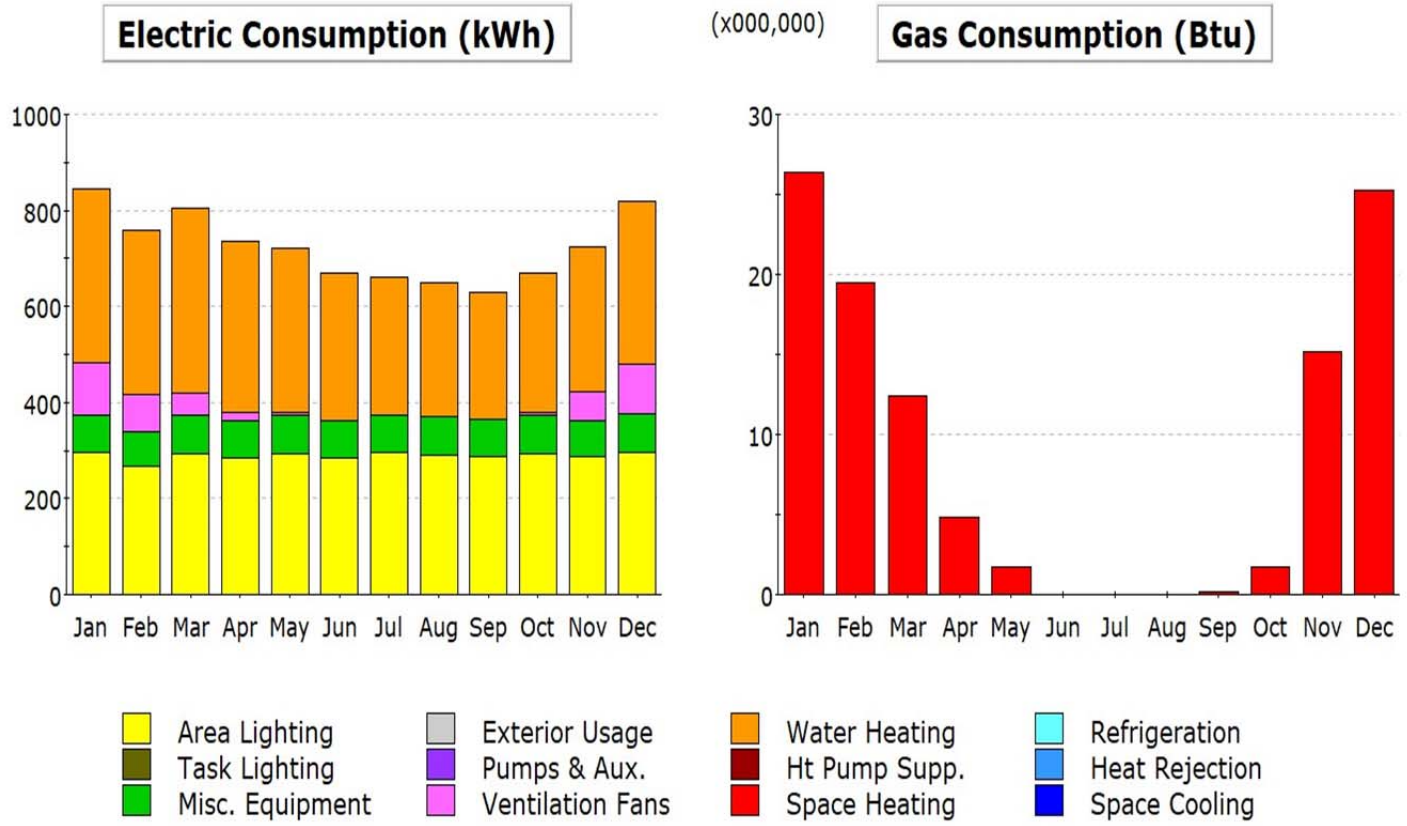


01- ADANA	10- BALIKESIR	19- ÇORUM	28- GIRESUN	37- KASTAMONU	46- K.MARAŞ	55- SAMSUN	64- UŞAK	73- ŞIRNAK
02- ADIYAMAN	11- BILECIK	20- DENIZLI	29- GUMUŞHANE	38- KAYSERI	47- MARDIN	56- SIIRT	65- VAN	74- BARTIN
03- AFYON	12- BINGOL	21- DIYARBAKIR	30- HAKKARI	39- KIRKLARELI	48- MUGLA	57- SINOP	66- YOZGAT	75- ARDAHAN
04- AGRI	13- BITLIS	22- EDIRNE	31- HATAY	40- KIRŞEHIR	49- MUŞ	58- SIVAS	67- ZONGULDAK	76- IGDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIG	32- ISPARTA	41- KOCAELI	50- NEVSEHIR	59- TEKIRDAG	68- AKSARAY	77- YALOVA
06- ANKARA	15- BURDUR	24- ERZINCAN	33- ÇEL	42- KONYA	51- NIGDE	60- TOKAT	69- BAYBURT	78- KARABUK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- ISTANBUL	43- KUTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KILIS
08- ARTVIN	17- ÇANAKKALE	26- ESKIŞEHIR	35- IZMIR	44- MALATYA	53- RIZE	62- TUNCELI	71- KIRIKKALE	80- OSMANIYE
09- AYDIN	18- ÇANKIRI	27- GAZIANTEP	36- KARS	45- MANISA	54- SAKARYA	63- ŞANLIURFA	72- BATMAN	81- DUZCE

Ek 2. Yapılan Tüm Analizin eQUEST Simulasyon Sonuçları

Tüm analiz çalışmalarının enerji tüketim sonuçları																
Temel Durum	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
	Elektrik(kWh)	Sıcak su	363	341,1	383	357,7	342	306,8	287,1	278,5	264,2	290	302,1	340	3855,5
		Hav.	107,9	78,4	48	17,7	6,2	0,1	0	0	0,5	5,9	59,7	103	427,4
		Çeş. Ekipman	79,7	72	79,7	77,1	79,7	77,1	79,7	79,6	77,2	79,7	77,2	79,8	938,5
		Aydınlatma	294,9	266,3	293,1	284	293,1	284,3	294,7	291,4	287,6	293,1	286,2	296,7	3465,4
		Toplam (kWh)	845,5	757,8	803,8	736,5	721	668,3	661,5	649,5	629,5	668,7	725,2	819,5	8686,8
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	26,38	19,47	12,38	4,8	1,75	0,03	0	0	0,15	1,7	15,19	25,27	107,12
		Toplam (kWh)	7731,2	5706,1	3628,2	1406,7	512,9	8,8	0,0	0,0	44,0	498,2	4451,7	7405,9	31393,8
Birinci Durum	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,8	439,9	494,1	461,6	441	395,6	369,9	358,6	340	373,4	388,9	437,8	4968,6
		Hav.	61	42,8	24,8	8,7	3,1	0,1	0	0	0,3	2,2	30,9	57,9	231,8
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	272,9	269,4	274,5	268	277,9	3245,6
		Toplam (kWh)	896,9	815,1	885,3	825,2	810,5	750,9	737,8	723,3	698,7	742	776,8	865,6	9528,1
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	15,02	10,72	6,42	2,38	0,88	0,04	0	0	0,08	0,64	7,92	14,3	58,4
		Toplam (kWh)	4401,9	3141,7	1881,5	697,5	257,9	11,7	0,0	0,0	23,4	187,6	2321,1	4190,9	17115,4
İkinci Durum	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,7	439,7	494	461,5	440,9	395,5	369,8	358,5	339,9	373,2	388,8	437,7	4967,2
		Hav.	57	39,7	22,9	8,2	3,1	0,1	0	0	0,3	1,9	27,8	53,7	214,7
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,1	249,3	274,4	265,9	274,4	266,2	276	272,9	269,3	274,4	267,9	277,8	3244,6
		Toplam (kWh)	892,7	811,7	883,2	824,5	810,3	750,7	737,7	723,2	698,5	741,4	773,5	861,2	9508,6
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	14,09	9,96	5,94	2,25	0,86	0,04	0	0	0,08	0,54	7,14	13,3	54,2
		Toplam (kWh)	4129,4	2919,0	1740,8	659,4	252,0	11,7	0,0	0,0	23,4	158,3	2092,5	3897,8	15884,5
Üçüncü Durum	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
	Elektrik(kWh)	Sıcak su	467,7	439,8	494,1	461,6	441	395,6	369,9	358,6	339,9	373,2	388,8	437,7	4967,9
		Hav.	51,9	35,9	20,5	7,2	2,6	0,1	0	0	0,2	1,5	24,4	48,3	192,6
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	273	269,4	274,5	268	277,9	3245,7
		Toplam (kWh)	887,7	808,1	881	823,7	810	750,9	737,8	723,4	698,5	741,1	770,2	855,9	9488,3
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	12,83	9,01	5,31	1,98	0,75	0,04	0	0	0,06	0,43	6,27	11,98	48,66
		Toplam (kWh)	3760,1	2640,6	1556,2	580,3	219,8	11,7	0,0	0,0	17,6	126,0	1837,6	3511,0	14260,8
TS 825 Durumu	Tüketim		Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Toplam
	Elektrik(kWh)	Sıcak su	466,6	439,3	494	461,8	441,4	396	370,3	358,8	339,7	372,6	387,8	436,5	4964,8
		Hav.	24,4	15,6	6,6	1,4	0,3	0	0	0	0	0,2	8,9	21,9	79,3
		Çeş. Ekipman	91,9	83	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89	91,9	89	92	1082,1
		Aydınlatma	276,2	249,4	274,5	266	274,5	266,3	276	273	269,4	274,5	268	277,9	3245,7
		Toplam (kWh)	859,1	787,3	867	818,1	808,1	751,2	738,2	723,6	698,1	739,2	753,7	828,3	9371,9
	Gaz (kWh)	Mekan ısıtma (Btux000,000)	6,09	3,96	1,75	0,39	0,1	0	0	0	0,01	0,07	2,31	5,47	20,15
		Toplam (kWh)	1784,8	1160,6	512,9	114,3	29,3	0,0	0,0	0,0	2,9	20,5	677,0	1603,1	5905,4

BiRiNCi DURUM



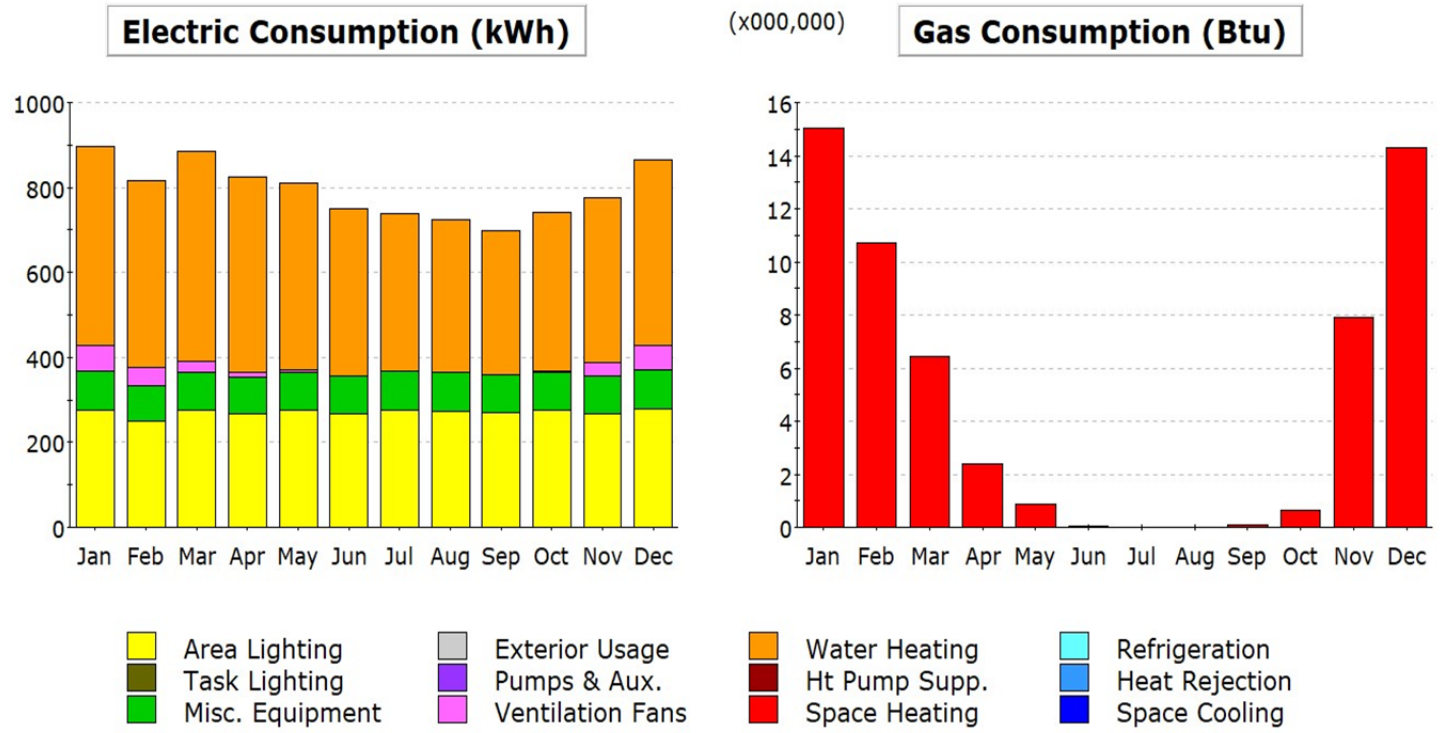
Electric Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	363,0	341,1	383,0	357,7	342,0	306,8	287,1	278,5	264,2	290,0	302,1	340,0	3.855,3
Vent. Fans	107,9	78,4	48,0	17,7	6,2	0,1	-	-	0,5	5,9	59,7	103,0	427,3
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	79,7	72,0	79,7	77,1	79,7	77,1	79,7	79,6	77,2	79,7	77,2	79,8	938,5
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	294,9	266,3	293,1	284,0	293,1	284,3	294,7	291,4	287,6	293,1	286,2	296,7	3.465,4
Total	845,5	757,7	803,7	736,4	720,9	668,4	661,5	649,5	629,5	668,7	725,1	819,5	8.686,5

Gas Consumption (Btu x000,000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	26,38	19,47	12,38	4,80	1,75	0,03	-	-	0,15	1,70	15,19	25,27	107,12
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	26,38	19,47	12,38	4,80	1,75	0,03	-	-	0,15	1,70	15,19	25,27	107,12

TEMEL DURUM


Electric Consumption (kWh)
1000
800
600
400
200
0
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
(x000,000)
Gas Consumption (Btu)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Area Lighting
Task Lighting
Misc. Equipment
Exterior Usage
Pumps & Aux.
Ventilation Fans
Water Heating
Ht Pump Supp.
Space Heating
Refrigeration
Heat Rejection
Space Cooling

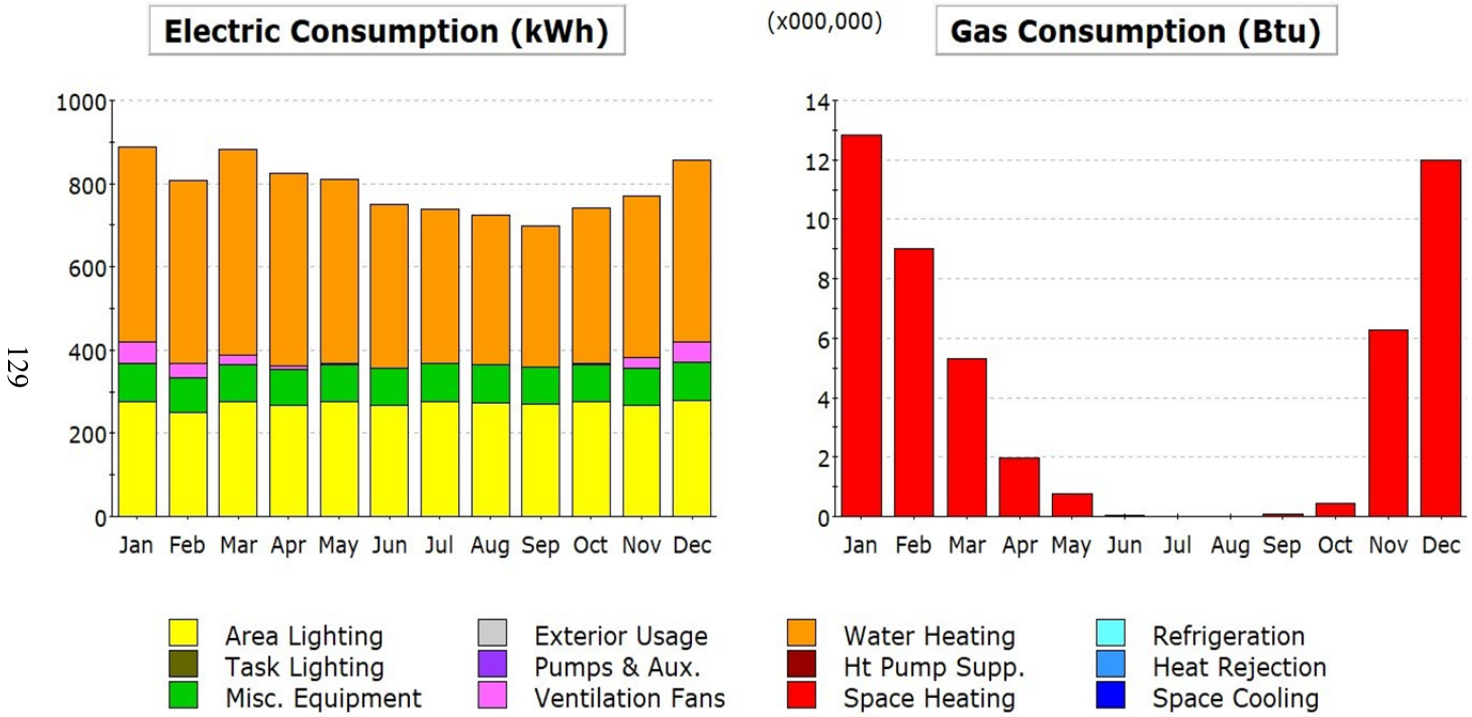
Electric Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	467,8	439,9	494,1	461,6	441,0	395,6	369,9	358,6	340,0	373,4	388,9	437,8	4.968,8
Vent. Fans	61,0	42,8	24,8	8,7	3,1	0,1	0,0	-	0,3	2,2	30,9	57,9	231,9
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	91,9	83,0	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89,0	91,9	89,0	92,0	1.082,0
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	276,2	249,4	274,5	266,0	274,5	266,3	276,0	272,9	269,4	274,5	268,0	277,9	3.245,5
Total	896,9	815,1	885,3	825,2	810,5	751,0	737,8	723,4	698,7	741,9	776,8	865,6	9.528,2

Gas Consumption (Btu x000,000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	15,02	10,72	6,42	2,38	0,88	0,04	0,00	-	0,08	0,64	7,92	14,30	58,40
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	15,02	10,72	6,42	2,38	0,88	0,04	0,00	-	0,08	0,64	7,92	14,30	58,40

İKİNCİ DURUM



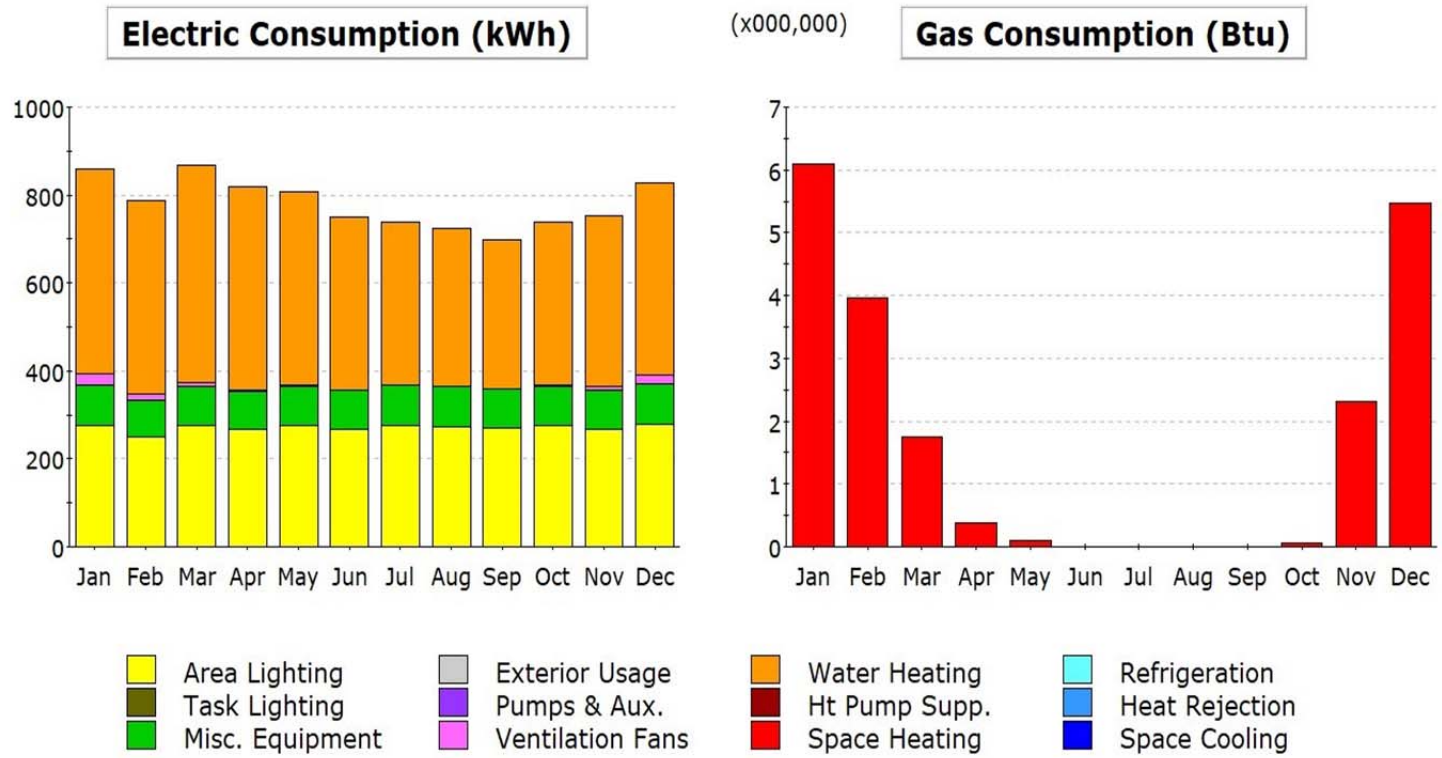
Electric Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	467,7	439,7	494,0	461,5	440,9	395,5	369,8	358,5	339,9	373,2	388,8	437,7	4.967,2
Vent. Fans	57,0	39,7	22,9	8,2	3,1	0,1	0,0	-	0,3	1,9	27,8	53,7	214,7
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	91,9	83,0	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89,0	91,9	89,0	92,0	1.082,0
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	276,1	249,3	274,4	265,9	274,4	266,2	276,0	272,9	269,3	274,4	267,9	277,8	3.244,7
Total	892,7	811,8	883,2	824,5	810,3	750,8	737,7	723,2	698,5	741,3	773,5	861,2	9.508,6

Gas Consumption (Btu x000,000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	14,09	9,96	5,94	2,25	0,86	0,04	0,00	-	0,08	0,54	7,14	13,30	54,20
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	14,09	9,96	5,94	2,25	0,86	0,04	0,00	-	0,08	0,54	7,14	13,30	54,20

ÜÇÜNCÜ DURUM



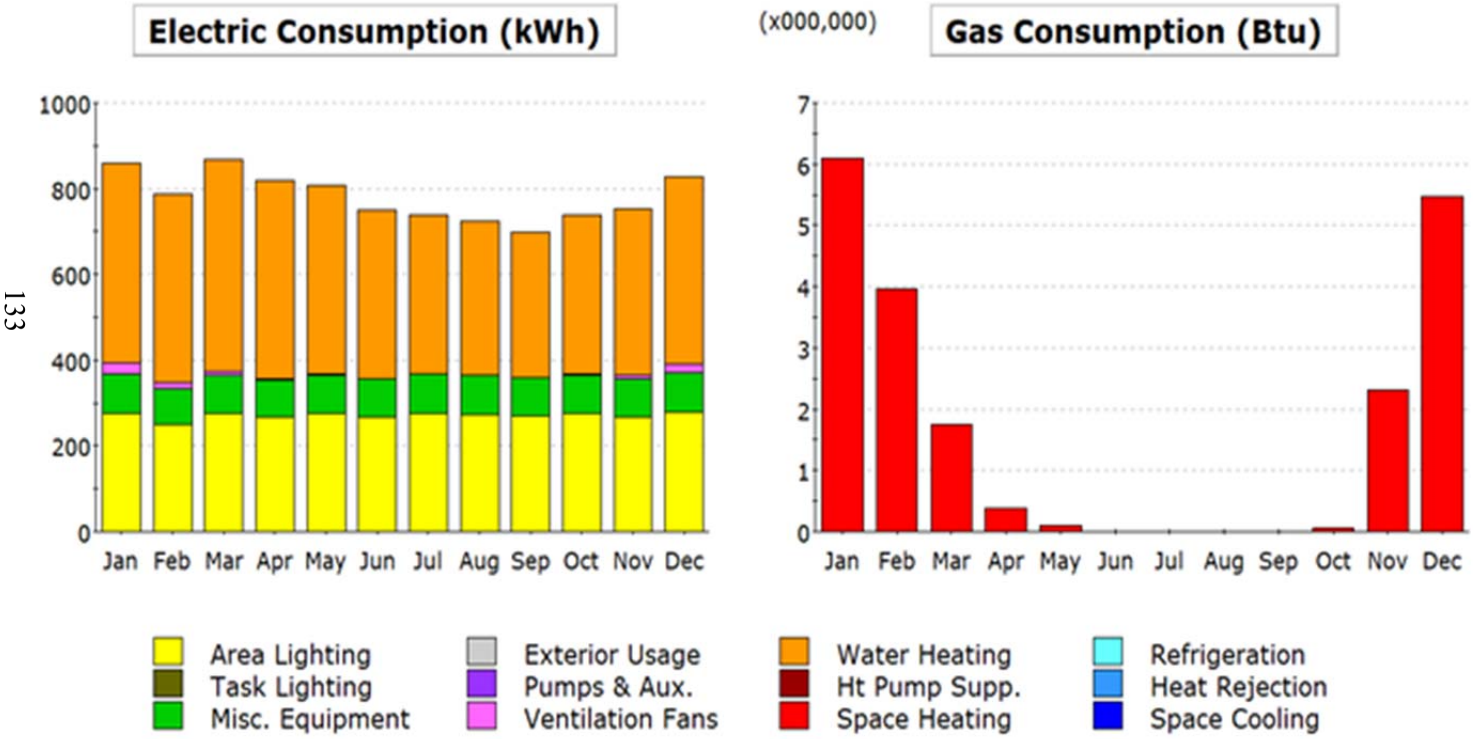
Electric Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	467,7	439,8	494,1	461,6	441,0	395,6	369,9	358,6	339,9	373,2	388,8	437,7	4.967,9
Vent. Fans	51,9	35,9	20,5	7,2	2,6	0,1	0,0	-	0,2	1,5	24,4	48,3	192,7
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	91,9	83,0	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89,0	91,9	89,0	92,0	1.082,0
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	276,2	249,4	274,5	266,0	274,5	266,3	276,0	273,0	269,4	274,5	268,0	277,9	3.245,9
Total	887,7	808,2	880,9	823,7	810,0	751,0	737,8	723,4	698,5	741,0	770,2	855,9	9.488,4

Gas Consumption (Btu x000,000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	12,83	9,01	5,31	1,98	0,75	0,04	0,00	-	0,06	0,43	6,27	11,98	48,67
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	12,83	9,01	5,31	1,98	0,75	0,04	0,00	-	0,06	0,43	6,27	11,98	48,67

TS825 Binalarda Isı Yalıtımı Satandardına Dayalı Durum;



Electric Consumption (kWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	466,6	439,3	494,0	461,8	441,4	396,0	370,3	358,8	339,7	372,6	387,8	436,5	4.964,8
Vent. Fans	24,4	15,6	6,6	1,4	0,3	0,0	-	-	0,0	0,2	8,9	21,9	79,4
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	91,9	83,0	91,9	88,9	91,9	88,9	91,9	91,8	89,0	91,9	89,0	92,0	1.082,0
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	276,2	249,4	274,5	266,0	274,5	266,3	276,0	273,0	269,4	274,5	268,0	277,9	3.245,9
Total	859,2	787,4	867,0	818,1	808,1	751,3	738,2	723,6	698,1	739,2	753,7	828,2	9.372,1

Gas Consumption (Btu x000,000)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	6,09	3,96	1,75	0,39	0,10	0,00	-	-	0,01	0,07	2,31	5,47	20,14
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	6,09	3,96	1,75	0,39	0,10	0,00	-	-	0,01	0,07	2,31	5,47	20,14