

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL'DA MEVCUT BİR KONUTUN DIŞ KABUĞUNUN ENERJİ
ETKİN YENİLENMESİ VE EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül TIKIR**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

MAYIS 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL'DA MEVCUT BİR KONUTUN DIŞ KABUĞUNUN ENERJİ
ETKİN YENİLENMESİ VE EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül TIKIR
(502061703)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Mayıs 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ (İTÜ)
Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY (MSÜ)**

MAYIS 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma, mevcut konutlarda enerji giderlerini azaltmak için bina kabuğu bazında yapılabilecek enerji etkin yenileme seçeneklerinin etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmalarım boyunca, değerli öneri ve fikirleriyle beni yönlendiği için tez danışmanım Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL’a, her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen ailem ve arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2009

Tez Yazarı Ayşegül Tıkır
Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KONUTLARDA ENERJİ ETKİNLİĞİ	7
2.1 Enerji Etkinliği	7
2.1.1 Türkiye’de enerji verimliliğine ilişkin politikalar	9
2.2 Konut Ve Enerji İlişkisi.....	12
2.2.1 Mimaride Isıl Konfor Tanımı	13
2.3 Konutlarda Enerji Etkinliğinin Önemi.....	14
3. MEVCUT KONUTLARIN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ	18
3.1 Enerji Etkin Yenilenmiş Konut Örnekleri	19
3.1.1 Karlsruhe’de bir konut kompleksinin yenilenmesi	20
3.1.2 Nürnberg’de bir konutun yenilenmesi.....	21
3.1.3 Montreuil’de bir konutun yenilenmesi	23
3.2 Mevcut Konutların Enerji Etkin Yenilenmesinde Finansal Strateji	25
3.3 Türkiye’de Konutlarda Enerji Kullanımı ile İlgili Yönetmelik ve Standartlar	26
4. KONUTLARDA DIŞ KABUĞUN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ VE EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	31
4.1 Enerji Etkin Tasarım Parametresi Olarak Bina Kabuğu.....	31
4.1.1 Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri	33
4.1.1.1 Opak ve saydam bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı	33
4.1.1.2 Opak bileşenin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü.....	33
4.1.1.3 Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınlamına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları	34
4.1.1.4 Saydamlık oranı.....	35
4.2 Bina Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi	35
4.2.1 Opak bileşenlerin enerji etkin iyileştirilmesi	35
4.2.2 Saydam bileşenlerin enerji etkin iyileştirilmesi	37
4.2.3 Güneş kontrol elemanlarının kullanılması	40
4.2.4 Bina kabuğuna yenilenebilir enerji kullanan paneller eklenmesi.....	42
4.3 Bina Kabuğunun Performansının ve Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi	45
4.3.1 Isıl yüklerin değerlendirilmesi	45
4.3.2 Yaşam döngüsü değerlendirmesi	46
4.3.3 Sürdürülebilirlik değerlendirilmesi	48
4.3.4 Maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi	49
4.3.4.1 Net güncel değer tabanlı maliyet değerlendirmesi	51

4.4 Bina Kabuğu Enerji Performansının Değerlendirilmesinde Simülasyon Programı Kullanımı	53
4.4.1 Enerji modelleme teknikleri	55
4.2.1 EnergyPlus ve ara yüzü DesignBuilder	57
5. UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	61
5.1 Çalışmanın Adımları.....	61
5.1.1 Konuta ilişkin verilerin toplanması ve programda tanımlanması.....	62
5.1.2 Mevcut konutun enerji giderlerinin hesaplanması	63
5.1.3 Enerji etkin yenilemede kullanılacak seçeneklerin belirlenmesi.....	63
5.1.4 Belirlenen seçeneklerin konuta uygulanması	64
5.1.5 Ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi	64
5.1.6 Bina kabuğunun ekonomik etkin yenilenmesi	64
5.1.7 Bina kabuğuna PV ve güneş kolektörü entegre edilmesi	65
5.2 Belirlenen Adımların Seçilen Konut Üzerinde Uygulanması.....	65
5.2.1 Seçilen konuta ait verilerin toplanması ve programda tanımlanması.....	65
5.2.2 Mevcut konutun enerji giderlerinin hesaplanması	69
5.2.3 Enerji etkin yenilemede kullanılacak seçeneklerin belirlenmesi.....	70
5.2.4 Belirlenen seçeneklerin konuta uygulanması	73
5.2.5 Ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi	85
5.2.6 Bina kabuğunun ekonomik etkin yenilenmesi	93
5.2.7 Bina kabuğuna PV ve güneş kolektörü entegre edilmesi	94
5.3 Bulgular	96
6. SONUÇLAR.....	99
KAYNAKLAR	103
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ	113

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers
DiE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEP	: Tonne Équivalent Pétrole
IEA	: International Energy Agency
OECD	: Organization For Economic Co-operatin And Development
ENVER	: Enerji Verimliliği
UETM	: Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi
TREES	: Training For Renovated Energy Efficient Social Housing
IE	: Intelligent Energy
COMFIE	: Calcul d'Ouvrages Multizones Fix une Interface Experte
AB	: Avrupa Birliği
JICA	: Japan International Cooperation Agency
KfW	: Kreditanstalt für Wiederaufbau
ERBD	: European Bank for Reconstruction and Development
GEF	: Global Environmental Facility
EIB	: European Investment Bank
PV	: Photo Voltaic
LCA	: Life Cycle Analysis
LCC	: Life Cycle Cost
NPV	: Net Present Value
DOE	: Department Of Energy
BLAST	: Building Loads Analysis and System Thermodynamics
ANN	: Artificial Neural Network
TMY	: Typical Meteorological Year
WYEC	: Weather Year For Energy Calculations
EPW	: EnergyPlus Weather File
IWEC	: International Weather Year For Energy Calculation
DATSAV	: Soil and Water Assessment Tool

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu miktarına göre enerji sınıfları ..	28
Çizelge 5.1: Cephelerin saydamlık oranları	66
Çizelge 5.2: Mevcut konuta ilişkin kabuk katmanlaşma detayları	67
Çizelge 5.3: Yalıtım kalınlığı artması durumunda yıllık enerji yükleri	75
Çizelge 5.4: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesi durumunda enerji yükleri ..	78
Çizelge 5.5: Pencere türünün değişmesi durumunda enerji yükleri.....	80
Çizelge 5.6: Güney cephesindeki balkonun kapatılması durumunda enerji yükleri .	80
Çizelge 5.7: Güneş kontrol elemanlarının kullanılması durumunda meydana gelen yıllık enerji yükleri	83
Çizelge 5.8: Uygulanan yalıtım kalınlığına bağlı olarak net güncel değer değişimi	87
Çizelge 5.9: Opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi	89
Çizelge 5.10: Güney cephesinde bulunan balkonun cam ile kapatılmasına bağlı olarak net güncel değer değişimi	89
Çizelge 5.11: Camların değiştirilmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi	91
Çizelge 5.12: Güneş kontrol elemanı eklenmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi	91
Çizelge A.1: Farklı cephelerde bulunan pencerelere göre farklı yalıtım malzemesi kullanılmasıyla oluşan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri(kWh)	112

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Türkiye’ de Enerji Arz - Talebinin Gelişimi	3
Şekil 1.2: Türkiye’ de Enerji Kullanımının Sektörler Arası Kullanım Dağılımı.....	4
Şekil 1.3: Binalarda Enerji Tüketiminin Enerji Kaynakları Dağılımı 2007	4
Şekil 2.1: Türkiye’de 2006 Yılında Tüketilen Enerjinin Sektörler Arası Dağılımı...	16
Şekil 3.1: Karlsruhe’deki konutun yenilenmeden önceki görüntüsü	20
Şekil 3.2: Karlsruhe’deki konutun yenilenmeden sonraki görüntüsü	21
Şekil 3.3: Jean Paul Platz’ın yenilemeden önceki görüntüsü	21
Şekil 3.4: Jean Paul Platz’ın yenilemeden sonraki görünüşü	22
Şekil 3.5: Jean Paul Platz’da yapılan yenilemelerin maliyet grafiği	22
Şekil 3.6: Montreuil’deki konutun yenilenmeden önceki görünüşü	23
Şekil 3.7: Montreuil’deki yenileme projesinde enerji tüketimleri	24
Şekil 3.8: Montreuil’deki konutun yenilenmeden sonraki görünüşü.....	24
Şekil 4.1: Artan yalıtım kalınlığı ile ısı akışı düşüş ilişkisi	36
Şekil 4.2: Ilımlı iklimde 1m ² güney cephede bulunan camda kazançlar ve kayıplar	39
Şekil 4.3: Güneş kontrol elemanının camın önünde veya arkasında kullanıldığı durum.	41
Şekil 4.4: Bina kabuğuna fotovoltaiik sistem(PV) eklenmesi	44
Şekil 5.1: Seçilen konutun programda modellenmesi.....	68
Şekil 5.2: Farklı yollarla hesaplanmış mevcut duruma ait ısı yüklerinin karşılaştırılması	69
Şekil 5.3: Birim kullanım alanına düşen enerji tüketimi	70
Şekil 5.4: Yalıtım kalınlığının ısıtma ve soğutma yüküne etkisi	74
Şekil 5.5: Yalıtım kalınlığının enerji tüketimiyle ilişkisi.....	74
Şekil 5.6: Yalıtım kalınlığının CO2 emisyonuyla ilişkisi.....	76
Şekil 5.7: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin ısıtma soğutma yüküne etkisi	77
Şekil 5.8: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin enerji tüketimine etkisi	77
Şekil 5.9: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin CO2 emisyonuna etkisi	77
Şekil 5.10: Farklı pencere türlerinin ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.....	79
Şekil 5.11: Farklı pencere türlerinin enerji tüketimine etkisi	79
Şekil 5.12: Pencere türünün CO2 emisyonuna etkisi.....	79
Şekil 5.13: Güney cephesindeki balkonun kapatılmasının ısıtma- soğutma yüküne etkisi	81
Şekil 5.14: Güney cephesindeki balkonun kapatılmasının enerji tüketimine etkisi ..	81
Şekil 5.15: Güney cephesindeki balkonun kapatılması durumunda CO2 emisyonu .	82
Şekil 5.16: Güneş kontrol türünün ısıtma- soğutma yüküne etkisi	82
Şekil 5.17: Güneş kontrol türünün enerji tüketimine etkisi	84
Şekil 5.18: Güneş kontrol türünün CO2 emisyonuna etkisi	84
Şekil 5.19: Yalıtım yenilemesinin ekonomik uygun aralığı	88
Şekil 5.20: Duvar dolgu malzemesinin değiştirilmesi için ekonomik uygun değer ..	90
Şekil 5.21: Güney cephesindeki balkonun kapatılması için ekonomik uygun değer.	90

Şekil 5.22: Camların değiştirilmesi durumunda ekonomik uygun değer.....	92
Şekil 5.23: Güneş kontrolü yapılması durumunda ekonomik uygun değer	93
Şekil 5.24: Yenilemeler sonucunda seçilen konutun enerji tüketiminde meydana gelecek değişimler	94
Şekil A.1: Seçilen konutun 21 Temmuz ve 21 Ocak tarihlerinde çevre binalarla ilişkisi.....	109
Şekil A.2: Seçilen konut için DesignBuilder programında belirlenen zonlar	110
Şekil A.3: Konutun DesignBuilder programında modellenen yerleşimi	110

İSTANBUL’DA MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ VE EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

ÖZET

Son yıllarda doğal çevreye olumsuz etkiler yaratan çevre ve enerji problemlerinin önemli sebeplerinden biri de enerji üretim ve kullanım biçimindeki yanlışlardır. Bilindiği gibi, Türkiye enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı bir ülke, güneş rüzgar gibi sürdürülebilir enerji kaynakları bakımından ise zengin bir ülkedir. Türkiye’de enerji kullanımının önemli bir kısmını konutlarda kullanılan enerji oluşturmaktadır. Bunlar dikkate alındığında, konutlarda enerjinin etkin kullanılmasının Türkiye için oldukça önemli bir konu olduğu görülmektedir. Türkiye’deki mevcut konut stokunun enerji etkinliğinin düşük olduğu da göz önünde bulundurulursa, mevcut konutlarda enerji kullanımını azaltmanın gerekli olduğu söylenebilir.

Konutlarda kullanılan enerjiyi azaltmak için izlenecek yol, konutun enerji ihtiyacını en aza indirmek, kullanılan enerjinin verimliliğini artırmak ve mümkün olduğunca sürdürülebilir enerji kaynağı kullanımını destekleyici sistemler kurmak olacaktır. Bu yollar, belirli bir ilk yatırım maliyeti gerektirirken, kullanıcıya enerji tasarrufu sağlayarak enerji giderlerini azaltır. Bina kabuğu, binanın dış çevreyle arasındaki cıdar olmasıyla yapıdaki enerji kayıplarının ara yüzü olarak nitelendirilebilir. Bütün bunlardan yola çıkarak, bu çalışmada bina kabuğunun maliyet bakımından etkin yenilenmesi, sürdürülebilir enerji kullanılabilmesi için araçların entegre edilmesini öneren bir çalışma geliştirilmiş ve bu çalışma İstanbul’da mevcut bir konut üzerine simülasyon aracı kullanarak uygulanmıştır.

Bina kabuğunu enerji etkin yenileme seçenekleri, opak elemanların iyileştirilmesi, saydam elemanların iyileştirilmesi ve güneş kontrolünün yapılması olarak üç ana başlıkta işlenmiştir. Bu iyileştirmelerin, konut enerji tüketimine ve çevreye olan etkileri DesignBuilder adlı programda incelenmiştir. DesignBuilder, simülasyon motoru olarak bütünleşik bir simülasyon programı olan EnergyPlus programını kullanan, kullanıcı kolaylığı için geliştirilmiş görsel ara yüz programdır. Simülasyon sonuçları elde edildikten sonra ilk aşamada geliştirilen seçeneklerin konut enerji kullanımına etkisi maliyet olarak hesaplanmış ve kullanıcıya maliyet bakımından en uygun olacak yenileme seçenekleri her bir kategoride belirlenmiştir. Belirlenen yenilemeler yapıldıktan sonra, Türkiye’de de nihayetinde başlanan emisyon düşürme çalışmaları göz önünde bulundurularak, konuta güneş enerjisini kullanabilmeyi sağlayan panellerin entegre edilebilirliği araştırılmıştır.

Bu yenileme metodunun birinci basamağındaki yenilemeler yapıldığında konuttaki enerji kullanımı %54, CO₂ emisyonu %39 azalırken, ikinci basamaktaki yenilenmelerin eklenmesiyle bu azalma sırasıyla %61 ve %50’ye düşmüştür.

A CASE STUDY ON ENERGY EFFICIENT RETROFITTING OF EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN İSTANBUL AND EVALUATING ECONOMIC EFFICIENCY

SUMMARY

One of the main reason of energy and environment problems, which have been a significant damage to natural environment in recent years, is inaccurate ways used for producing and using energy. As it is known, Turkey is dependent to other countries in respect of energy sources whereas it is wealthy in respect of renewable energy sources such as; wind, solar energy. In Turkey, energy used in residential buildings composes a wide range of energy consumption. Regarding these, energy efficiency in residential units is an important issue for Turkey. Considering the inadequate energy efficiency of existing residential stock in Turkey, it can be said that it was necessary to strengthen energy efficiency in existing residential blocks.

One of the way to decrease the amount of energy in residential units is minimizing the energy need of the building, increasing the efficiency of the energy used in the building and installing supporting systems to use renewable energy sources. These ways, requires an investment at first and in the following years it decreases the operational costs of the building. Building envelope may be defined as an interface of the energy loss as it is the separator between outside and inside of the building. Therefore, in this study, after retrofitting of building envelope in an economic efficient way, tools for using renewable sources are installed to the building envelope. Then, this method was applied an existing apartment building in İstanbul, the energy consumption and carbon dioxide emission was calculated by the help of simulation program ‘Design Builder’.

Alternatives for energy efficient for retrofitting of building envelope are processed in three categories; improving transparent elements, improving opaque elements and using solar shading devices. The effects of the alternatives to the energy consumption and gas emission are analyzed in DesignBuilder that is the user-friendly visual interface of EnergyPlus. According to simulation results, a monetary value is determined considering the initial investment and cash flow. After applying convenient retrofitting, considering the endeavor for decreasing emission to the atmosphere in Turkey that has started at last, the integration of solar panels to the building envelope was surveyed.

In this method for retrofitting of existing residential blocks, at first step, 54% decrease on energy consumption and 39% decrease on carbon dioxide emission was observed on the selected building. In the second step, these numbers has escalated to 61% and 50% in turn.

1. GİRİŞ

Enerji ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli gerekliliklerden biridir ve yaşam standartlarının yükseltilmesinde büyük bir öneme sahiptir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, kullanıcıların istediği konfor koşullarını sağlamak için enerji kullanımı gerekli olmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir bir kalkınma için sürekli ve kaliteli bir enerji talebine gerek olacaktır.

Sanayileşme doğrultusunda enerji kullanımının artması sonucu mevcut enerji kaynaklarının azalması ve artan çevre kirliliği, enerji verimliliğini gündeme getirmiştir. Enerji verimliliği enerjinin üretimi ve iletiminde etkinliğin yanında enerjinin kullanımının da etkinliği kapsamaktadır. Daha az maliyet ve daha az birincil kaynak kullanarak daha çok enerji elde etme yönünde çalışmalar yapılırken, aynı miktar enerjiyle daha çok iş yapılması veya aynı işin daha az enerji kullanarak yapılması yönünde de çalışmalar yapılmaktadır. Enerjiyi verimli kullanmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemek ve mevcut kaynakların ömrünü uzatmayı öngören politikaları desteklemek pek çok ülkenin temel stratejileri arasına girmiştir.

Ülkemizde birincil enerji kaynakları yeterli değildir, tüketilen enerjinin büyük bir bölümü ithal edilmektedir. Merkez Bankası'nın hazırladığı ödemeler dengesi raporunda(2007), 2006 yılı içinde, enerji ithalatının, tüm ithalatlar ödemeler dengesi içindeki payı %34'tür (Url-1). Dolayısıyla ülkemiz enerji bakımından dışa bağımlı durumdadır. Kullanılan enerjinin büyük bir bölümü de konut sektöründe kullanılmaktadır. Bu sebeple, temel enerji verimliliği stratejileri belirlenirken konutların da ele alınması kaçınılmazdır.

Binalar içinde yaşayanları dış koşulların olumsuz etkilerden koruyarak konforlu iç mekan sağlamak amacıyla oluşturulurlar. Bina kabuğu ise yapıyı dış çevreden ayıran bir çeper olarak tanımlanabilir. Çevresel konfor, ekonomi ve enerji korunumu, binalar yapılandırılırken ele alınması ve planlanması gereken işlevsel unsurlar arasındadır. Ancak ülkemizde, yapıların büyük bir çoğunluğu, içinde bulunduğu

evre ile uyum içinde ve onun bir parçası olarak tasarlanmamakta, bu da doğal enerji kaynaklarının tükenmesini hızlandırmakta ve evre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Konutlarda kullanılan enerjinin büyük kısmı, iç mekanlarda ısı konforunu sağlamak için kullanılmaktadır. Yapılardaki ısıtma ve soğutma yüklerini etkileyen temel ölçütler ise, binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın ynlendiriliği, binanın formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri gibi tasarıma iliğkin parametrelerdir. Isıtma sistemine ait enerji maliyetlerini minimuma indirmek, binadaki enerji verimliliği yüksek bir ısıtma sisteminin, iklimsel konfor şartlarını minimum ısı kaybı ile sağlayabilen yukarıdaki kriterleri de göz önünde bulundurarak tasarlanmış bir bina kabuğu ile birlikte kullanılmasıyla mümkündür. Tasarım ağamasında olan bir proje için veya bir yenileme projesinde, bina kabuğuna ait maliyetlerin kontrol edilmesi binanın ömrü boyunca aynı kabuk yolu ile sağlanabilecek ısı kayıplarının ve kazançlarının getireceği maliyetlerle birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu sayede, hem yüklenici hem de kullanıcı ülke kaynaklarını ekonomik bir biçimde kullanabilir (Manioğlu, 2002). Ülkemizde bu metotla yenilenen bina kabukları, kısa sürede kendini amorti edebilmekteyken, ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır (Kavak,2006).

DİE'nin 1998 yılında yaptığı bir araştırmaya göre ülkemizde konutların, sadece %14' merkezi sistem ısıtma sistemine (diğerleri soba gibi bireysel ısınma tipinde), %10'u çatı ısı yalıtımına, %9'u çift cam uygulamasına sahiptir. EİE'nin yaptığı bir çalışmaya göre de; kamu binalarında %36 oranında çift camlı pencere kullanılmıştır ve çatı yalıtımının %28 oranında uygulanmıştır.

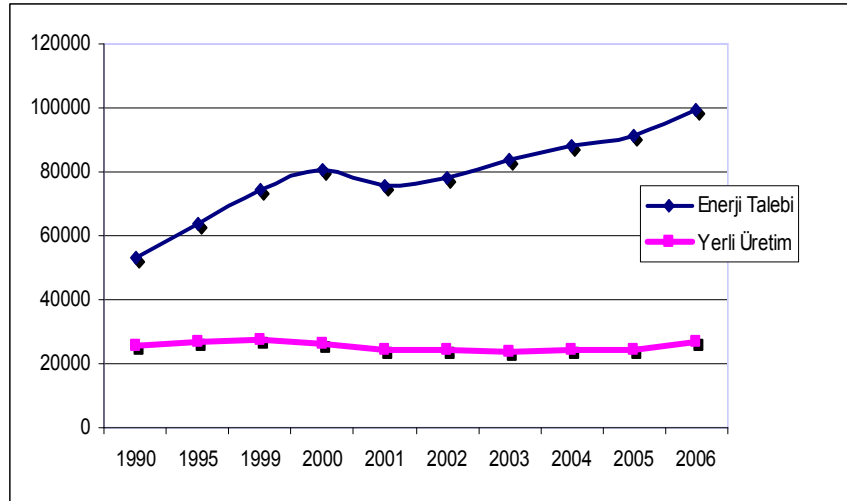
9 milyon binanın yarısının enerji tüketiminde yıllık 50 000 kWh civarında bir azalma sağlanabilse ki bu sınırlı bazı önlemlerle kazanılabilecek bir tasarruf miktarıdır, kendisini 10 yıl gibi bir dönemde kolayca geriye ödeyebilecek bir yatırımla yılda 3.5 milyon TEP enerji Tasarrufu sağlanabilir (Keskin, 2007).

Kullanılan enerji kaynağı sonucu ortaya çıkan karbon dioksit (CO₂) emisyonu küresel ısınmaya neden olmakta ve bu da enerjinin bilinçli kullanılmasını gerektiren başka bir sebep teşkil etmektedir. 1980'lerin başında artan sera gazı emisyonunun sonucu olarak meydana gelen iklim değişikliği sonucu ülkeler tedbir alma gereksinimi hissetmiştir. Bu 1997 yılında, 2012 yılına kadar endüstrileşmiş dünyanın sera gazı emisyonunu belli seviyelere kadar indirmeyi hedefleyen Kyoto protokolünün oluşmasına neden olmuştur (Hens ve diğ. 2001).

Global ısınma potansiyeline en yüksek oranda sahip olmamasına rağmen, küresel ısınmada etkili olan en yaygın gaz CO₂'dir. CO₂ gazının en büyük kaynağı ise fosil yakıtlardır. Konut sektörü, yıllık enerjinin % 32'sini kullanır ve bunun büyük bölümü fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu yüzden bina kullanıcıları ve bina endüstrisi CO₂ emisyonu azaltma çabaları içinde rol almalıdır. Bu açıdan genellikle aşağıdaki önlemler üzerinde durulmaktadır;

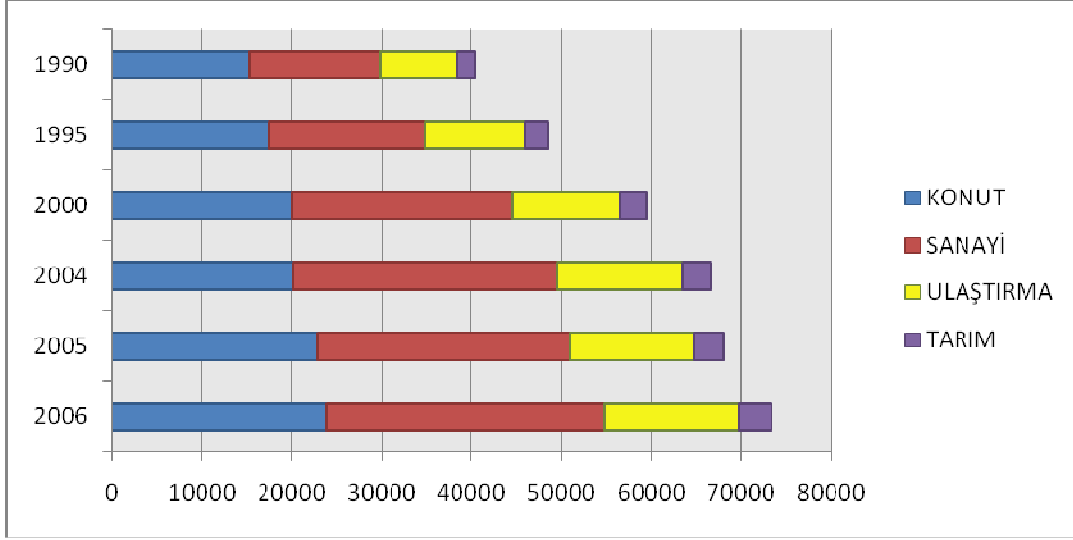
- CO₂ emisyonu yüksek olan yakıtlar, CO₂ emisyonu düşük olan yakıtlarla değiştirilmeli
- Yüksek performanslı ısı pompaları kullanılmalı
- Fosil yakıtların, ilk seçenek olarak sürdürülebilir yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmeli
- Yapıların enerji etkinliği artırılmalı

Bunların arasından sonuncu ölçüt en yüksek öneme sahiptir (Hens ve diğ, 2001).

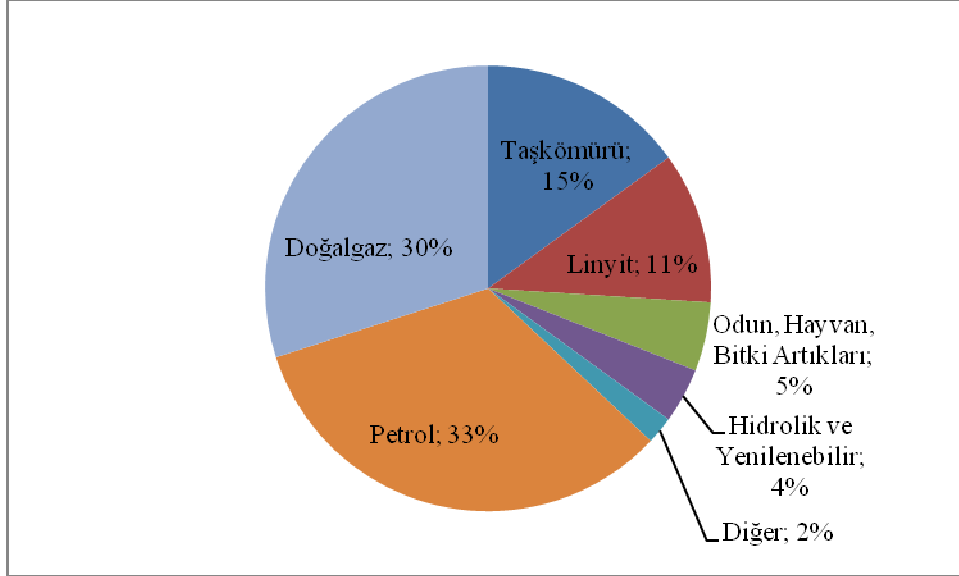


Şekil 1.1: Türkiye’ de Enerji Arz - Talebinin Gelişimi (Kaynak: ETKB).

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, Türkiye enerji bakımından dışa bağımlı bir ülkedir ve bağımlılığı yıllara bağlı olarak artmıştır. Şekil 1.2’de dört ana kategoride incelenen enerji kullanımının sektörler arası kullanımı görülmektedir. Buna göre, Türkiye’de enerjinin yaklaşık üçte biri konutlarda kullanılmaktadır. Şekil 1.3’ten görüldüğü üzere Türkiye’de binalarda kullanılan enerjinin büyük kısmını doğalgaz ve petrol oluştururken hidrolik ve yenilenebilir enerjinin payı sadece %4’tür.



Şekil 1.2: Türkiye’de Enerji Kullanımının Sektörler Arası Kullanım Dağılımı (Kaynak: DİE).



Şekil 1.3: Binalarda Enerji Tüketiminin Enerji Kaynakları Dağılımı 2007 (Kaynak: EİE).

Türkiye’nin doğal enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı olması, ülkede enerjinin üçte birinin konutlarda kullanılması ve mevcut konutların enerji etkinliğinin istenilen düzeyde olmaması göz önünde bulundurularak, mevcut konutlarda enerji etkinliğinin artırılmasının, hem ülke ekonomisine, hem de çevrenin korunmasına olumlu katkıları olacağı söylenilebilir. Bu çalışmada, mevcut konutların enerji etkinliğinin artırılmasına yönelik alternatifler geliştirilmiş ve bu alternatiflerin maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. Uygulama çalışmasında bunlar, mevcut bir konut için yapılmış ve simülasyon aracı kullanılarak geliştirilen alternatiflerin enerji tüketimi ve çevreyle olan etkileşimleri üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapının dış kabuğuna sonradan uygulanabilecek alternatifler olarak, yalıtım malzemesinin kullanılması, cam türünün değiştirilmesi, güneş kontrol elemanlarının kullanılması, duvar malzemesinin değiştirilmesi ve balkonların kapatılması ele alınmıştır. EnergyPlus'ın hesaplama metodunu kullanan DesignBuilder adlı bilgisayar programı kullanılarak bina kabuğundaki enerji akışı modellenmiştir ve binaya sonradan adapte edilebilecek alternatiflerin ısı yükleri azaltmadaki etkileri gözlemlenmiştir. Geliştirilen alternatiflerin maliyet analizi yapılarak, uygun alternatifler seçilmiş ve mevcut binaya uygulandığı takdirde yapının ısı yüklerinde ve CO2 emisyonunda meydana gelecek değişim gözlenmiştir.

Bu çalışma altı ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, enerji verimliliği, konutlarda enerji kullanımının gereklilikleri ve çalışmanın amacı ve önemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, konutlarda enerji etkinliği incelenmiştir. Enerji kaynağı olarak fosil yakıtların kullanılması çevre kirliliğine ve doğal kaynakların azalmasına neden olmaktadır. Enerji tüketirken ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetleri en aza indirmek gereklidir. Dünya genelinde konutlarda tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminde daima önemli bir yere sahiptir. Binalar, hem üretim aşamasında hem de işleyiş aşamasında enerji tüketmektedir. Bu nedenle, bina stokunun önemli bir kısmını oluşturan ve insanların zamanlarının büyük bir kısmının geçtiği konutlarda enerjinin verimli kullanılması, enerji tüketiminde önemli miktarda azalma sağlayacaktır.

Üçüncü bölümde, mevcut konutların enerji etkin yenilenmesi incelenmiştir. Mevcut konut stokunun, enerjiyi verimli kullanmak için sahip olduğu teknolojilerin günümüz teknolojisine göre yetersiz olması veya bina elemanlarının hava koşullarından dolayı zamanla aşınması, enerji kullanımının mümkün olandan oldukça fazla olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut konutların enerji etkinliğini iyileştirmek gerekir. Bu konuda, gelişmiş ülkelerde pek çok çalışma yürütülmektedir. Mevcut konutların, ısı performansının güçlendirilmesine ilişkin hususlar Türkiye'de 2008 Kasımında yürürlüğe giren binalarda ısı yalıtım yönetmeliğinde yer almasına rağmen, bunlar mevcut konutların enerji tüketimini kısıtlı miktarda azaltabilmektedir. Bu konuda gelişme sağlanması için yerel yönetimlerin ilgisi ve desteğinin yanında, kullanıcıların bilinçlenmesi ve bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Dördüncü bölümde, konutlarda dış kabuğun enerji etkin yenilenmesi ve ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi incelenmiştir. Konutların enerji verimliliğinin iyileştirilmesinde en önemli adımlardan biri bina kabuğunun enerji etkinliğinin iyileştirilmesidir, uygun olmayan bina kabukları yapının bina kabuğu vasıtasıyla önemli miktarda enerji kaybetmesine neden olur. Bina kabuğundan kaynaklanan enerji giderleri azaltılmasıyla kullanıcı ekonomik fayda sağlarken, bu faydayı sağlamak için belli miktarda yatırım yapması gerekir. Bina kabuğu performansını ölçmede kullanılan metotlardan biri de maliyet etkinliğinin değerlendirilmesidir.

Beşinci bölümde, mevcut konutların enerji etkin yenilenmesinde ve maliyet etkinliğinin değerlendirmesinde izlenebilecek yolun adımları belirlenmiş ve çalışma İstanbul'un ilk toplu konut örneklerinden birini oluşturan Ataköy'de bir apartman bloğu üzerinde uygulanarak bulgular ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışmasının temel amacı, mevcut konut binalarının yenilenerek, enerji performansının artırılmasına yönelik kullanılan alternatifleri değerlendirmek ve bunların etkilerini analiz edebilmektir. Çalışmada, bina kabuğu yapılandırmasında mevcut konutlar üzerine uygulanabilecek seçilen iyileştirme alternatifleri incelenmiş ve simülasyon aracı kullanılarak, bu alternatiflerin enerji tüketimine ve binanın çevreyle olan etkileşimi incelenmiştir. Seçilen alternatiflerin kullanıcıya ekonomik etkileri incelenerek, kullanıcı için en ekonomik alternatiflerin belirlenmesine çalışılmıştır.

Sonuç olarak, uygun tasarlanmış ve gerekli teknolojik ekipmanlar entegre edilmiş bir bina kabuğunun, binanın ısı kayıpları azaltmanın ve yapının atmosfere yaydığı karbon dioksit (CO₂), sülfür dioksit (SO₂), nitrojen oksit (NO) miktarını azaltmanın yanında kullanıcıya enerji maliyetlerini azaltıcı yönde katkı sağlayacağı açıktır.

2. KONUTLARDA ENERJİ ETKİNLİĞİ

2.1 Enerji Etkinliği

Günümüzde enerji ve çevre sorunlarına çözüm getirebilmek için, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan maliyetleri en aza indirgeyen bir strateji oluşturmak için, çevresel kısıtlar, ekonomik ve siyasi kısıtlarla birlikte düşünülmektedir. Böyle bir strateji, öncelikle enerji ihtiyacı kavramının yeniden ele alınmasına dayanmaktadır. Aynı hizmet bugünkünden daha az enerji kullanarak ve toplamda bugünkünden daha az bir maliyetle yerine getirilebilir. Bu durum, en ileri teknolojileri kullanan ve belirgin biçimde etkin ekonomilere sahip olan ülkeler için de geçerlidir (Laponche ve diğ,1997).

Enerji etkinliği, harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesidir. Aynı ürün daha az enerji ile üretildiğinde bir önceki duruma göre enerjiden tasarruf edilir. Tasarruf edilen enerji yeni üretim/hizmetler için sanki ilave bir enerji kaynağı gibi kullanıma hazır olur. Enerji tasarrufu enerji temini alternatiflerinin en önemlilerindendir (Keskin, 2007).

Avrupa Birliği'nin enerji tüketimleri ile ilgili raporlarında 2030 senesi için Avrupa Birliği'nde enerji tüketimlerinin %5 artacağı belirlenmiştir. Bu raporlara istinaden gaz ithalatı %84 ve petrol ithalatı %93 seviyelerine ulaşacaktır. Bu göstergeler Avrupa Birliği'nin dışa bağlı olduğunu ve bu durumdan oluşacak enerji bağımlılığı riskinden uzak olmadığı görülmektedir (Koç, Garip, 2008).

Bunlardan dolayı Avrupa Komitesi (2006) pek çok ölçütü öngören yedi aksiyon planını hazırlamıştır.

- a) Etkin ve yarışabilen bir Avrupa Birliği enerji marketi yaratarak, tüketici fiyatlarını düşürmek
- b) Petrol, gaz ve elektrik elde etmekte güvenliği sağlamak ve üye ülkeler arasında dayanışmayı sağlamak; enerji kaynaklarında, taşıma rotası ve metodunda çeşitliliği teşvik ederek bir enerji krizi durumuna karşı ortak tedbir almak

c) 2020 yılında enerji etkinlikte %20 gelişim, enerji tüketiminde %13 azalma sağlamak için enerji verimliliğini teşvik etmek. Bu aynı zamanda 780 milyon ton CO2 emisyonunda azalma, 100 milyon Euro enerji tasarrufu demektir.

d) Yenilenebilir enerjileri desteklemek. Avrupa Birliği'nin sera gazı emisyonunu %20 azaltması için yenilenebilir enerjilere yönelmesi zorunludur. Enerji verimliliğini artırmak, nükleer enerji, karbon yakalama (carbon capture), depolama, hedeflenen %20 azalmayı sağlayabilir, bu yollardan hiç biri 2020'den önce önemli etmen haline gelemeyecektir.

e) Destek araştırmaları; yeni nesil karbon ve sürdürülebilir teknolojilerin gelişmesi için destek araştırmaları kapsamında 2015 yılına kadar 12 adet büyük ölçekte fosil yakıt fabrikası, CO2 yakalaması ve depo tekniğini göstermek amaçlı kurulacak ve bu teknolojiyi kullanmak isteyenlere örnek oluşturacaktır.

f) Nükleer enerji için, atık yönetimini ve imhayı da kapsayan gelişmiş bir çerçeve yaratmak

g) Ortak bir Avrupa Birliği enerji dış politikası geliştirmek

Bu politikaların doğrultusunda programlar geliştirilmiştir, bunlardan başlıcaları Akıllı Enerjiler – Avrupa Programı, Managenergy Programı, Binaların Enerji Performansı Yönetmeliği, Avrupa İçin Sürdürülebilir Enerji 2005-2008 Programı, CONCERTO Programı'dır. Sürdürülebilir enerji politikaları Avrupa Birliğine senede 20 milyar Avro ve 300 bin iş imkanı sağlayabilir (Koç, Garip, 2008).

Günümüzde ülkelerin enerji kullanımına göre gelişmişlik düzeyini belirlemek için kullanılan metot, kişi başına enerji tüketimi yerine, enerji başına üretim verimliliğiyle ölçülmektedir. Buna enerji yoğunluğu adı verilir. Enerji yoğunluğu, ülkelerin ekonomilerindeki yapısal değişikliklere, diğer ülkelere ithal edilen malların özelliklerine, enerji karışımındaki değişimlere, döviz kurlarındaki ve paritelerdeki değişimlere de duyarlıdır (Keskin, 2007). Gayri safi milli hasıla başına enerji tüketimi olarak tanımlanan enerji yoğunluğu, Dünya'da 0.32, OECD'de 0.2, Türkiye'de 0.35 TEP/000\$'dır (IEA, 2005). Yani birim mal üretimi için Türkiye'de OECD üyesi ülkelere göre halen 1.75 kat daha fazla enerji harcanmaktadır.

2.1.1 Türkiye’de enerji verimliliğine ilişkin politikalar

Türkiye’de son yıllarda enerji verimliliğine yönelik bazı çalışmalar yürütülmeye başlanmış, ancak konunun önemi enerjide etkin rol oynayan çevrelerde dahi henüz yeterince anlaşılamamıştır. Enerjinin verimli kullanımıyla ilgili göstergelere göre Türkiye’nin dünya ortalamasından bile geride olduğu ve bir birim katma değer üretebilmek için pek çok ülkeye göre oldukça yüksek düzeyde enerji harcadığı görülmektedir. Özellikle uluslararası pazarlarda rekabet etme durumu içinde olan Türkiye’deki sanayi kesiminin enerjiyi verimli kullanamadığı da istatistiki verilerden anlaşılmaktadır (Kavak, 2005).

Türkiye’de enerji verimliliğine ilk olarak 1996-2000 yıllarını kapsayan VII. Beş Yıllık Kalkınma Planında değinilmiştir, yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi sebeplerle enerji verimliliğinin artırılması gerektiğine dikkat çekilmiştir. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda ise, enerji tüketiminin kaçınılmaz bir şekilde büyüdüğü ülkemizde ‘‘enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerektiği’’ vurgulanmaktadır (Kavak, 2005). IX. Kalkınma Planı her hangi bir eylem sunmamasına rağmen enerji konusunda Türkiye’de son yıllarda bazı atılımlar olmuştur. Bunlar, Kyoto Protokolü’nün kabulü, 2872 Nolu Çevre Kanunu, 5346 Nolu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu, 5584 Nolu Enerji Verimliliği Kanunu, 26707 Nolu Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması Ve İşletilmesi İle Enerji Satışına İlişkin Kanun, Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik Taslağı’dır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü de 2008 senesi içinde ENVER ve ENVER IPAB gibi enerji verimliliğini iyileştirmek ve potansiyellerin belirlenmesi, yasal ve kurumsal yapıların oluşturulması ve güçlendirilmesi, kamuoyunda farkındalık ve davranış değişikliği yaratılması amaçlı projelere başlamıştır (Koç, Garip, 2008). Bu olumlu gelişmelere rağmen hala ülkemiz enerji verimliliği konusunun başındadır ve bu konu gerek ekonomik gerek çevresel nedenlerle öncelikli hususlar arasında yer almalıdır.

Türkiye’ de 2007-2013 senelere hitap eden IX. Kalkınma Planı’nın temel prensiplerinden birisini sürdürülebilirlik oluşturmaktadır.

“Enerjinin sürekli, güvenli ve asgari maliyetle temini esastır. Nükleer enerji dahil alternatif enerji kaynakları da dikkate alınarak arz güvenliğinin sağlanması, çevresel etkilerin en düşük düzeyde tutulması, enerji endüstrisinin rekabetçi bir yapı içinde sanayinin uluslararası rekabet edebilirliğine katkı sağlaması ile üretici ve tüketici ülkeler arasında transit konumun geliştirilmesi enerji politikasının ana unsurlarıdır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması hususunda birincil enerji kaynaklarına erişimin garanti edilmesi, ithal kaynaklara olan bağımlılığın asgari düzeyde tutulması, elektrik üretim, iletim ve dağıtım yatırımlarının zamanında yapılması; rafineriler ile petrol ve doğalgaz depolama tesislerinin yeterli hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Enerji sektörünün rekabete açılması, gerekli yatırımların kamu finansmanı üzerinde ek yük yaratmaksızın özel sektör tarafından yapılması, kamunun gözetim ve denetim faaliyetlerini etkin bir şekilde yerine getirerek arz güvenliğini gözetmesi ve kamu mülkiyetindeki tesislerin özelleştirilmesi sağlanacaktır.” (DPT, 2006).

Bu amaçlar Türkiye'nin Avrupa Birliği uyum çerçevesine uyumludur. Genel hedefler hariç amaçlar Hiçbir rakamsal önem taşımamakta ve eylem planı sunmamaktadır.

IX. Kalkınma Planı her hangi bir eylem sunmamasına rağmen enerji konusunda ülkemizde son yıllarda büyük atılımlar olmuştur. Bunlar:

- a) 2872 Nolu Çevre Kanunu,
- b) 5346 Nolu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu,
- c) 5584 Nolu Enerji Verimliliği Kanunu,
- d) 26707 Nolu Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması Ve İşletilmesi İle Enerji Satışına İlişkin Kanun,
- e) Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik Taslağı (Koç, Garip, 2008).

Türkiye Enerji Programları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlü koordine etmektedir. 2008 senesinde bu birim enerji verimliliği konusunda başarılı projelere imza atmıştır.

- a) ENVER Projesi:

ENVER Projesinde amaç, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve potansiyellerin belirlenmesi, yasal kurumsal yapıların oluşturulması ve güçlendirilmesidir.

Enerji verimliliği konusunda verilen eğitimlere Belediyeler Birliğinden, İstanbul Teknik Üniversitesinden, Mühendis Odalarından katılımlar olmuştur. Sivas Belediyesi koordinatörlüğünde, İstanbul ve Paris belediyeleri ile binaların gaz tüketiminin izlemesi ile ilgili ortak bir çalışma yürütülmektedir (Koç, Garip, 2008).

b) ENVER IPAB Projesi:

Kamuoyunda farkındalık ve davranış değişikliği yaratarak ülkemizdeki binalarda enerjinin etkin kullanılması yoluyla yerel kaynakların korunması, enerjide ithal bağımlılığının azaltılması ve daha az fosil yakıt tüketilmesi hedeflenmektedir. Hedef grupları arasında EİE personeli, ilköğretim, lise ve üniversite öğrencileri ile ev hanımları yer almaktadır (Koç, Garip, 2008).

Türkiye’de Avrupa Birliği uyum süreci içinde enerji verimliliğini iyileştirmek amacıyla, MVV Danışmanlık ve Mühendislik(2004) tarafından EİE ve UETM ile işbirliği içinde geliştirilmesi ve yürütülmesi gerekli faaliyetler alanları belirlenmiştir. Bunlar, politika desteği, yol gösterici hizmetler ve teknik yardımlar, bilgilendirme ve bilgi dağıtım hizmetleri, kapasite geliştirme ve eğitim, demonstrasyon, proje geliştirme ve yürütme hizmetleri, enerji verimliliği projeleri finansman kaynaklarına erişimi kolaylaştırmaktır.

“Hızlı kentleşme süreci içinde yeni yerleşim alanlarının büyük bir kısmı ruhsatsız ve enerji verimliliği standartlarına uygun olmadan inşa edilmiştir. İstatistiklere göre ülkemizdeki konutların sadece %14’ü merkezi ısıtmaya, %10’u çatı ısı yalıtımına ve %9’u çift cam uygulamasına sahiptir.” (Turan, 2004)

MVV Danışmanlık ve Mühendislik(2004) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’deki mevcut binalarda enerji verimliliğindeki sorunlar belirlenmiş, nedenleri saptanmış, enerji verimliliğini artırmak için hedefler geliştirilmiş ve faaliyetler önerilmiştir. Saptanan sorunlar, binaların ısı kaybı, verimsiz kazan sistemlerinden kaynaklanan yüksek emisyonlar, binalarda enerji yönetiminin yokluğu ve enerji kullanımına yönelik tüketici bilincinin olmayışıdır.

Bunların nedenleri ise, binaların yetersiz yalıtımı, düşük verime ve yüksek emisyonu sahip kazan sistemleri, teknoloji bilgisi ve uygulama bilgisi eksikliği, enerji tasarrufu için basit enerji tasarrufu teknikleri ve metotları ve parasal yararları hakkında bilgi

eksikliğidir. Bunları gidermek için yapılması gereken faaliyetler olarak ise, binaların yalıtımının geliştirilmesi, kullanıcılara bilgi sağlaması için binaların sertifikasyonu, bina yapımını mekanizmaların belediyelerce oluşturulması, kömürden doğalgaza veya kalorifer ısıtmasından bölgesel ısıtmaya yakıt geçişi, mevcut binaların rehabilitasyonu için finansman modeli geliştirmek, enerji yönetimi ve ileri teknolojileri tanıtmak, yerel ve etkin ısıtma sistemlerini uygulamak, enerji tasarrufu yararlarını belirtmekle tüketici bilinçlenmesini sağlamak belirlenmiştir (MVV, 2004).

2.2 Konut Ve Enerji İlişkisi

Konutlar, tüm yaşam döngüsü boyunca enerji tüketirler. Ülkemizde yapılan çalışmalarda genellikle, başlıca yapım ve işletim aşamalarındaki enerji tüketimleri ele alınmaktadır. Yapım aşamasında taş, ahşap, kerpiç, çelik, beton plastik bazlı malzemeler yapı malzemelerine çevrilir. Bu süreçte tüketilen enerji oluşum enerjisi olarak da adlandırılır. Bu aşamada kullanılan enerji oldukça büyük bir miktardır ve ilk masraf olarak yansır (Smith, 2001). Stein (1977) bir konutun 30 sene işleyişinde harcadığı enerji miktarının %20- %30'u kadar oluşum enerjisinin olabileceğini belirtir. İşletim süresinde harcanan enerji ise oluşturulan iç çevrenin kontrolünde harcanan enerjidir. Bu işletme enerjisi olarak adlandırılır ve yapıların ısısal, akustik, güvenlik önlemlerini sağlamada kullanılır. Vandenberg (1980) konutlarda çevre kontrolünün metodoloji ve çevre bakımından tarih içerisinde evrimleştiğini vurgular. İlkel ve tarımla uğraşan toplumlarda ateş ısınma ve aydınlatma için kullanılmaktaydı, endüstrileşmenin artması ve yerleşkelerin daha kentsel olmasıyla ise fosil kaynaklı yakıtlar ve elektrik enerjisi gereksinimi sağlamak için kullanılan ana enerji kaynakları haline geldi.

Konutların işletim sürecinde harcadığı enerji bina yüklerine dayanarak açıklanabilir; bu yükler başlıca ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıcak su yükleridir.

Mekan ısıtma ve soğutma yüklerinin iki bileşeni vardır. Bunlar hissedilen sıcaklık ve gizli sıcaklıktır. Hissedilen sıcaklık geçişi kuru termometre sıcaklığı geçişiyle ilgilidir. Bunun anlamı sıcaklık artışı ancak iletim, ısıma veya taşıma yoluyla direk bir değişim olduğunda hissedilebilir. Gizli ısı transferi ise havadaki nem miktarı ve rutubetle ilgilidir (Hunn, 1996).

Busch (1996) mekan ısıtma ve soğutma yüklerini dört ana etkene bağlar. Bunlar, konumdan kaynaklanan güneş ısı kazanımı, ısı iletimi, havalandırma ve iç yüklerdir. Bunlardan ilk üçü bina kabuğu vasıtasıyla kontrol edilebilir. Bina kabuğunu etkileyen yükler, genellikle binayı dışarıdan etkileyen hava sıcaklığı, güneş ışıınımı, nem ve rüzgar gibi iklimsel elemanlardır. İklimden kaynaklanan yükler günün saatine ve mevsimlere göre periyodik olarak değişmektedir.

2.2.1 Mimaride Isıl Konfor Tanımı

Günümüzde binaların enerji etkinliğinin önem kazanması sadece fosil tabanlı enerji kaynaklarının azalması ve maliyetinin artması değil, aynı zamanlarda bu kaynakların, binanın enerji ihtiyacını giderirken çevreye verdikleri zararlı gazlardır. Binalarda enerji etkinliğini zorunlu kılan neden, iç çevrelerde ısı konforu sağlamak için önemli miktarda enerji kullanımıdır.

Givoni (1976) ısı konforun, insan vücudu ve çevre arasındaki ısı dengesinin korunması insanın sağlığı, konforu ve kendisini iyi hissetmesi açısından önemli olduğunu belirtmektedir. Isıl konforun birinci amacı, insanla çevre arasındaki ısı dengesinin sağlanması ve vücut sıcaklığının korunmasıyla ilgilidir.

Straaten(1967) ise konforun öznel olduğunu ve kişilere göre değişebildiğini savunur. Sıcak ya da soğuk hissiyatının yaş, cinsiyet, sağlık durumu ve kıyafet gibi unsurlara bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle optimum bir ısı konfor noktası tanımlamaktansa bir konfor zonu oluşturmanın daha doğru olacağını savunur. Bu zon oluşturulurken; hava sıcaklığı, nem, kullanıcının eylem durumu ve üzerindeki kıyafeti temel değişkenler olarak ele alınmaktadır.

Daniel(1997) ise binaların insanlar için bir çevre oluşturduğunu söyler ve bir konfor zonu oluştururken yapının yaşayanlara sağladığı sıcaklığın yanında, binadaki akustiğin, ışık durumunun, hava kalitesinin(kötü koku, virüs, mantar varlığı gibi), görsel konfor(manzara gibi) gibi kriterlerin de ele alınması gerektiğini düşünür.

Isıl olarak konforlu hissedebilmek için yaşayanlar çok soğuk ya da çok sıcak hissetmemelidirler. Bu canlıların onları kuşatan çevreyle ısıl olarak dengede olmaları demektir. Canlılar ısıl dengelerini çok enerji harcamadan sağlayabiliyorlarsa dengededirler. Canlıların ısıl dengelerini minimum enerji harcayarak sağlayabilmeleri gerekmektedir.

Mevsim de, iklime ek olarak konforu etkiler. Yapının içerisindeki çevreyi kontrol etmek mümkündür, fakat dışarıdaki çevreyi kontrol etmek zordur. Bu durumda bina kabuğunun oluşturacağı dış çevreyle olan ısı alış verişini düzenlemek gerekir. Ana ilkim elemanlarının aldığı değerler birbiriyle etkileşir ve ısı konfor hissiyatını etkiler. Busch (1996) bu elemanları şöyle sıralar; sıcaklık, nem miktarı, güneş ışınımı ve hava hareketleri. Bu elemanlar Olgyay (1973) tarafından bioiklimsel grafik olarak tek bir grafikte gösterilmiştir. Bu grafiğin amacı, insanın konfor durumunda hissetmesine bağlı olan etmenlerin hepsinden faydalanarak bir değer elde etme yoluna gidilmesinin gerekliliğinin düşünülmesidir. Çevre verilerinin grafikte tanımlanan konfor sınırlarının dışına çıkması durumunda, çevreyi oluşturan fiziksel özelliklerden biri veya bir kaç değiştirilerek konfor durumunun sağlanması gerekmektedir. Givoni (1976) de, ısı konfor derecelerinin bina içinde sağlanmasının bina kabuğu yoluyla, yapının içinin dışıyla oluşan ısı alış verişinin doğrudan bağlı olduğunu belirtmektedir.

ASHRAE ise insanlar için ısı konforu, iç çevre koşullarından tatmin olma durumu olarak tanımlamıştır (ASHRAE Standard 55).

Kullanıcılar, verimli olarak iş yapabilmeyi hedeflediklerinden veya dış çevreden olumsuz etkilenecek yaşama kalitelerini düşürmeyi istemediklerinden yapıların iç fiziksel çevrelerini oluştururken, belirtilen konfor koşullarını sağlamak isterler. Çevrenin binanın içinde oluşturduğu koşullar yeterli olmadığı takdirde, enerji kaynaklarını kullanarak bina iç çevre koşullarını istenilen düzeye ulaştırırlar.

2.3 Konutlarda Enerji Etkinliğin Önemi

Enerji temelde 3 sektörde, endüstri, ulaşım ve binalar kapsamında tüketilmektedir (Al-Homoud, 2001). Binaların inşasında ve işletiminde harcanan enerji miktarı ise oldukça fazladır. World Watch Enstitüsü'nün araştırmalarına göre Dünyadaki enerji kullanımının %40'ını yapıların inşası ve işletiminde kullanılan enerji oluşturmaktadır. Yapı malzemeleri oluşturulurken, inşaat sahasına getirilirken, yapı inşa edilirken, yapı faaliyet gösterirken enerji tüketir ve bu enerjinin tepkimesinde çıkan sera gazlarının çevreye önemli boyutta zararları vardır. Yapının fosil yakıt kullanımı sebebiyle çevreye verdiği karbondioksit (CO₂) çevreye verilen karbondioksit miktarının 1/3 ünü, asit yağmurlarına sebep veren sülfür dioksit (SO₂)

ve nitrojen oksit (NOX) in ise atmosfere salgılanan nitrojen oksidin 2/5'ini oluşturmaktadır (World Watch Enstitüsü, 1995).

Mevcut binaların enerji tüketiminde oldukça önemli bir payı vardır, örneğin Avrupa ülkelerindeki mevcut binaların, Avrupa'nın 2050 yılında binalarda kullanacağı enerjinin 2/3'ünü tüketeceği tahmin edilmektedir (Henderson ve diğ., 2001). Bu yüzden son yıllarda mevcut binalardaki enerji performanslarını artırmak amacıyla, birçok ülkede konuya ilişkin standartlar yeni teknolojilere uygun şekilde revize edilmektedir (Kavak, 2005).

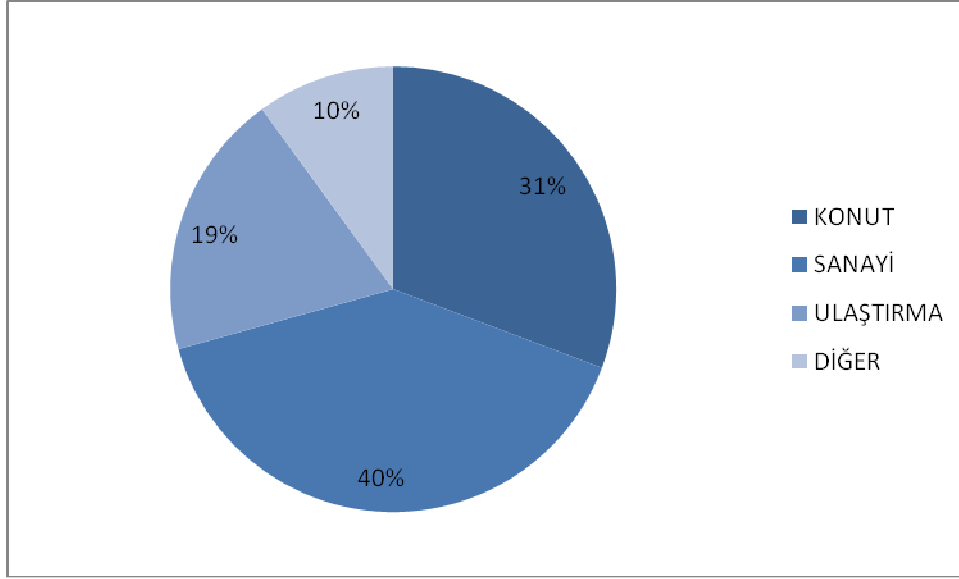
Binalarda enerji etkinliği sağlanarak çok yönlü fayda elde edilebilir; binadaki konfor koşulları iyileştirilirken, aile veya işletme bütçesindeki ısıtma ve elektrik giderleri azaltılabilir, en önemlisi iklim değişikliğinin önüne geçilebilir (Keskin, 2007).

Binalarda uygulanacak çeşitli teknikler ve alınacak çeşitli tedbirlerle büyük miktarlarda enerji tasarrufu yapılabileceği, dolayısıyla enerji verimliliğinin iyileştirilebileceği bugüne kadarki uygulamalarda görülmüştür. Yapılan uygulamalar genellikle, proje aşamasında baca ve tesisat borularının dış duvardan korunması, döşemelerden geçen dikey tesisat deliklerinin belirlenmesi, kesintisiz dış kabuk yalıtımı, baca gazlarının soğumasının ve bacaların kurum tutmasının önlenmesine yönelik tasarım, tesisat borularının donmasının önlenmesine yönelik tasarım, enerji tasarrufuna yönelik doğal temiz hava temini, malzeme sevkiyatı amaçlı ısıtma merkezi ve makine dairelerinin tasarımı gibi hususlara önem verilmesi, kazan kapasitelerinin doğru seçimi, ısı geri kazanım ünitelerinin (plakalı, tamburlu veya serpantinli) kullanılması şeklinde olmaktadır. Binalardaki enerji verimliliğinin en önemli ayaklarından biri olan bina dış kabuğunun (duvarlar, çatı, zemin ve çerçeveler) enerji etkinliğinin iyileştirilmesi, yapı elemanlarının ısı geçirme katsayılarının düşürülerek ısıl direncin yükseltilmesi ile ilgili bir konudur (Kavak, 2005).

“Gerekli ısı yalıtımına sahip olmayan binalarda ısıtma ve soğutma için tüketilen enerjiyi azaltmak, ısı köprülerini engellemek, yoğuşmayı engellemek, iç konfor şartlarını sağlamak gibi hedeflere ulaşmak için dış kabuğun yeni malzeme ve bileşenlerle yenilenmesi (retrofitting) önem kazanmıştır.”(Özkan ve diğ, 1997)

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, Türkiye’de enerjinin yaklaşık % 30’u konutlarda kullanılmaktadır. Toplam elektrik enerjisi tüketiminin ise yaklaşık % 43’ü konutlarda

gerçekleşmektedir. Konut sektörü, enerji tüketiminde sanayi sektöründen sonra ikinci sırada yer almaktadır. Dolayısıyla binalarda enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar, enerji kaynaklarının verimli kullanımı açısından önemlidir.



Şekil 2.1: Türkiye’de 2006 Yılında Tüketilen Enerjinin Sektörler Arası Dağılımı (Kaynak: DİE).

Pilot olarak seçilen konutlarda yapılan ölçümler de ısı kayıplarının büyüklüğünü ortaya koyar, Türkiye’deki binalarda $200\text{-}250 \text{ kWh/m}^2$ olan ısı kaybı, Türkiye’den daha soğuk iklime sahip olan Almanya için $75\text{-}100 \text{ kWh/m}^2$ ’dir (Kavak, 2005).

Türkiye’de binalarda birim alanı veya hacmi ısıtmak için harcanan enerjinin Avrupa Birliği ülkelerine göre 2-3 kat daha fazla olması nedeniyle 1985 tarihli binalarda ısı yalıtımını kurallarını belirleyen Türk Standardı TS 825, 2000 yılında güncellenmiştir. Belirtilen standardın uygulanması ile yeni inşa edilen binalarda bina dış kabuğundan kaynaklı ısı kayıplarının yarı yarıya azaltılması hedeflenmiştir (EİE, 2008). 2008 yılında ise mevcut binalar da TS 825’te ele alınmıştır. Şu an yürürlükte olan ısı yalıtım yönetmeliği 9 Ekim 2008’de Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

Binalarda enerji verimliliği çalışmalarının bir diğer önemli ayağı da, enerji etiketlemeleridir. Hem mevcut binalar hem de yeni binalar için uygulanabilen etiketleme metodu, binaların enerji performanslarını göstermesi ve konut sahiplerini enerji verimliliğine yönelik çalışmalara teşvik etmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Kavak, 2005).

Trines ve Van Geet(2001) etiketleme sistemlerinin oluşturulmasının temel sebepleri olarak şunları göstermişlerdir.

- 1) Enerji etiketi bir ürünün (binanın) performansı hakkında tüketiciye (binayı alacak ya da kiralayacak kişiye) bilgi sağlar.
- 2) Ürünün müşterileri (oturan-kullananlar, alıcılar ya da kiracılar) kararlarını rasyonel biçimde verirler; bu bilgiyi işletme giderleri ve ürünün kalitesi ile birlikte karar alma sürecinde kullanırlar.
- 3) Bunun bir sonucu olarak, her bir aktör tercihlerini yeniden değerlendirir. Oturan-kullananlar yatırımlarını kâr esasına göre ya da evdeki konforun güçlü biçimde geliştirilip geliştirilemeyeceğine göre yaparlar. Müstakbel alıcı ya da kiracılar, enerji için harcayacakları gideri düşünerek enerji verimli binaları tercih ederler. Satıcılar ise, binaları enerji verimli hale getirmek için yatırım yaparlar ve bu yatırımı belli bir sürede amorti etmek için kira/satış bedeline belli bir miktar ilâve yaparlar. Bu çevrimin sonunda yapılan yatırımlar, doğal olarak binanın değerini yükseltir.

Wigginton ve Harris (2001) bina tasarımında ekolojik amacın yapının, yenilenebilen enerji kaynaklarını kullanarak ve kazanılan enerjiyi binanın içinde mümkün olduğunca uzun süre hapsederek, elde edilen konfor koşullarını yapay enerji sarf etmeden koruyarak, enerji ihtiyacını minimuma, ideal olarak sıfıra indirmesinin gerekliliğini savunur. Binalardaki enerji dönüşümünde fiziksel veya kimyasal olarak tepkimeye giren ve tepkime sonucu çıkan çok fazla parametre olduğundan, enerji etkinlik kurallarına basit bir formüle indirgemek kolay olmayabilir. Kreider ve Rabl (1994) enerji etkinliğini, istenilen durum için uygun bir ortam ve konfor oluştururken, yaşam döngüsünü en az zedeleyecek şekilde faydacılık yoluna gitmek olarak tanımlamaktadır.

Hawkes (1996), bina kabuğunun enerji etkin bina tasarımında önem taşıdığını çünkü bunların yapının iç ve dış çevresinde arabuluculuk yaptığını vurgular. Bina kabuğunun ısıl davranışını etkileyen faktörler ise; toplam ısıl geçirgenlik katsayısı, havalandırma ve infiltrasyon yoluyla meydana gelen hava değişim oranı, ısıl kütle ve iç dış iklim elemanlarının değerleridir (Givoni, 1976).

3. MEVCUT KONUTLARIN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ

Nilsson, Aronsson, Jamgemar (1994) bina yenileme çalışmalarının doğasının, binanın ve ekipmanların doğal yaşlanma sürecine, binanın içinde barınanların ihtiyaçlarının değişmesine ve gelişen teknolojinin binada bulunan mevcut teknolojinin yerini aldığı takdirde sağlayabileceği avantajlara bağlar. Binadaki yenileme ölçütlerinin en önemlilerinden biri de enerji etkinliğiyle ilgili olan ölçütlerdir.

Papadopoulos, Thedosiou ve Karatzas (2002) 1980'lerden önce inşa edilen yapıların çok enerji tükettiğini iddia etmiştir. Diğer bir taraftan bu binalarda enerji tasarrufu potansiyeli önemlidir. Bu 30-40 yaşını açan binalar için daha geçerliydi. Bina'nın ortalama yaşı 70 olarak düşünülürse, 30-40 yaşlarındaki bir binanın yenileme gerektirebileceği söylenilebilir. Ama kentsel alanlardaki yoğun bina talebi, daha eski binaları da tamir edip kullanmayı sürdürmeye sebep olmaktadır.

Bunlara ek olarak Balaras, Dascalaki, ve Kontoyiannidis (2003) yılında binanın yenilenmesinin, yeniden inşa edilmesinden neredeyse 1/3' ü kadar ucuza mal olacağını iddia etmiştir. Binaların yenilenerek tekrar kullanılması halinde inşaat sektörünün kullandığı enerji %35-40 azaltabilmekte ve atmosfere salgılanan CO2 %45 az olabilmektedir.

Binaların işletim masraflarının zamanla artar ve gerekli tedbirler alınmazsa, tamir bakım ve yenileme çalışmaları yapılmazsa problemler artmaktadır. Bu yenilemeler, strüktürel elemanlara ve yapının enerji performansı ile, iç çevre kalitesini de artıracak onların kurulumuna odaklanmalıdır. Her hangi bir yenileme işleminde, hazırlık aşaması en önemli kısımdır, çünkü bina mevcuttur, durumu teşhis edilip, üzerinde çalışılarak, yenilikler değerlendirilebilir ve fiyat analizleri yapılabilir (Dascalaki ve Santamouris, 2002).

Bina yenileme çalışmaları, bina kabuğunu, ısıtma havalandırma soğutma ve aydınlatma sistemlerini kapsayan, bunların aktif ve pasif sistemler bütünlüğünde ele alınması gereken çalışmalardır. Bu yenilemelerin amacı; ısı, görsel konfor koşulları

iyileştirilirken, yaşayanların iç mekanda yeterli hava kalitesini yaşayabilmeleri için binanın enerji performansını optimize etmektir (Dascalaki ve Santamouris, 2002).

Eski veya eski olmadığı halde ısı performansını yeterli olmayan yapıların yenilenmesi, enerji tüketimlerini düşürmek ve bina içi konfor durumunu iyileştirmek için gerçekleştirilir. Mevcut binalar yenilenirken enerji etkinlik faaliyetleri ekonomik uygunluk bakımından değerlendirilir, bina kabuğunun güçlendirilmesi veya değiştirilmesi, otomasyon ve kontrol sistemleri eklenerek kayıpların azaltılması, ısıtma soğutma sistemlerinin kısmen veya tamamen değiştirilmesi uygulanan başlıca değişikliklerdir (Chwieduk, 2002).

Avrupa Parlamentosu ve binalarda enerji etkinliği konseyinin direktiflerinde ise geleneksel ve modern yenileme seçenekleri şöyle sıralanmıştır.

- Yalıtım ve camlara odaklanarak bina kabuğunun güçlendirilmesi
- Sıcak su kazanlarının güçlendirilmesi
- Aydınlatma ve havalandırma gereçlerinin güçlendirilmesi
- Çevre dostu enerji üretim araçlarının kullanılması
- Bioiklimsel bina tasarımı ve yönlendirmesinin kullanımı

Bioiklimsel bina tasarımı ve yönlendirmesi, pasif güneş sistemleri binanın kullanılmasını sağlayarak, mevsime ve iklime bağlı olarak güneşten mümkün olduğu kadar güneş enerjisi kazanmayı veya yapıyı güneşten korumayı sağlayan düşük enerjili mimariyi amaçlar. Bioiklimsel tasarım bina çevresindeki ağaçları, bitkileri, aydınlatmayı da içerir (Chwieduk, 2002). Yenilenebilir enerji sistemlerin binaların enerji etkin yenilenmesinde uygulanması da modern yaklaşımlardan biridir. Güneş enerjisi yapılarda aktif ve pasif şekilde, kullanılabilir. Avrupa Birliği Direktifleri'ne göre bioiklimsel tasarım ve yapım binalardaki enerji ihtiyacını %60 düşürebilir (Chwieduk, 2002).

3.1 Enerji Etkin Yenilenmiş Konut Örnekleri

Mevcut konut stokundan kaybedilen enerji miktarının ve CO₂ emisyonunun fazla olması nedeniyle, Dünya'nın pek çok yerinde enerji etkin yenileme projeleri yapılmaktadır. Bu bölümde konutlarda enerji etkin yenilenmeye örnek olarak üç konut incelenecektir.

3.1.1 Karlsruhe’de bir konut kompleksinin yenilenmesi

Konut Almanya’da Baden-Württemberg eyaletine bağlı Karlsruhe’de bulunmaktadır ve yapım yılı 1971’dir. Konuta yenileme projesi 2001 yılında uygulanmıştır. Yenilenme EnSAN (enerji yönelimli yenilemeler) araştırma projeleri kapsamında yenilenen bir araştırma projesidir. Binadaki brüt alan 12612 m², brüt hacim 34146 m³, ısıtılan alan ise 9560 m²’dir. Binada 147 daire bulunmaktadır. Yenilenmeden önce dış duvarlar tuğla duvar üstü 25 mm mineral yünden ve asbestos çimentodan yapılmış perde duvar, pencereler alüminyum ve ahşaptan oluşmakta ve açılabilirdiği tespit edilmiştir. Sıcak su ve ısıtma sistemi doğal gaz kazanı ve panel radyatörler ile olduğu, mutfakta, banyoda ve tuvalette havalandırmanın çatı fanı ile sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.1: Karlsruhe’deki konutun yenilenmeden önceki görüntüsü.

Şekil 3.1’de konutun yenilenmemiş durumu görülmektedir. Binadaki perde duvar hava koşullarından bozunmaya uğramış, pencereler eski, çerçeveler hasar görmüş, ısı yalıtımı ve çatı hasar görmüş, havalandırma cihazı eski ve düşük performansta çalışan, tesisat boruları yalıtımsız olduğu saptanmıştır. Yenileme esnasında bina kabuğu yüksek kalitede yalıtılmış ve ısıtma sıcak su ve havalandırma gibi mekanik sistemler yenilenmiştir. Yenilenmeden önce yıllık ısıtma enerjisi 123 kWh/m²a iken yenilenmeden sonra 53 kWh/m²a olmuştur. Binada daire başına düşen yenileme maliyeti 1280-2350 euro olurken diğer yapım maliyetleri 310euro/m², teknik sistemler 70euro/m² olmuştur. Şekil 3.2’de konutun yenilendikten sonraki görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.2: Karlsruhe’deki konutun yenilenmeden sonraki görüntüsü.

3.1.2 Nürnberg’de bir konutun yenilenmesi

Almanya’da bulunan konutun yapım yılı 1930 olup, adı Jean Paul Platz olarak geçmektedir. Yapıda ısıtılan alan 897 m^2 , bina hacmi 4028 m^3 ’dür. Yapı üç katlıdır ve altı daire bulunmaktadır. Yapım sistemi yığmadır. Bina Avrupa Birliği enerji programlarından olan IE (akıllı enerji) programı çerçevesinde bulunan TREES (konutların enerji etkin yenilenmesi eğitimleri) çerçevesinde yenilenmiştir (Peuportier,2002).



Şekil 3.3: Jean Paul Platz’ın yenilemeden önceki görüntüsü.

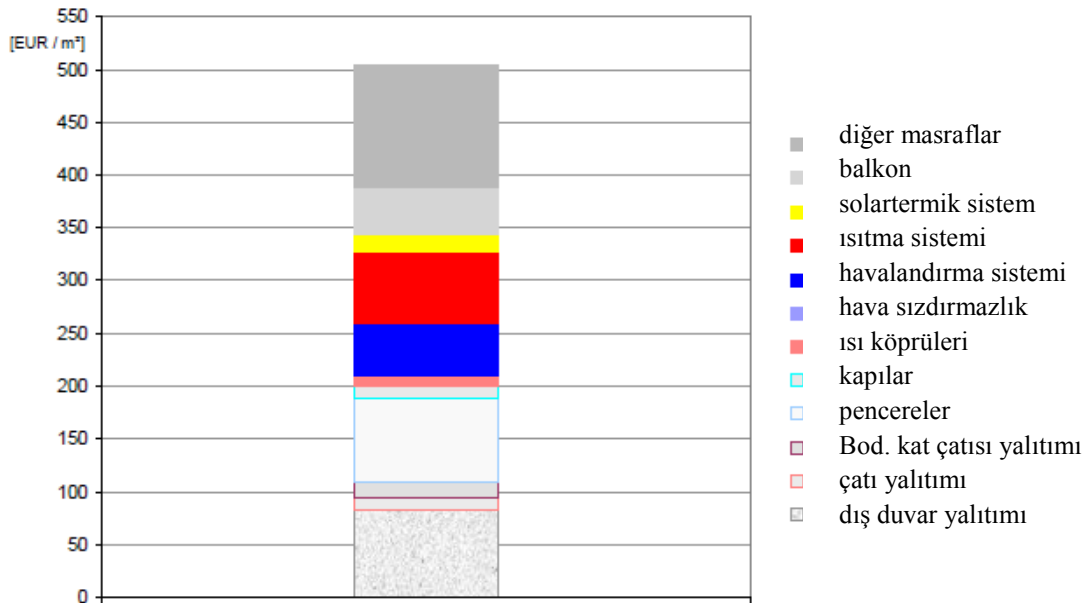
Şekil 3.3’te konutun yenilenmeden önceki görüntüsü bulunmaktadır. Konutta yapılan değişiklikler, pencerelerin U değeri $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan, termal yalıtımlı üç camlı ve yalıtımlı çerçeveden oluşan pencere sistemiyle değiştirilmesi, dış duvarların 20 cm ekspande polistren ($\lambda=0.35$) ile bodrum kat tavanının 14 cm mineral yün ($\lambda=0.35$) ile çatının 25 cm ekspande polistren ($\lambda=0.35$) ile yalıtılmasıdır. Bu işlemler sonucu dış duvarda elde edilen U değeri, $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, bodrum tavanında $0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, çatıda

0.12 W/m²K'dir. Yenileme yapılırken içeriye hava sızmasını önlemek için yalıtımdan önce eski sıva katmanındaki hasarlı yerler doldurulmuştur. Binanın havalandırma sistemi ve ısıtma sistemi yenilenmiş ve sıcak su için 17 m² güneş kolektörü ile 1000 l depo monte edilmiştir.



Şekil 3.4: Jean Paul Platz'ın yenilemeden sonraki görünüşü.

Şekil 3.4'te konutun yenilendikten sonraki görüntüsü görülebilmektedir. Yapılan bu yenilemelerle binanın enerji kullanımı 200kWh/m²a'dan 27kWh/m²a'ya yani %87 düşürülmüştür. Yapılan yenilemelerin maliyet üzerinde etkisi ise Şekil 3.5'te görülebilir. Yapılan yenilemede bütçenin önemli bir kısmını dış duvar yalıtımı, pencerelerin değiştirilmesi ve ısıtma havalandırma sisteminin yenilenmesi oluşturmuştur.



Şekil 3.5: Jean Paul Platz'da yapılan yenilemelerin maliyet grafiği.

3.1.3 Montreuil’de bir konutun yenilenmesi

Fransa’da bulunan bu konutun yapım yılı 1969’dur. Yalıtımsız, tek camlı bir binadır. Fransa’da 60larda ve 70’lerde yapılmış enerji performansı düşük binaların yenilenmesine teşvik olması amacıyla, TREES (konutların enerji etkin yenilenmesi eğitimleri) çerçevesinde yenilenmiştir. Proje başında binanın CO2 emisyonunu %25 düşürmek amaçlanmıştır (Neumann,2002).



Şekil 3.6: Montreuil’deki konutun yenilenmeden önceki görünüşü.

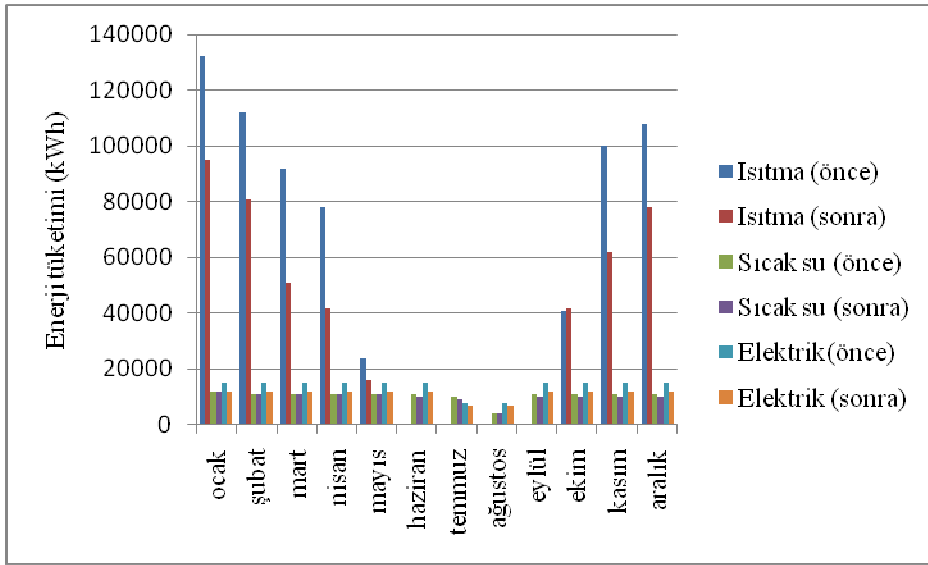
Projede kullanılan yenileme seçenekleri, bina kabuğuna 10 cm dışarıdan yalıtım uygulanması, pencerelerin U değeri $1.3\text{W/m}^2\text{K}$ olacak şekilde yenilenmesi, balkonların cam ile kapatılarak bina içine alımadan ön ısıtmadan geçirilmesidir. Sıcak su ısıtmada güneş enerjisi kullanımı üzerine çalışılmış, ancak 2002’de bölgede desteklenmediği için uygulanmamıştır. Proje uygulandığında, standartlara uygun bir yenilemede binaya 6 cm yalıtım uygulamanın ve pencerelerin u değerinin $3\text{W/m}^2\text{K}$ olmasının yeterli olduğu görülmüştür. Fakat, istenilen CO2 emisyonu azaltma miktarına standart yenilemeyle ulaşılamayacağı tespit edilmiştir.

Projenin enerji etkin yenilenmesinde uygulanan teknolojiler, yalıtımın güçlendirilmesi, gelişmiş camlar kullanılması, nem kontrollü havalandırma yapılması, düşük akış oranlı sıhhi tesisat aygıtları kullanımıdır. Dış cephe yalıtımında 10 cm mineral yün kullanılmıştır. Yenileme esnasında seçeneklerinin değerlendirilmesinde COMFIE adlı simülasyon programı kullanılmıştır. Burada elde edilen sonuçlara göre bina CO2 emisyonu baz alındığında optimum yalıtım kalınlığı 20 cm, maliyet alındığında 10 cm bulunmuştur.

Güney cephede saydamlık oranı %40’tır ve burada sert kaplamalı U değeri $1.9\text{W/m}^2\text{K}$ olan lowE pencere kullanılmıştır. Kuzey cephede ise saydamlık oranı

%25'dir ve yumuşak kaplamalı U değeri $1.7\text{W/m}^2\text{K}$ olan pencere kullanılmıştır. Camlı balkonlar sayesinde içeriye ön ısıtmadan geçirilmiş hava alınmış ve nem kontrollü havalandırma yapılmıştır.

Binanın yenilenmeden önceki yıllık CO₂ emisyonu 370 ton iken, Standart yenilenmeyle bu rakam 240 tona düşürülebileceği görülmüştür. Bu projede yenilenmeden sonra bina yıllık CO₂ emisyonu 190 tona, yani %26 düşürülmüştür. Binadaki ısıtma yükü ise %32 düşürülmüş, iç ortam sıcaklığı 3°C artmıştır. Şekil 3.7'de binanın yenileme öncesi ve sonrası enerji tüketimleri görülmektedir.



Şekil 3.7: Montreuil'deki yenileme projesinde enerji tüketimleri.



Şekil 3.8: Montreuil'deki konutun yenilenmeden sonraki görünüşü.

Şekil 3.8'de projenin yenilendikten sonraki görüntüsü görülmektedir. Projede yenileme maliyeti toplam 265000 euro olmuştur ve geri ödeme süresi 16 sene

olacaktır. Projenin standartlara göre yenilenmesi durumunda daire başına 5000 euroya mal olacağı belirlenmiştir, burada uygulanan yenileme sisteminin daire başına ek maliyeti ise 3500 eurodur.

3.2 Mevcut Konutların Enerji Etkin Yenilenmesinde Finansal Strateji

Almanya’da 1980-1995 yılları arasında yapılan enerji tasarrufları incelendiğinde, GSMH başına birincil enerji tüketiminde %30 mertebesinde bir iyileşme sağlandığı görülmektedir. Bu başarıda binalarda uygulanan önlemler büyük rol oynamıştır. Isıtma sistemlerinin modernizasyonu, konutların yeniden inşası, ısı yalıtımı ve kondens kazan uygulamaları için düşük faizli krediler verilmesi, bu alanda önemli teşvik unsurları olmuştur (Kavak,2005).

“Bugüne kadar enerji verimliliği çalışmalarını finanse etmekte kullanılan en yaygın fon yaklaşımlarından birisi, genellikle ‘sistem fayda yükü’ (ya da ‘kamu menfaati masrafı’) olarak adlandırılan mekanizmadır. Bu, dağıtım hizmetlerinde atlanamayan bir ücrettir, çünkü tüketici, elektriği hangi üreticiden alırsa alsın bir ödeme yapmaktadır; diğer yandan bu durum rekabet açısından da nötr bir durum yaratmaktadır.” (Kushler,2001)

Nihai enerji tüketim sektörlerindeki belirlenmiş enerji tasarrufu potansiyellerine dayanan öncelikli ve maliyeti az olan önlemlerin ilgili kamu kurum veya kuruluşlarının kendi bütçelerindeki kaynaklardan karşılanması EİE/UETM’ye bütünleşik ve ilgili kurumlar ile birlikte tasarlanmış olan aksiyon planlarının uygulanması için gerekli finansmanın sağlanmasına yardımcı olacaktır. Türk özel sektöründe mevcut olan potansiyeli göz önünde bulundurarak, Türk Hükümeti özel ve dış kaynakların katkılarının artırılması ile kamu kurumları üzerindeki bu mali yükü azaltmak niyetindedir (MVV,2004).

EV Stratejisi içerisinde yer alan faaliyetlerin ilgili kamu paydaşlarının aktif katılımı ile yürütülmesi için AB (çoğunlukla ikili teknik destek programları) , GTZ, JICA gibi donörler ve KfW, DB, ERBD, GEF ve EIB gibi fonlar finansman sağlama hususunda teşvik edilebilir (MVV, 2004).

3.3 Türkiye’de Konutlarda Enerji Kullanımı ile İlgili Yönetmelik ve Standartlar

Türkiye’de şu an yürürlükte olan yönetmelik 1 Kasım 2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir ve binalardaki ısıtma enerjisini düşürmek için, mevcut binalarda ve yapılmakta olan binalarda ısı yalıtımını zorunlu kılmaktadır. Bu yönetmeliğe(2008) göre, konutlarda hesaplamalarda kullanılacak ortalama iç sıcaklık değeri 19 °C’dir. İstanbul 2. derece gün bölgesinde bulunmaktadır. 2. derece gün bölgesinde bulunan A/V oranı (Isı kaybeden toplam yüzeyin ısıtılmış yapı hacmine oranı) 0,2’den küçük olan yapılar için, maksimum yıllık ısıtma enerjisi, yapının brüt hacminin 12,3 katı olmalıdır. A/V oranı 1,05’den büyük olan yapılar için ise maksimum yıllık ısıtma enerjisi, yapının brüt hacminin 31,3 katı olmalıdır.

Bu yönetmelikte (2008, Ekim) hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise, yapının brüt hacmi ile ilişkili olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Q'_{2.DG} = 70 \times A/V + 24,4 \quad (3.1)$$

Burada, Q' : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, A/V: Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$) oranıdır.

Binanın yıllık ısıtma enerjisi, maksimum müsaade edilen yıllık ısıtma enerjisinin 0,99 katı ise bina C tipi, 0,90 katı ise B tipi, 0,80 katı ise A tipi olarak nitelendirilmektedir. İstanbul’un içinde bulunduğu ikinci bölgede istenilen U değerleri ise, duvarlar için 0,60 W/m²K, çatı için 0,40 W/m²K, döşeme için 0,60 W/m²K’dir.

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ise 8 Mayıs 2008 tarihli TS 825’de belirtilen hesap metodu kullanılarak hesaplanır. TS 825(Mayıs, 2008)’e göre binanın yıllık ısıtma enerjisi aşağıdaki adımlar izlenerek hesaplanır.

Isıl geçirgenlik direnci (R) aşağıdaki formül aracılığıyla bulunur.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \quad (3.2)$$

Burada; R : Isıl geçirgenlik direnci (m².K/W), d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m), λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K) dir.

Toplam ısıl geçirgenlik direnci (1/U) hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \quad (3.3)$$

Burada; $1/U$: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$), R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ($m^2.K/W$), R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ($m^2.K/W$) dir.

Toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U) aşağıdaki formül aracılığıyla hesaplanır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (3.4)$$

Burada ; U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)'dır.

Yapı bileşeninin ısı kaybı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$q = U * (Q_i - Q_e) \quad (3.5)$$

Burada; q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2), θ_i : İç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$), θ_e : Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$), U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$) dir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanırken ise aşağıdaki formül kullanılarak aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ayrı ayrı hesaplanır ve bunların toplamı alınır.

$$Q_{ay} = [H(Q_i - Q_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] * t \quad (3.6)$$

Burada; $Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule), Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule), H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K), θ_i : Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}C$), θ_e : Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}C$), η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (birimsiz), $\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (W), $\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W), t : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400×30) (s) dir.

Resmi gazetede 5 Aralık 2008'de yayımlanan ve 5 Aralık 2009'da yürürlüğe girecek olan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ise, binanın sadece ısınmada kullandığı enerjiye değil, Isıtma-Soğutma-Aydınlatma ve Sıcak su sistemlerinin hepsinin toplam kullandığı enerjiye sınırlama getirmekte, binaların enerji kullanımı ve CO2 emisyonu açısından sınıflandırılmasını gerektirmekte ve binalar için yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yönetmeliğe göre binanın mimari tasarımında doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından azami derecede yararlanılması, mevcut binaların tamamında veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve

eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümler için, TS 825 standardında ısıtma derece gün bölgelerine göre tanımlanmış tavsiye edilen ısıl geçirgenlik katsayılarına eşit veya daha küçük olduğunun gösterilmesi, yoğuşma hesaplarının yapılması gereklidir.

Bu yönetmeliğe göre binanın yıllık enerji ihtiyacı için hesaplanırken;

- a) Binanın ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı hesabı, Bakanlık tarafından yayınlanacak ilgili tebliğe göre,
- b) Binanın aydınlatma enerjisi ihtiyacı hesabı, TSE tarafından çıkartılan ilgili standartlar, burada bulunmaması halinde ilgili Avrupa standartlarına göre,
- c) Binanın sıhhi sıcak su üretimi için kullanılan enerji ihtiyacı hesabı, TSE tarafından çıkartılan ilgili standartlar, burada bulunmaması halinde ilgili Avrupa standartlarına göre, yapılır.

Mevcut binalar ve inşaatı devam edip henüz yapı kullanım izni almamış binalar için Enerji Verimliliği Kanununun yayımı tarihinden itibaren on yıl içinde (18 Nisan 2017 tarihinde) Enerji Kimlik Belgesi düzenlenir.

Birincil Enerjiye Göre Referans göstergesi, ikinci ısıtma bölgesindeki apartman blokları için 255 kWh/m²yıl, Sera Gazı Referans Göstergesi, ikinci ısıtma bölgesindeki apartman blokları için, 43 kg eşd. CO₂/m².yıl'dır.

Buna göre ikinci ısıtma bölgesindeki apartman blokları için bina enerji sınıfı değerleri, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonuna göre çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1: Enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu miktarına göre enerji sınıfları.

Bina Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı (kWh/m ²)				Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı (kg/m ²)			
A			<	102			<	17,2
B	102	≤		< 204	17,2	≤		< 34,4
C	204	≤	Enerji Tüketim Miktarı	< 255	34,4	≤	Sera Gazı Emisyon Miktarı	< 43
D	255	≤		< 306	43	≤		< 51,6
E	306	≤		< 357	51,6	≤		< 60,2
F	357	≤		< 446,25	60,2	≤		< 75,25
G	446,25	≤		≤ 446,25	75,25	≤		≤ 75,25

Türkiye'nin de 5 Şubat 2009 tarihinde imzaladığı Kyoto Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamak için, karbon dioksit ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın emisyonunun azaltılmasını, bu yapılamıyorsa emisyon ticareti yoluyla haklarını arttırmayı gerektirmektedir (Url-2).

Kyoto Protokolü'nün en önemli maddesinde, Türkiye'nin de dahil olduğu Ek I'e dahil olan ülkelerin seragazı emisyonlarını, 2008-2012 yılı bütçe döneminde, 1990 seviyesinin %5 altına indirmeleri öngörülmüştür (Karakaya, Özçay, 2003). 2050 yılına kadar ise bu rakam minimum %15 olacaktır (Boermans, Petersdorff, 2007).

Türkiye'de nüfus artış hızının yüksek olması, işsizlik oranının çok olması, gelişmekte olan bir ülke olması ve kişi başına düşen sera gazı emisyonunun Dünya ve AB ortalamasının oldukça altında olması gibi nedenlerle 2012 yılına kadar herhangi bir sera gazı azaltma yükümlülüğü almamıştır. 1999 yılında Dünya'da kişi başına düşen yıllık CO2 emisyonu 3,83 ton iken, Türkiye'de 2,75 tondur. OECD ve AB üyesi ülkelerin ortalama değeri ise Türkiye'nin yaklaşık üç katıdır (Güçlü, 2005). Türkiye'nin kendi özel koşullarını göz önünde bulundurarak, kendi için çizdiği yol, 2020 yılına kadar sera gazı emisyonu oranlarını kişi başına düşen miktar olarak AB ile eşitlemek ve bundan sonra AB'ye paralel olarak düşürmektir. Türkiye 2020'ye kadar yıllık %7,5 kalkınma gösterirken, emisyon artış hızını %6'da tutacaktır (Şahin, 2007). Buna göre Türkiye'nin sera gazı emisyonu 2020'ye kadar %20 azaltıcı tedbirler alması, daha sonra ise AB'ye paralel gitmesi gerekmektedir.

4. KONUTLARDA DIŞ KABUĞUN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ VE EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Enerji Etkin Tasarım Parametresi Olarak Bina Kabuğu

Bina kabuğu, binanın iç ve dış çevresini ayıran eleman ve bileşenler bütünüdür ve konutların çoğunda, dış ortam boyunca kullanılan ısıtma soğutma ve havalandırma enerjilerinin en etkin belirleyicisidir. Enerji etkin kabuk, yapıda daha az enerji kullanılmasını ve yapıdan daha az sera gazı emisyonu oluşmasını olanaklı kılar (Amerika İklim Değişikliği Teknoloji Programı, 2003).

Vandenberg (1980) bina kabuğunu, iç çevreyi dış çevreden ayıran yapı elemanlarının bütünü olarak tanımlamış ve bina kabuğunun çevre, teknoloji, sosyo kültürel, fonksiyonel ve estetik faktörler gibi pek çok belirtece göre tanımlanabileceğini ifade etmiştir.

Bina kabuğu maliyeti, yapının inşa aşamasındaki maliyetlerin yaklaşık %10-20'sini oluşturmaktadır. Bina kabuğu, iklimin binayı doğrudan etkilemesini önleyen böylelikle binanın ayakta kaldığı surece içinde hedeflenen ortamı yaratmak için yapılan işletme maliyetlerinde en büyük rolü oynayan elemandır. Isıl performansın belirlenmesine artan ilgi enerji koruma ölçüleri ve yapı malzemeleri sektöründeki hızlı gelişmelerle beraber bina kabuğu tasarımını daha önemli hale getirmiştir (Rivard, Bedard, Ha, Fazio, 1999).

Konut ihtiyacının, hızla artan nüfusa ve ekonomik gelişmeye ayak uyduramaması, yönetmeliklerin ve kanunların gayri resmi ve tercihen uygulanması veya yetersiz oluşları, yapay çevreyi yaratmada bütünlüğü ve uygulama kalitesini düzensizliğe sokmuştur (Vandenberg, 1980).

Moore (1993) 1800' lerin başlarında, mimarının yeterli kaynak ve kısıtlı teknolojik imkanlarla üretildiğini açıklar. Mimarlar bina kabuğunu iç ve dış çevreyi ayıran başlıca ayırıcı olarak kullanmaktaydı. Bina kabuğu ısıl çevreyi kontrol etmede görev alıyordu ve içeride ısı sağlamak için bir ateş yakma yeri bulunuyordu. Mimarlar, bina kabuğunu tasarlarken, çevrenin mevcut durumunu göz ardı edemiyorlardı, çünkü

içeriye doğal ışık almak, iklimsel ve çevresel değişkenleri kontrol etmek bina kabuğuna bağlıydı. Endüstriyel Devrim ile bu değişti. Bu dönemde gelişen yeniliklerle, tasarımcılar yapıların formlarını oluştururken daha önce ele aldıkları kriterleri engel olarak görmediler. Böylelikle özenle hazırlanmış, pahalı iklimlendirme sistemlerine yönelme iklime duyarlı elemanlara sahip enerji etkin konutların yerini aldı (Moore,1993).

Givoni (1976) iç hava koşullarının mekanizmalarla kontrol edilmediği zaman, iç havayı ve malzemelerin yüzey sıcaklığını etkilediğini ve böylelikle yaşayanların konforuna doğrudan etkili olduğunu ifade etmiştir. Mekanik kontrol sistemleri kullanıldığı zaman, malzemelerin termofiziksel özelliklerinin sağlanan ısıtma ya da soğutma miktarında ve de yüzey sıcaklığında etkili olduğunu belirtmiştir.

Soğuk iklimlerde, konutların enerji tüketiminin çoğu ısıtma mevsimindeki ısı kaybından kaynaklanmaktadır. Isı kaybı genelde iletim ve hava infiltrasyonunun bina kabuğu özelliklerine bağlı olarak iletilmesinden kaynaklanır. Aynı zamanda, binanın dış yüzeyi opak ve saydam yüzeyleriyle güneşten ve atmosferden ışıyım enerjisi alır. Bu durumun olumlu ve olumsuz etkileri vardır. Dubin ve Long (1978) bina kabuğunun ısı özelliklerinin bu etkileri kontrol edecek şekilde, ısı kütlelerin, ısı direncin, yalıtım yerinin, dış cephe renk ve dokusunun, cam tür ve yerlerinin belirli bir kompozisyonda düzenlenebilmesiyle oluşturulabileceğini vurgular.

Enerji kullanımını etkileyen dış duvar, çatı, temel, pencere, kapı, iç bölme duvarlar, tavan, zemin malzemeleri yalıtımı, pencerelerin ve çatının optik kaplaması ve hafif ağırlıklı depo sistemlerini içeren ısı depo malzemelerini içerir (Amerika İklim Değişikliği Teknoloji Programı, 2003).

Bina kabuğunun özelliklerinin kontrolü, binaya ısı hava nem ve ışık akışını kontrol edebilmeyi sağlar. Bu akışlar, iç çevredeki enerji ve çevresel yükler HVAC ve dağıtım sistemlerinin büyüklüğünü belirler (Amerika İklim Değişikliği Teknoloji Programı, 2003).

Bina kabuğundan ısı geçişinde etkili olan bina kabuğunun özellikleri optik özellikler ve termofiziksel özellikler olmak üzere iki kategoride incelenebilir.

4.1.1 Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri ısıtma sisteminin de etkisiyle kabuğun opak ve saydam bileşenlerinden geçen ısı miktarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili olurlar. İç çevre iklimsel koşulları ve yapma ısıtma ve iklimlendirme yükleri bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir (Berköz ve diğ, 1995).

Opak ve saydam bileşenlerden oluşan bina kabuğundaki ısı geçişini etkileyen optik ve termofiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Opak ve saydam bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı
- Opak bileşenlerin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü
- Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı yutuculuk geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları
- Saydamlık oranı

4.1.1.1 Opak ve saydam bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı

Malzemeler fiziksel özelliklerine bağlı olarak ısı geçişine direnç (R) gösterirler. Bileşenin birim alanının belirli sıcaklıkta ısı geçişine gösterdiği direnç olarak tanımlanan R değeri genellikle bina kabuğu bileşenlerinin etkinliğinde nicelik belirten bir değer olarak kullanılır. R değeri binanın genel ısı özelliklerini değerlendirmekte tek başına yeterli değildir. Bu açıdan genellikle, toplam ısı geçirme katsayısı (U değeri) kullanılmaktadır (Givoni, 1976).

Bilindiği gibi, U değeri bina kabuğunun hem opak, hem saydam bileşenlerine ilişkin bir termofiziksel özelliktir. Farklı iki çevreyi ayıran bir bina bileşeninin iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C iken, 1 m² alandan, bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanır.

4.1.1.2 Opak bileşenin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler, ısı depolayabilme özelliklerinden dolayı bina kabuğunun opak bileşenleri için mümkündür. Bu iki özellik, bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları (λ), kalınlıkları (d), yoğunlukları (ρ), özgül ısıları (c) ve ısı kapasiteleriyle (ρc) ilgilidir.

Güneş ışıınımı ve dış hava sıcaklığının birleşik etkisini ifade eden sıcaklık sol-air sıcaklık olarak adlandırılır. Gün içinde kabuk bileşenini etkileyen maksimum sol-air sıcaklığın etkisinin, bileşenin iç yüzünde maksimum yüzey sıcaklığını oluşturunca kadar geçen zaman süresine zaman geciktirmesi adı verilir. Genlik küçültme faktörü ise, gün içinde ele alınan bileşene ilişkin maksimum iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklıkları farkının, maksimum sol-air sıcaklık ile ortalama sol-air sıcaklık farkına oranı olarak tanımlanmaktadır.

4.1.1.3 Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışıınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları

Cam duvar, çatı gibi kabuk bileşen yüzeylerinin güneş ışıınımı ile olan ilişkisi bina kabuğunun optik özellikleri ile tanımlanabilir. Kabuk malzemesinin opak ve saydamlık özelliklerine göre yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık özellikleri değişmektedir.

Yutuculuk katsayısı bileşen tarafından yutulan, geçirgenlik katsayısı bileşen tarafından geçirilen, yansıtıcılık katsayısı ise bileşen tarafından yansıtılan güneş ışıınımı miktarının, bileşenin dış yüzeyine gelen toplam güneş ışıınımına oranını ifade etmektedir. Bina kabuğunun, dış yüzeyine düşen güneş ışıınımı, kabuğun optik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür (Kocaaslan, 1991). Güneş ışıınımına karşı yutuculuk (a), geçirgenlik (τ), yansıtıcılık (r) katsayıları boyutsuz katsayılardır ve aşağıdaki şekilde ifade edilirler;

Opak bileşenler için;

$$a_o + r_o = 1 \quad (4.1)$$

Burada; a_o = bileşenin yutuculuk katsayısı, r_o = bileşenin yansıtıcılık katsayısıdır.

Saydam bileşenler için;

$$a_c + r_c + \tau_c = 1 \quad (4.2)$$

Burada; a_c = saydam bileşenin yutuculuk katsayısı, r_c = saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısı, τ_c = saydam bileşenin geçirgenlik katsayısıdır.

4.1.1.4 Saydamlık oranı

Saydamlık oranı, bina kabuğu aracılığıyla güneş enerjisinden yararlanma konusunda önemli bir parametredir. Saydam ve opak yapı bileşenlerinden oluşan bina kabuğunda, saydam bileşen alanının, bina elemanı alanına oranına saydamlık oranı denir (Zeren, Berköz, 1987).

Bina kabuğundan kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarının belirlenmesi için, yukarıda açıklanan optik ve termofiziksel özelliklere ait değerlerin belirlenmesi gerekir.

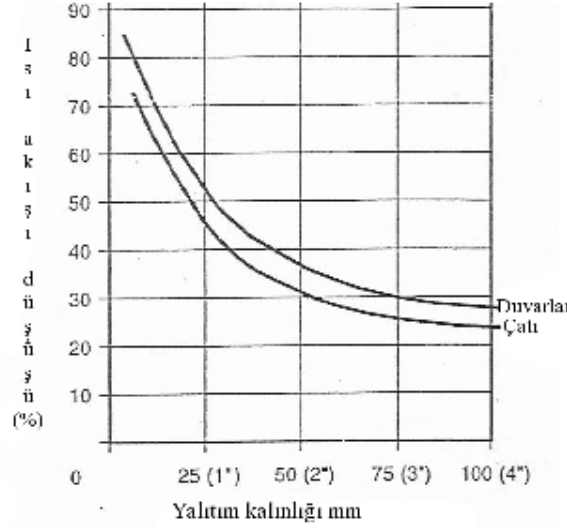
4.2 Bina Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi

Mevcut konutlarda dış kabuğun, enerji etkinliğinin iyileştirilmesi, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinin yanında, bina kabuğuna entegre edilebilecek fotovoltaik panel gibi aktif sistem elemanlarının eklenmesiyle de gerçekleştirilebilmektedir. Bu tez çalışmasında, mevcut konutların dış kabuğunun enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek seçenekler, opak kabuk bileşenlerinin uygun hale getirilmesi, saydam kabuk bileşenlerinin uygun hale getirilmesi, güneş kontrolünün yapılması ve bina kabuğuna güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla yenilenebilir enerji kullanan paneller eklenmesi olarak dört kısımda ele alınmıştır. Bu öneriler aşağıda başlıklar şeklinde açıklanmıştır.

4.2.1 Opak bileşenlerin enerji etkin iyileştirilmesi

Mevcut konutların opak bileşenlerinin enerji etkinliğini artırırken kullanılan teknikler, mevcut kabuğa yalıtım malzemesi eklenmesi veya bileşenin tamamen değiştirilmesi gibi teknikler olabilmektedir. Malzemelerin yalıtım özellikleri, onların 'R' değeriyle gösterilen ısı transferi direnciyle, hava akışı direnciyle ve su buharı geçirimi, yanma özellikleri gibi diğer fiziksel özellikleriyle bağlantılıdır.

Yalıtım malzemelerinin kullanılmasındaki en önemli etken, onların ısı geçişini azaltma etkisidir. Şekil 4.1'de yapılan bir çalışma sonucunda, kabuktan ısı akışının yalıtım malzemesi kalınlığıyla ilişkisi verilmektedir.



Şekil 4.1: Artan yalıtım kalınlığı ile ısı akışı düşüş ilişkisi (Smith, 2001).

Bu çalışma ısı akışının, yalıtım malzemesi miktarıyla doğru orantılı olmadığını göstermiştir. Granum (1976) yalıtım malzemesinin kalınlığını artırmanın her zaman uygun metot olmadığını, bir ekonomik sınır olduğunu vurgulamıştır. Sebep ve etki ilişkisine bağlı olarak bir optimizasyon yapılmalı ve binanın hem yapım hem de işleme evrelerinde olumlu olacak şekilde yalıtım malzemesi ve kalınlığı seçilmelidir.

Floridesa, Tassou, Kalogirou ve Wrobell (2002) binayı ısıtmanın ana hedef olması durumunda, yalıtımın en önemli faktör olduğunu iddia etmektedir. Soğutmanın ana kriter olduğu iklimlerde ise, ısı kütlenin gündüz depoladığı enerjiyi gece doğal veya mekanik yollarla masif duvardan veya çatıdan dışarıya atıldığı durumda, bina enerji yükünü azaltabileceğini açıklamıştır. Yalıtım uygulamalarında dikkat edilecek önemli husus, yapıyı kesintisiz yalıtarak ısı köprülerine sebebiyet vermemektir.

Genellikle ısı geçişine hızlı cevap veren malzemeler hafif malzemeler, yavaş cevap veren ve ısı depolayan malzemeler ise ağır malzemeler olarak nitelendirilmektedir (Ferrari, 2007). Isıl depolama kapasitesi yüksek malzemeler, konuttaki ısıtma ve soğutma yüklerinin pik noktasının değerini ve oluştuğu zamanı değiştirebilmektedir. Bina kabuğunun opak elemanlarının değiştirilerek, ısı depolama kapasitelerinin artırılması, konutların enerji performansını artırmada kullanılabilecek seçeneklerden biridir. Bu seçeneğe iklim bölgelerine bağlı olarak ön tasarım aşamasında karar verilmelidir.

4.2.2 Saydam bileşenlerin enerji etkin iyileştirilmesi

Cam tabakası olarak nitelendirebilecek ‘glazing’ kelimesi Brown ve Ruberg (1988) tarafından, güneş ışığını geçirirken belirli bir miktarda ısı tutan malzemeler olarak tanımlanmıştır. Geçirgen malzemeler, cam akrilik, fiber glass vb. Pek çok malzemeyi kapsar. Farklı cam tabakası malzemelerinin çok fazla özel uygulamaları olmasına rağmen, camın güneş ışıınının alınmasında iyi bir eleman olduğu kanıtlanmıştır.

Lampert (1990) cam seçiminin toplam geçirgenliği, spektral özellikleri ve doğrultusal özellikleri etkileyeceğini vurgulamakta ve geniş pencere aksesuarlarının, değişen dış çevre koşullarına ve içerideki ihtiyaçlara cevap verecek şekilde, camın özelliğini değiştirebileceğini eklemektedir.

Pencerelerin performansının güçlendirilmesi, onların mümkün olan, enerji kontrolü fonksiyonları gözlemlenerek yapılabilir. Bunlar, pasif solar ısınma, aydınlatma, gölgeleme, yalıtım, hava geçirimsizlik ve doğal havalandırma fonksiyonlarıdır (Givoni, 1976) Bu fonksiyonlar hem konutun enerji performansında hem görsel konforun sağlanmasında etkilidir. Doğru pencere sistemi seçimiyle bu iki faktör kontrol altına alınabilir.

Son yıllara kadar pencerelerde genelde duru cam kullanılmaktaydı. Cam gün ışığının büyük miktarını içeriye geçirmesine rağmen, ısı akışına direnci azdır. Fakat son yıllarda cam teknolojisinin gelişmiştir ve araştırmalar sonucu camların enerji verimliliği ve performansı güçlendirilmiştir. Amstock (1997), cam tabakası ürünlerinin gelişme sürecini vurgular ve kaplama malzemesi olarak camın evriminde duru camı ilk nesil cam olarak tanımlar. 1930’ların ortalarında, aralarında sızdırmazlığı sağlanmış çift tabakalı camlar kullanılmaktaydı.

Amstock (1997)’un tanımına göre ikinci nesil camlar, 1930’ların sonlarına doğru ısı tutucu ve yansımayı azaltıcı camlar olarak ortaya çıktı. Bunların gölgeleme verimlilikleri ilk nesil camlara göre düşüktü ve bunlar çok fazla miktardaki güneş parlaklığını düşürebilmekteydi. 1940’larda ve 1950’lerde ise, daha öncekilerin tersine, düşük emisyonlu camlar üretildi. Amstock (1997), üçüncü nesil camları ise, güneş enerjisi geçirgenliğini kontrol etmede önemli bir faktör olan, yansıtıcı özelliğe sahip olan camlar olarak tanımlamıştır.

Günümüzde pek çok pencere sisteminde, günışığını geçiren fakat istenmeyen ısı geçişini önleyen film tabakaları kullanılmaktadır. Kripton gazı dolgulu camlar, üçlü

camlar, düşük emisyonlu camlar, elektrokromik camlar, fotovoltaiik filmle kaplı camlar cam endüstrisinin sunduğu bazı gelişmiş seçeneklerdendir. Düşük emisyonlu camlar, pencereden geçen ısıyı azaltmak için özel tabakalara sahiptirler. Bu tabakalar incedirler ve genellikle görünmeyen metal oksitlerden veya camın bir veya daha çok yüzeyine kaplanan yarı iletken filmlerdir veya iki veya daha çok panel üzerine yerleştirilen plastik filmlerdir (Sürmeli, 2004).

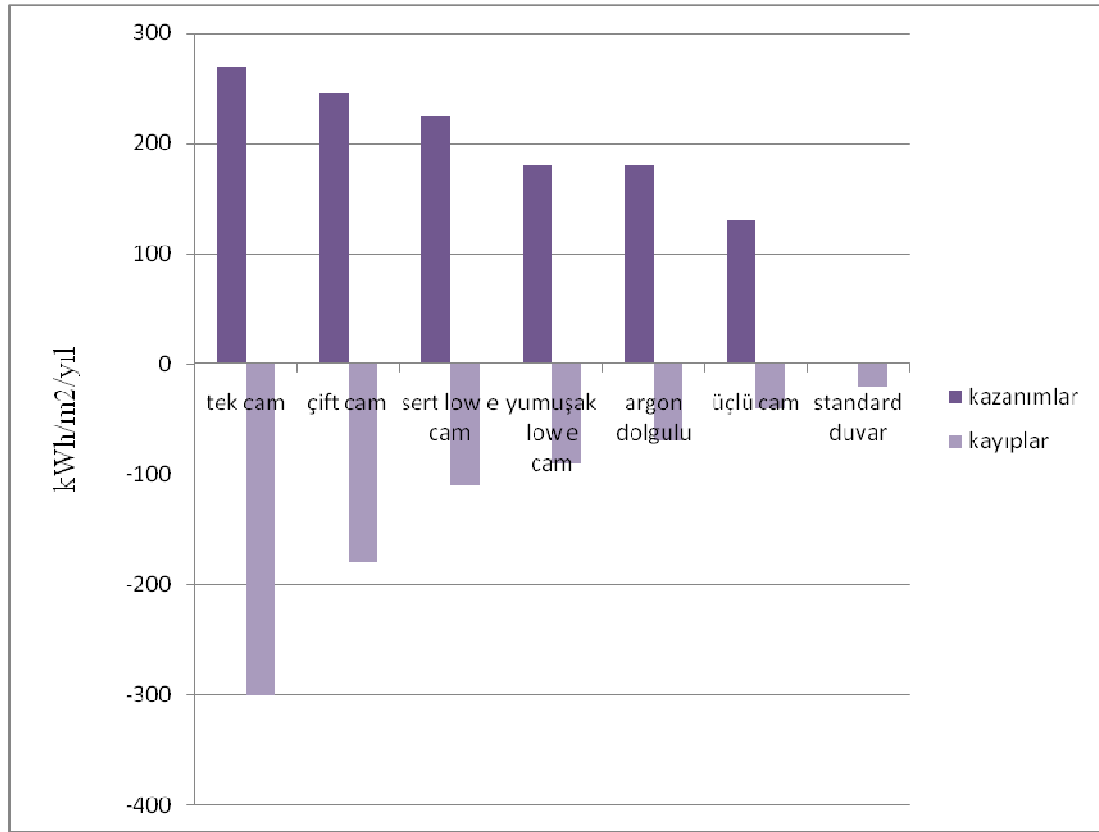
Film tabakaları genellikle, pencerenin arasındaki hava boşluğuna konulur ve camın panelleri arasındaki ısı akışını azaltır. Çift tabakalı bir camın arasına konulduğunda, düşük emisyonlu tabaka camın iç panelindeki dış yüzeye konulur ve böylelikle, ısıtma döneminde ısıyı yaşam odasına geri yansıtır. Aynı tabaka, soğutma döneminde ise, ısı kazanımını azaltacaktır (Tuluca, 1997).

Amstock (1997), yansıtıcı astarların berrak camdan geçen gün ışıınımını azalttığını ileri sürmektedir. Isıdan daha çok ışık blok etmelerine rağmen, yansıtıcı yüzeyler, renkli veya berrak cama uygulandıkları zaman, aynı zamanda ısı transferini de yavaşlatabilir. Yansıtıcı yüzeyler, genellikle, güneş kontrolünün kritik olduğu, sıcak iklimlerde uygulanmaktadır, ancak bu durumda, konutun soğutma yükleri azalırken, aydınlatma yükleri artabilmektedir.

Kontrollü veya akıllı camlar, binanın ihtiyacına göre enerji akışını yönlendirebilecek, duruma göre değişebilen optik özelliklere sahiptirler ve binaların enerji etkinliğini güçlendirebilirler. Güneş ışıınımına ilişkin değişkenlere veya görülebilir geçirgenliğe sahip camlar kullanmak, geçirgenliğin konutun enerji yüklerini artıracak zamanlarda güneş ışıınımı geçişini engelleyebilirler, güneş ışıınımının binaya olumlu etki yapacağı zamanlarda ise içeri alabilirler (Sürmeli, 2004).

Pencerelerden geçen ısı, iç çevredeki ısı konforu koşullarını önemli ölçüde etkilemektedir. Isı geçişinin miktarı ve karakteri, camın özellikleriyle ilgilidir. Işık geçirgenliği(τ), toplam güneş enerjisi geçirgenliği(g), gölgeleme katsayısı ve ısı kayıp faktörü(U), etkinliği ölçmedeki parametrelerdir (Daniels, 1997).

Şekil 4.2’de Armines’ten Peuportier tarafından aktarılan bir araştırmada, ılımlı bir iklim bölgesi için güneyde bulunan cam yüzeyin 1 m² sinden ısı kazancı ve kayıpları gösterilmiştir. Bu araştırmada sonuç olarak, güney cephelerde sert kaplamalı, diğer cephelerde ise yumuşak kaplamalı camların kullanılması önerilmiştir (Armines, 2006).



Şekil 4.2: ılımlı iklimde 1m2 güney cephede bulunan camda kazançlar ve kayıplar.

Güney cephede bulunan camlı mekanlar, pasif yollarla güneş ışınımından faydalanma sağlar. Güney cephede camlı ara mekanlar oluşturmak, konutlarda yenileme yapılırken güneş enerjisinden faydalanmada önemli seçeneklerden biridir. Ana yenileme problemlerinin, enerji tasarrufu ile birlikte çözülmesini sağlar. Örneğin, balkonların camlanması enerji tasarrufu sağlarken, ışık ve ısı gibi doğal kaynaklarını kullanarak konut içinde yaşayanların konfor koşullarını iyileştirebilir. Pek çok yenileme projesinde güneşlik, ya da camlı balkon kullanılarak, konutun güneşten yararlanması artırılır ve ısıl ara geçiş bölgesi yaratılarak, havalandırma için ön ısıtılmış hava sağladığı bilinmektedir. Camlı balkonlar aynı zamanda kullanım kolaylığı sağlar. Mekanın çekiciliğini güçlendirmesi ve enerji etkinliği sağlaması, mevcut konutlarda balkonların camlanması için iki nedendir (Wilson ve diğ, 1998). Bu yolla kazanılan enerjiyi artırmak için, yönleri güneye ya da güneyden 30 derece sapmayla yönlenmesi, gece mekanda havalandırma yapılması, yazın aşırı ısınmaya karşı dikkatli olunması gereklidir (Url-3).

Örneğin, Arjantin'in ılımlı iklime sahip Mendoza şehrinde Ganem ve Esteves (2003) tarafından yapılan bir araştırmada, yapının güney cephesi tamamen balkondan oluştuğu durumda balkonun cam ile kapatılması durumunda %83, güney cephesinin

yarısının balkondan oluştuğu durumda ise %71 binanın enerji ihtiyaçında azalma gözlemlenmiştir.

Camlı mekanlar, gün boyunca güneş ısısını emerler ve bina bundan iki şekilde faydalanır; ani etki ve gecikmiş etki. Toplanmış ısını dolaylı kullanımı bitişik mekanın havalandırılması için ön ısıtımly hava sağlamasına ek olarak, balkonun yıl boyunca yaşama mekanına ek olarak kullanımının imkanı sağlar. İkinci katkı gece gerçekteşecektir. Balkonun opak elemanları tarafından depolanan ısı, bitişik mekana ve balkona yavaşça verilir böylece içerinin sıcaklığı artar ve iletim ışıma yoluyla dışarıya olacak kayıplar azalır (Ganem, Esteves, 2003).

Aynı zamanda balkonların camlanması cepheyi rüzgara ve çevresel etmenlere karşı koruyabilmektedir. Camlar ve balkondaki hava aynı zamanda bir yalıtım olarak davranır ve binaya girecek havanın ön ısıtmadan geçmesini sağlar. Kışın hava akımlarının azaltılarak daha yüksek iç sıcaklıklar sağlanabilmektedir. Balkonların camlanmasında 180 derece döndürülebilen çift taraflı enerji etkin cam kullanılarak yaz ve kış durumlarında daha uygun sonuçlar elde edilebilir. Balkonlar kapatılırken fotovoltaiik panel kullanılması güneş enerjisinin kullanılmasında ve depolanmasında başka bir çözümdür (Url-4).

4.2.3 Güneş kontrol elemanlarının kullanılması

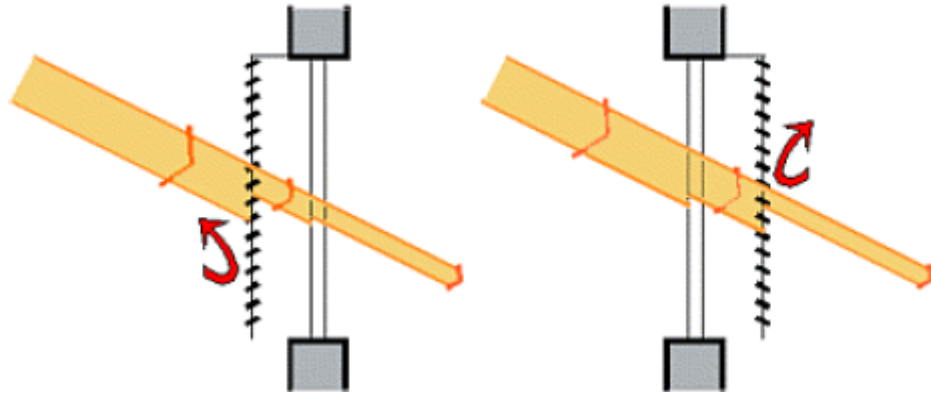
Konutlarda güneşin ısıl ışınlamalarının etkilerinden korunmak için uygulanacak en etkili kontrol, ışınlamaların yapı kabuğu düzenlemede (camlar) ve kabuk içerisinde (perde, jaluzi) kontrolünden önce yapı kabuğunun dışında kontrol edilmesidir. Cepheye değmeden yakalanan ışınlamaların yansıtılarak geri verilmesi mevsimlik güneş yörünge ve açlarına göre güneş kontrol elemanlarının esnek ve hareketli olması güneş kontrolünün performansını artırmaktadır. Bu nedenle binanın yeri, konumu, enlemi, yönlenmesi, etkin bir güneş kontrol sisteminin tasarlanması açısından önemlidir (Soysal, 2008).

Güneş kontrol elemanları olarak, değişik performanstaki güneş kontrol elemanları olan, kepenkler, storlar, yalıtımlı kepenkler, tenteler, jaluziler ve perdelerin yanı sıra derin balkonlar, yatay saçaklar, dikey güneş kontrol elemanları – kanat duvarları, yatay ve dikey elemanların birleşimi olan kompozit elemanlar kullanılmaktadır (Soysal, 2008).

Givoni (1976) pencerelerin iç ısıl konforu sağlamada büyük öneminin olduğunu ifade etmiştir. Cam bir yüzeyden güneş ısı kazanımı oldukça önemlidir ve bu etki gecikme olmadan hissedilir. Konut içinde ısıtmanın istenmediği zamanlarda güneş kontrol elemanları kullanılarak, pencerelerin ısıl etkisinin şekillendirilmesi olanaklı olmaktadır.

Güneş ışığı için yapılabilen basit tasarımlarda, güneş kontrolünün yatay ve dikey elemanlar olmak üzere iki türü vardır. Bunlar pencere önüne yerleştirilebilecek mazgallar perdeler olabileceği gibi, saçak çıkma gibi cephe elemanları haline de gelebilirler (Givoni, 1976).

Güneş kontrolünün konut performansına etkisi, camın türüne göre, içeride veya dışarıda oluşuna göre, cephede bulunduğu yöne bağlıdır. Dışarıda bulunan güneş kontrol elemanları, pencerenin dışında bulunan olumsuz iklimsel özellikleri kontrol etme avantajına sahiptir. Bunun sonucu, güneş ışınlamından emilen ısı gibi, fazla yükler içeriye alınmadan dışarıda dağıtılır. Güneş kontrol elemanlarının boyutu ve şekli, yayının miktarı, doğrudan ışınlım ve pencerenin yönünden etkilenir (Givoni, 1976).



Şekil 4.3: Güneş kontrol elemanının camın önünde ve arkasında kullanıldığı durum.

Güneş kontrol elemanı katlanabilen gölgelikler, jaluziler gibi perde şeklinde içeride olduğu zaman ise, güneş ışınlımı, kırıcıya gelmeden camdan geçer. Bu kırıcıların ulaşılabilirlik gibi bir avantajı vardır. Bu özellik, konutun içinde yaşayanların, dışarıdaki havaya veya içerideki duruma göre kırıcıları kontrol edebilmesini sağlar (Givoni, 1976).

Güneş ışınlımının kontrolünde kullanılan sabit elemanlar, güneş kontrolünün değişen amaçlarına tam olarak cevap veremezler. Yazın yüksek koruma sağlayan bir sistem, kışın aydınlatmayı engelleyebilir. İlkbahar ve sonbaharda ise, soğutma yüklerinde

düşüş, ısıtma yüklerinde artış gözlemlenebilir. Mekanik sistemler ise, maliyetinin yüksek, ömrünün kısa olması gibi dezavantajları olmasına rağmen, değişen hava durumuna göre değişiklik gösterebilir (Georg ve diğ, 1998). Dış mazgallar gibi hareketli türler, jaluziler, perdeler değişen güneş açısına ve hava koşullarına göre güneş kazanımını uzun zaman modüle edebilir. Bu tür kırıncıların kontrolü otomatik olarak veya manüel yapılabilir. Otomatik sistemlerin en etkili olanları bina enerji yönetim veya ışık hafifletme sistemine bağlı olanlardır (Tuluca, 1997).

4.2.4 Bina kabuğuna yenilenebilir enerji kullanan paneller eklenmesi

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle, güneş enerjisini bina içinde kullanılabilecek elektrik enerjisine dönüştüren paneller ve binanın sıcak su ihtiyacını karşılamakta kullanılabilecek sistemler bina kabuğuna entegre edilebilir hale gelmiştir. Genelde konutların çatılarına konulan güneş kolektörleri, konut sıcak suyunun belli bir kısmını sağlarken, konutların çatı, cephe gibi farklı yerlerine konulabilecek fotovoltaiik paneller (PV) konut içinde kullanılabilecek ya da şehir şebekesine geri verilebilecek elektrik enerjisi üretmeyi sağlamaktadır.

- **Güneş Kolektörleri**

Bina kabuğundan ve havalandırmadan kaynaklanan ısı kayıpları kışın çok fazla olmaktadır, konuttaki sıcak su talebi genelde sabittir. Binanın yazın aldığı ısı miktarı çok fazla olduğundan, ısıyı daha uzun süre depolamanın mümkün olmadığı durumlarda güneş kolektörlerinin konut sıcak su talebinde kullanılması uygundur. Ülkemizde genellikle konut çatıları üzerine düşen gölgenin az olması ve kazan koymak için yere sahip olması nedeniyle güneş kolektörleri yerleştirmek için tercih edilmektedir. Kolektörler güneş ışımasını en fazla alacak şekilde güneye bakmalı ve uygun açıyla yerleştirilmelidir. Dalenbäck (2007) tarafından TREES bünyesinde yapılan araştırma sonuçlarına göre, bu yolla yazın konutlarda sıcak su gereksiniminin %100 ü karşılanabilirken, örneğin Güney Avrupa’da yıllık sıcak su ihtiyacının %30-70 arası sağlanabilir. Konutlarda sıcak su ısıtmada kullanılan enerji toplam enerji giderlerinin önemli bir payını oluşturabilmektedir. Güneş kolektörleri ile konutların sıcak su ihtiyacının büyük ölçüde karşılanabileceği düşünülürse, bu sistemler elektrik ya da doğal gaz sistemlerine göre daha hesaplı olabilmektedir. Güneş kolektörüyle su ısıtmada aktif ya da pasif sistem kullanılabilir. Aktif sistemde, güneş ışığı kolektörün üzerine düştüğü zaman, sensorlar ve kontrol suyu ya da soğuk iklimlerde antifriz

sıvıyı çevirmesi için pompayı aktive eder. Sıvı, deponun altında bulunan soğuk kısım tarafından ısıtılmak için kolektöre çekilir ve deponun üst kısmına geçirilir. Depodaki su, kolektördekinden sıcak olduğu zaman, sensor ve kontrol pompayı kapatır. Pek çok aktif sistemde, solar sistem kendi su deposuna sahiptir ve bunu birincil sistem olan gaz ya da elektrikle ısıtma sistemine iletir (Dalenbäck, 2007).

Pasif sistem, güneş kolektörü ve depoyu tek bir ayrı sistemde, konvansiyonel elektrik ya da gaz su ısıtıcı depo tankından ayrı olarak birleştirir. Depo kolektöre doğrudan bağlı olabileceği gibi, suyun termosifon sistemindeki gibi doğal çevrimine elverecek şekilde, kolektörün üstünde de bulunabilir. Pasif sistemde güneş ışıını suyu ısıttıkça yükselmesi için pompa veya kontrol bulunmaz. Sıcak su kullanıldığı zaman, pasif güneş depo tankındaki su, konvansiyonel su veya elektrik su ısıtıcı depo tankına çekilir, böylece elektrik veya gaz sistemine ihtiyaç önlenebilir. Güneş su ısıtıcı sistemlerinin işletim maliyetleri, konvansiyonel su ısıtıcılardan oldukça düşüktür ve yenilenebilir enerji kaynağı kullandıkları için hava su ve çevre kirliliğine her hangi bir artırıcı etkileri yoktur (EPA, 2001).

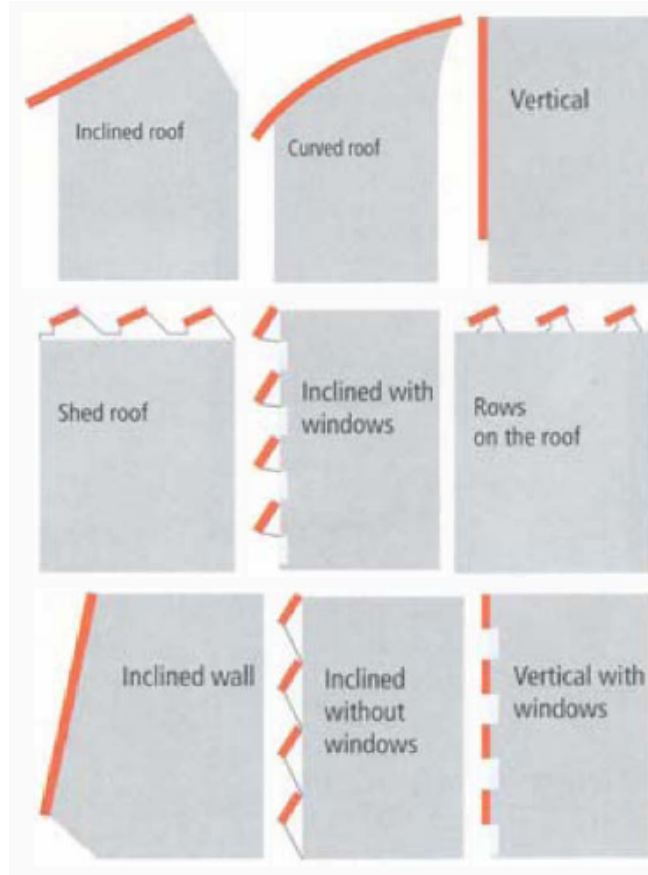
- **Fotovoltaikler sistemler**

Enerji etkin bina kabuğuna sahip konutlar, enerji ihtiyaçlarını büyük ölçüde azaltmalarına rağmen, aydınlatma, ev gereçleri için elektriğe ihtiyaç duyarlar. Fotovoltaik sistemler, güneş ışığından olarak elektrik enerjisi üretebilen yarı-iletken malzemelerdir. Güneş hücreleri olarak da adlandırılan fotovoltaik hücrelerin boyutları ve formları üretim özelliklerine göre değişse de yaygın olarak kullanılan boyutları 10x10 cm'dir ve kalınlıkları ise mikron metre ile ölçülecek kadar incedir. Bunların birden fazlasının bir araya getirilmesiyle fotovoltaik sistemler (PV) oluşmaktadır. PV'lerde üretilen elektrik, aydınlatmada kullanılabilir, pillerde depolanabilir, ya da şehir şebekesine satılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynağı kullandıkları, elektrik fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı olmadıkları, binanın değerini artırdıkları, sessiz çalışıp, sera gazı emisyonu yapmadıkları için PVlere olan talep tüm dünyada artmaktadır.

Konutların cephesindeki ya da çatısındaki bir elemanı PV ile değiştirmek, ilk yatırım maliyetini düşürür ve elektrik enerjisinin ucuz yolla elde edilmesine olanak sağlar. Bina kabuğuna monte edilen PV'ler pek çok şekil, renk, fiyat ve verimlilikte bulunurlar.

Binanın bulunduğu enleme göre, güneş ışınımını en iyi alabilecek şekilde yerleştirilmeleri verimliliklerini sağlar. Çatıda, cephede, balkonda, güneş kontrol elemanlarında, camlarda kullanılabilir. Mevcut bina kabuğu üzerine eklenebileceği gibi, başlı başına cephe elemanı olarak da kullanılabilir. PV'ler binanın elektrik ihtiyacına göre boyutlandırılır. Üretilen elektrik pillerde depolanabilir ya da şehir şebekesine verilebilir. Yani PV'ler şehir şebekesine bağlı olarak veya da kendi başlarına çalışabilir. Şehir şebekesine bağlı olanlarda ilk yatırım maliyeti yarı yarıya düşebilmektedir (Wyckmans, 2006).



Şekil 4.4: Bina kabuğuna fotovoltaik sistem(PV) eklenmesi.

PV Sistemleri, devredeki voltajı artırmak için seri veya paralel olarak bağlanabilir. En düşük çıktıyı sağlayan PV hücresi, bütün PV modüllerinin çıktılarını belirler. Binaya düşen güneş ışınımı miktarı, bina tasarımı, bina fonksiyonu, elektrik ihtiyacı, grid bağlantısı, teşviklerin varlığı, her projede kullanılacak, PV modülünü ve türünü belirler. Günümüz teknolojisiyle üretilen PV'ler genellikle üçe ayrılmaktadır. Bunlar; monokristalin PV, polikristalin PV ve amorfus PV dir (Wyckmans, 2006). Verimlilikleri yaklaşık olarak sırasıyla %15, %13, %7 dir (The Australian Photovoltaic Industry Roadmap Data: Danish Technology Institute& BCSE,2004).

4.3 Bina Kabuğunun Performansının ve Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Bina enerji performansı, var olan ya da önerilen bina için kullanılan veya tüketilen enerji olarak ele alınabilir (Hong ve diğ, 2000). Konut tasarlanırken, problem saptanmalı, alternatif cevaplar üreterek, performans değerlendirmesi yapılmalıdır. Konut enerji yükünü azaltacak seçenekler belirlenip, bunların sonucu alınarak bina performansının değerlendirilmesinde, ısı yüklerinin davranışını incelemek, yaşam döngüsü değerlendirmesi yapmak, sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapmak ve maliyet analizi yapmak başlıca araçlar arasında gelir. Bu bölümde bu araçlardan bahsedilecek ve maliyet etkinliği değerlendirme incelenecektir.

4.3.1 Isıl yüklerin değerlendirilmesi

Bina kabuğunun ısı performansı saptanırken sadece kabuktan geçen ısı miktarı değil, aynı zamanda geçiş süresi de önemlidir. Hafif strüktürlü yapılar gibi düşük ısı kapasiteye sahip kabuklar, dışarıdaki ısı değişimlerini hemen hemen hiç bir gecikme süresi olmadan içeriye hissettirecektir. Bu dışarıdaki değişimlere cevap verebilecek bir ısıtma ya da soğutma cihazını gerektirecektir. Diğer taraftan, masif yapılar gibi ısı kütlesi yüksek bir yapı, dışarıdaki sıcaklık değişimlerinin binayı etkileyişini geciktirecek ve HVAC sisteminin kapasitesini ve cevap verme hızını düşürecektir (Vandenberg, 1980).

Binaların depolama özelliklerinin pratik tecrübeleri 2000 yıldan fazla süredir, iklim ve soğutma özelliklerinden faydalanarak daha konforlu çevreler sağlamada önemlidir. Yüksek depolama özelliğine sahip binalar, enerji ihtiyaçlarını önemli miktarda azaltabilirler (Daniels, 1997).

Konut enerji performansını maksimize edebilmek için geliştirilen bina enerji simülasyon programları, konutların enerji değerlendirmeleri yapılırken kullanılan önemli araçlardandır. Bu simülasyonların temel teorisi, ısıtma havalandırma ve iklimlendirme yüklerinin ve gerekli enerjinin hesaplanmasına dayanır. Bina kabuğu, HVAC sistemleri, aydınlatma ve kontrol elemanlarını içeren konfor ve enerji tüketimi ile ilişkili ısı tabanlı dinamik etkileşimi hesaplamaya yönelik olan simülasyon programları genellikle saatlik bazda ve her zon için ayrı yük hesaplamaları yapmaktadır (Hong ve diğ, 2000). Yük hesabının temel amacı ise, bir binada HVAC için gerekli yıllık maksimum ısı yüklerinin hesaplanarak buna uygun

ekipmanın yerleştirilmesi ve toplam enerji sarfıyatının önceden belirlenmesidir (Hui, 1998).

4.3.2 Yaşam döngüsü değerlendirmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir malzemenin ya da ürünün, ham madde halinin fabrikaya taşınarak işlenmesinden başlayıp, kullanılacağı yere taşınma, kullanım ve nihai atık haline gelmesini kapsayan tüm hayatını (başka bir tabirle “beşikten mezara”) ele alarak çevresel etkilerinin değerlendirilmesini içerir. Bu etkiler, ürünün yaşam döngüsü boyunca hem doğal kaynak kullanımını, hem de çevre kirliliğine sebebiyet veren emisyonları kapsar. Yaşam döngüsü değerlendirmesi farklı seçeneklerin çevreye ve insan sağlığına etkilerini değerlendirebilmeyi sağlar (Hong Kong Housing Authority, 2004).

Son yıllarda binalar için çevresel değerlendirme metodlarına olan ilgi ve araştırmalar önemli biçimde artmıştır. Suzuki ve Oka(1998), modern binaların, genellikle farklı malzemelerden faydalanan, büyük ölçekli yapılar olduğunu ve onların yapılandırılmasının pek çok sektörde etkilerinin olduğunu iddia etmektedir.

Günümüzde yaşam döngüsü değerlendirmesi yapmak için pek çok bilgisayar programı geliştirilmiştir. Yaşam döngüsü analizi (Life Cycle Analysis (LCA)) araştırmalarında, çevresel etkiler tek ilgi alanı değildir, nadiren karar verici sistem endüstriyel ya da araştırma önemidir. LCA deki amaç ürün değerlendirmesi ya da özellik karşılaştırması yapmaktan çok farklıdır. Ürün sadece kendisi olarak değil, üretim metodu, tesisi, üretmek için kullanılan destek sistemi, nakliyesi, korunması, bakımı, geri dönüşümü veya atılması süreçlerinin her birinde değerlendirilir. Cole ve Kernan (1996), yapı malzemelerinin çevreye verdiği zararları kapsamlı ve güvenilebilir biçimde ölçen merkezlerin olması gerektiğinin öneminden bahseder.

Yaşam döngüsü analizi, binanın varoluşundan, yok oluşuna kadar olan süreçte çevreden alıp çevreye verdiklerinin değerlendirilmesidir. Genellikle, yaşam döngüsü safhaları, üretim, inşa, bakımı ve tamiri de kapsayan yaşam, yenileme, yıkım ve tekrar döngüye katılım şeklindedir (Aygün, 2003). Daha spesifik olarak, binanın yaşam döngüsü enerji kullanımı, dört evreye ayrılabilir. Bunlar, binayı üretmek için harcanan enerji, yaşamı boyunca binayı yenilemek için harcanan enerji, binayı işletmek için harcanan enerji, binanın etkin yaşam süresi dolduğunda, binayı yok etmek için harcanan enerjidir.

Cole ve Kernan (1996)'a göre, işletim enerjisi, enerji kullanımı döngüsünün en büyük bileşenidir. Bunların ötesinde çevresel faktörler konut tasarımında önceliklerden biri olmalıdır ve konut üretirken maliyet artsa bile bu konudaki standartlar geliştirilmelidir.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi çevresel durumu değerlendirmek ve malzemenin yaşam süresince potansiyel etkilerini görmek için aşağıdaki basamaklar kullanılarak yapılan bir tekniktir (Hong Kong Housing Authority, 2004).

- Ürünün ya da sistemin ilgili girdi ve çıktıların dökümünü toplamak
- Bu ilişkili girdi ve çıktıların çevreyle etkileşim potansiyelini değerlendirmek
- Çalışmanın amacına göre, yapılan döküm analizlerinin ve etkileşim değerlendirmelerinin sonuçlarını yorumlamak

LCA fikri 1960'ların sonuna doğru endüstriyel sistemlerin 'beşikten mezara' olarak nitelendirilen tüm yaşamları boyunca performansını iyileştirmek için ortaya atılmıştır. LCA ürünlerin çevresel performansını artıran, karar vermeyi ve faydalananlar için uygun imajı güçlendirmeyi sağlayan önemli bir araçtır.

Günümüzde 'Kyoto' çevresel parametrelerde, enerji tüketiminden daha önemli bir hale geldiği için, karşılaştırmalı çalışma CO2 emisyonunu da gözden geçirilmelidir (Hong Kong Housing Authority, 2004).

LCA'da, ürünler malzemelerini ve enerji dengelerini değerlendirmek için bir sistem olarak modellenir (Chevalier, Le Teno 1996). Geleneksel LCA modelleri paketleme ve kimya gibi sektörlerde endüstriyel ürünlerin değerlendirilmesi için üretilmiştir. Bu yüzden inşaat sektörü gibi yapısal sektörlerde uygulama farklıdır. Bu farklılık yapının ömrü dolduktan sonra geri dönüşüm metodundan, yapının yaşam süresince yenileme çalışmalarından, yapının işletme döneminde kullandığı enerji miktarının ve seragazi emisyonunun fazlalığından kaynaklanmaktadır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi sürdürülebilir gelişmenin ayrılmaz parçalarından biridir. Fakat hala yapı sektörü için tanımlarında belirsizlikler vardır. Genel metot, enerji kullanımı, emisyonlar ve maliyet üzerinde odaklanmasına rağmen, sadece ilk enerji kullanımı, GWP ve CO2, NOx, SOx, NMVOC ve partiküller dikkate alınır (Verbeeck, 2007).

Yaşam döngüsü analizi yapılırken kullanılan metotlardan biri de yaşam döngüsü maliyeti hesaplamaktır. Bu, sisteme hayatı boyunca olacak enerji akışının, bu günün ölçütleriyle para bazında belirlenmesidir. Yaşam döngüsü tasarrufu ise uygulanabilecek seçenekler arasındaki yaşam döngüsü maliyet farkıdır (Floridesa, ve diğ, 2002).

Bir konutun yaşam döngüsü maliyeti (Life Cycle Cost (LCC)) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir.

$$LCC = I_o + \sum_{i=1}^N (((O_i + M_i * (1 + r)^{-i})) - ((R * (1 + r)^{-N})) \quad (4.3)$$

Burada; I_o = yapım maliyeti, r = indirgeme oranı, O = İşletim masrafı, M = bakım masrafı, i = sene sayısı, N = analiz periyodu, R = hurda değeridir.

4.3.3 Sürdürülebilirlik değerlendirilmesi

LCA değerlendirme araçlarıyla karşılaştırıldığı zaman, sürdürülebilirlik değerlendirmesi araçları, çevresel etmenlere odaklanırlar ve binanın içindeki ve dışındaki konfor, sağlık, parlaklık ve ortamdan tatmin olma koşullarını da değerlendirirler. Sürdürülebilirlik değerlendirme araçları LCA ‘den daha küresel orarlama sistemine sahiptir.

Konutların çevresel performanslarını değerlendirme metodları, konut kullanıcılarının daha yüksek çevresel performans elde etmeleri yolunda alınacak önlemlere bir baz teşkil eder. Bu metodlar, açıkça belirtilmiş ölçütlere bağlı geniş bir yelpazedeki çevresel düşünceleri eşzamanlı değerlendirebilmek için nesnel ve kapsamlı araçlar oluşturmayı amaçlar (Nesje, 2006).

Konutun işleyişinin sürdürülebilirliğini değerlendirmenin amacı, konutun çevresel boyutta sürdürülebilir çevrime katılıp katılamadığının değerlendirilebilmesidir. Aynı zamanda sürdürülebilir değerlendirme, konutun çevresel performansını iyileştirmeyi de amaçlar.

İklim değişikliği, sera gazı emisyonu, doğal kaynakların azalması, fosil yakıtların azalması, mineral çıkarılması, su tüketilmesi, kirlilik, ozon tabakasının zarar görmesi, toprağın ve suyun asitlenmeye maruz kalması, ekolojik zehirlenme, türlerin

yok olması, foto oksidan üretimi, sağlık, konfor, yaşam kalitesi, biyolojik çeşitlilik, peyzaj sürdürülebilir değerlendirmede incelenebilecek öğelerdir.

LEnSE adlı AB’de yapışan bir araştırmada bilim adamları sürdürülebilirlik değerlendirmesi yaparken, kaynak kullanımına, iklimsel değışime, biyolojik çeşitlilik, hava kalitesi, sosyal etmenler, kullanıcı konforu ve sağlığını öncelikli tutmuşlardır (Nesje, 2006).

Bir konutun sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için, enerji kullanımı ve türü, su tüketimi, malzeme türü, miktarı, yaşam ömrü, sağlanma yolu ve nakliyesi, bakımı, yenilenmesi, geri dönüşümü, atık haline gelişi, kullanım senaryosunda kullanıcının davranışı, binanın yeri ve kullanıcının ulaşımı, enerji tüketimini etkileyen bina yönetim faaliyetleri, su tüketimi, atık üretimi, drenaj ulaşım gibi bina altyapı sistemleri bilinmelidir (Nesje, 2006).

4.3.4 Maliyet etkinliğin değerlendirilmesi

Yaşam döngüsü maliyeti (Life Cycle Cost (LCC)), yatırımcının amacına göre, farklı seçeneklerin ilk yatırım maliyetlerini ve işletim bakım maliyetlerini karşılaştırabilmek amacıyla kullanılan bir metottur. Yaşam döngüsü maliyetinin belirlenmesinin amacı hepsi kabul edilebilir performansa sahip, farklı bileşen veya farklı tasarımlar arasında seçim yapabilmektir. Yaşam döngüsü maliyetinin belirlenmesinde farklı yatırım senaryoları değerlendirilerek, gelecekteki bakım işletim maliyeti ve yatırımın kabul edilirliliği tahmin edilir (ISO 15686-5).

Analize dahil edilen etkilerin genişliğine bağılı olarak, maliyet fayda analizleri, çok kriterli analizlere ve çevresel etki analizleri gibi diğere çevresel karar verme araçlarına bir alternatif olarak kullanılabilir (Verbeeck, 2007).

Hunn (1996) enerji etkinliğinin net değerini belirlemek için, geliştirilen enerji etkinliği faydalarının, bu faydayı oluşturan maliyetle birlikte değerlendirmek gerektiğini söyler. Şu anki fayda, geri ödeme süresi ve geri dönüş oranı analizlerinin genellikle, maliyet etkili ölçütleri tayin etmekte ve pek çok stratejiyi dikkate alarak karar vermede yardımcı olduğunu söyler.

Maliyet değerlendirmesinde önemli bir prensip, maliyet tanımında karar vericinin kim olacağına bağılı olmasıdır. Karar veren evsahibi ise, maliyet, vergileri, market fiyatlarını, devlet yardımlarını da kapsar. Küçük bir topluluğun ekonomik davranışını

ilgilendirdiğinden mikro ekonomi kapsamında değerlendirilir. Karar verici devlet olduğu zaman ise para transferinin, endüstriyel üretimdeki değişimlerin, işsizliğin, fiyat değerlerinin, enflasyonun hesaba katıldığı makro ekonomik yaklaşım kabul edilmelidir. Binalarda enerji tasarrufunun ekonomik etkileri değerlendirilirken, mikro ve makro ekonomik kullanılabilir ve ilişkileri oldukça güçlüdür. Makro-ekonomik analizde, odak fiyatlara ve enerji tasarrufu tedbirleri yatırımları güçlendirmeyi amaçlayan enerji politikalarındadır. Böyle bir enerji politikası, zorunlu ve isteğe bağlı araçları kapsar. Bina enerji performansı yönetmeliği son yıllarda ülkemizde de zorunlu hale gelen araçlardan biridir. Bunlar, binaya güneş kolektörü ekleme, kazanları değiştirme gibi isteğe bağlı araçlarla birleştirilebilir. Böyle bir politikanın maliyet verimliliği değerlendirilirken, pek çok maliyet ve fayda göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlara ek olarak, çevreyle ilgili dış faktörler dahil edilebilir. Konutların çevreye olan etkileri kontrol edilirken ve önlenirken aynı zamanda enerji maliyetleri de kontrol edilmektedir. Bundan öte, endüstriyel üretimdeki değişimler, işsizlik ve konut sektöründeki fiyat seviyeleri bu politikaları uygulamaya uygundur ve dikkate alınmalıdır (Verbeeck, 2007). Bu konutlardaki enerji tasarruf ölçümünü makro ekonomik düzeyde değerlendirmeyi karmaşık hale getirmektedir, çünkü yapı sektörü, ulaşım, hammadde gibi pek çok sektörle etkileşimdedir. Fakat konutlardaki enerji tasarruf araçlarına gelindiğinde konutun mülkiyet sahibi nihai karar veren mercidir ve sosyal maliyeti ve vergi dağılımını göz önünde bulundurmamaktadır ve ilk yatırım maliyeti ile enerji tasarruflarından sağladığı finansal kazanç ile ilgilenmektedir. Bu yüzden, bu çalışmada konut sahibinin konutu kullandığı süre boyunca gerçek maliyeti değerlendirmek için, maliyet kar analizleri mikro ekonomik seviyede ele alınmıştır.

Maliyet yararı analizleri genelde sadece, projenin finansal maliyetini değil, finansal maliyet haricindeki etkileri, onlara finansal değer addederek değerlendirir. Bu yüzden tam maliyet fayda analizi yapmak için altı basamak dikkate alınmalıdır (Moons 2003)

- Projenin ve ilgili nüfusun tanımlanması
- İlgili etkilerin belirlenmesi
- İlgili maliyet ve faydaların para olarak değerlendirilmesi
- Kazançların ve maliyetlerin zamanla indirgenerek birleştirilmesi

- Toplam indirilmiş kazançların toplam indirilmiş maliyetlerle karşılaştırılması ve net güncel değerin hesaplanması
- İskonto oranı, proje yaşam süresi ve maliyet fayda, iskonto oranı gibi önemli parametreler üzerinde duyarlılık analizleri

4.3.4.1 Net güncel değer tabanlı maliyet değerlendirmesi

Yaşam döngüsü maliyeti, ürünün ve yaşam süresi boyunca işleme veya aktivitenin indirgenmiş maliyetlerinin toplanmasıyla bulunur. Bütün maliyetler, indirgeme faktörü ve bir işletim süresi belirlenerek kullanılarak, net güncel değerlerine (Net Present Value (NPV)) çevirilir. LCC analiz edilen süre içinde ilişkili bütün giderleri, tek bir figürde gösterir. NPV hesaplanırken indirgeme değerinin seçimi büyük önem teşkil eder. İndirgeme oranı ne kadar büyük olursa, gelecekteki maliyetler NPV üzerinde o kadar az etkili olur.

• Toplam ve net güncel değer

Maliyet etkin analiz yapılırken önemli bir husus, maliyetlerin ve faydaların indirgenmesidir. İndirgeme paranın zaman değerini yansıtır, gelecekteki kazançların ve giderlerin güncel değer kadar değerli olmadığı anlamına gelir. İskonto oranı olarak vurgulanan paranın zaman değeri, enflasyona, anaparaya, yatırım seçeneklerine, kişisel tüketim tercihlerine bağlıdır (Glunch and Baumann, 2004). İndirgeme yapılarak, farklı zamanlardaki gelirler ve giderler karşılaştırılabilir hale gelir ve toplam güncel değer veya net güncel değer olarak bütünleştirilebilir (Verbeeck, 2007).

Binalardaki enerji tasarrufunu değerlendirmek için net güncel değer oldukça yaygın olarak kullanılan methodlardan biridir. Toplam net güncel değer, aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$NPV = \sum_{i=1}^i \frac{C_i}{(1+r)^i} - C_0 \quad (4.4)$$

Burada; NPV = net güncel değer, C_i = yıllık nakit akış değeri, i = nakit akışı sağlanacak yıl sayısı, r = İskonto oranı, C_0 = ilk yatırım değeridir.

- **İndirgeme oranı ve fiyat dönüşümü**

Fiyatları indirgerken iskonto oranı seçimi oldukça önemlidir, çünkü sonuçta oldukça fazla etkiye sahiptir (Moons, 2003). İskonto oranı, enerji tasarruf yatırımlarına toplumun bakış açısını, bu hususta yatırım yapılıp yapılmamasında belirleyici rol oynar. Konut sahibi, enerji tasarruf araçlarına yatırım yaptığı zaman iki senaryo meydana gelebilir; (Verbeeck, 2007).

1. Yatırımcı gerekli paraya sahiptir ve bunu enerji tasarruf yatırımında kullandığı zaman alım gücünün bir kısmını kaybeder ve parasını başka alanda değerlendiremeyip, doğrudan yatırım dönüşü alamayabilir. Burada uygulanacak iskonto oranı, beklenen reel faiz oranı, yani beklenen nominal faiz oranından beklenen enflasyon oranını çıkartmayla bulunacak rakamdır. Fakat enerji tasarruf araçları, yıllık enerji fiyatlarını düşürecek ve alım gücünü artıracaktır. Bundan dolayı, belli bir dönemde indirgenmiş kazançlar, ilk maliyete en azından eşitse, maliyet etkin bir yatırım yapılmış olunur.

2. Bina sahibinin yatırım için gerekli paraya sahip olmayıp, kredi alması durumundaysa, iskonto oranı kredinin reel faiz oranıdır. Yatırım, indirgenmiş kazançlar en azından anapara, faizler ve mali vergi indiriminden oluşan kredinin toplam maliyeti karşıladığı zaman maliyet etkindir.

Genellikle, devlet tahvili gibi risksiz yatırımlardaki faiz oranlarıyla, kredilerdeki faiz oranı arasındaki fark düşüktür. Bu yüzden aynı faiz oranı her iki durumda da kullanılabilir. Uzun vadeli yatırımlarda, faiz oranı, enflasyon oranı ve enerji fiyatlarında belirsizlik olduğu için duyarlılık analizleri kaçınılmazdır. De Connick ve Verbeeck (2005), Brussel Bölgesinde yaptıkları çalışmada, bireysel yatırımcı için %4.5, kamu sektörü için %4, profesyonel emlak yatırımcısı için %6.5 olarak almıştır. Yatırımın girdi ve çıktılarını değerlendirebilmek için, nakit akışının ilk yatırım ile kıyaslanabilir hale getirilmesinde ana paranın ağırlıklı ortalama değeri iskonto oranı olarak kullanılarak net güncel değer hesaplanır (Url-7).

$$WACC = \frac{E}{V} * Re + \frac{D}{V} * Rd * (1 - Tc) \quad (4.5)$$

Burada; WACC = Anaparanın ağırlıklı ortalama değeri (weighted average cost of capital), Re= sermaye maliyeti, Rd = borç maliyeti, E = sermayenin piyasa değeri, D

= borcun piyasa değeri, $V = E+D$, E/V = sermayenin finansman yüzdesi, D/V = borcun finansman değeri, T_c = vergi oranıdır.

- **Geri ödeme süresi**

Maliyet değerlendirme ve yatırıma karar verme araçlarından biri de geri ödeme süresi hesaplamaktır. Bu gelecekte kazanç sağlayacak büyük veya küçük farklı seçeneklerin karşılaştırılabilmesini sağlayan bir metoddur. Geri ödeme süresi hesaplanarak, yapılan yatırımın ne kadar sürede kendini ödeyeceğini hesaplama metodudur. Hesaplama, yapılan ilk yatırımı, bundan sonra gelecek işletim maliyetlerindeki kümülatif tasarrufların ilk yatırımı ne kadar sürede geri getireceğini hesaplar.

Basit geri ödeme süresi ilk yatırımın yıllık kazanç miktarına bölünmesiyle bulunur.

İndirgenmiş geri ödeme süresi ise gene ilk yatırımın yıllık kazançların indirgenmiş değerine bölünmesiyle bulunur.

4.4 Bina Kabuğu Enerji Performansının Değerlendirilmesinde Simülasyon

Programı Kullanımı

Kullanıcılar için konforlu bir ortam sağlamak adına konutlarda enerji harcamalarının belirlenmesinde simülasyon programları kullanılabilmektedir. Bu programların amaçları, yüklerin hesaplanması ve enerji analizlerinin yapılmasıdır.

Mimarlıkta sunum, çizim, tasarım aracı olarak kullanılabilen bilgisayar programlarının geliştirilmesi ve elle çizim gibi klasik yöntemlerin bırakılmaya başlanmasıyla mimarlık disiplini büyük bir değişim geçirmektedir. Tasarımda ara yüz olarak kullanılan bilgisayar programları mimarlık ve mühendislikte pek çok gelişmelerin sağlanmasına neden olmuştur.

Bilgisayar destekli bina simülasyonları gelişmeden, mimarlar ve mühendisler tasarımın durumunu değerlendirmek ve alışlagelmiş tasarım konseptlerini ölçebilmek için çok fazla hesaplama yapmak zorundaydılar. Büyük ve karmaşık binalarda bina simülasyon programlarıyla detaylı bilgi verilmeden, enerji etkin tasarımlar beklemek çok gerçekçi olmayabilir (Hong ve diğ, 2000).

Bina simülasyonları 1960'lerde kullanılmaya başlanmıştır, 1970'lerde ise enerji performansının araştırılmasında önemli bir konu haline gelmiştir. Bu iki dönemde,

araştırmaların çoğu temel teoriler, yk algoritmaları ve enerji tahminlerine yönelikti. Bu alışmalar, enerji yükü hesaplarında bazı metotların kullanılmasına yol açmıştır. Derece-gün metodu (degree-day method), tam denk yk saat metodu (equivalent full load hour method), depo metodu (bin method) bu metotlardan bazılarıdır. Bu dönemde, bina simülasyonları, yapıları enerji tüketen binalardan ziyade enerji etkin yapılar olarak tasarlamakta anahtar olarak görülmüştür (Hong ve diğ, 2000).

Bu dönemde görülen petrol krizleri ise binaları enerji etkin olarak tasarlanmasına teşvik edici bir unsur olmuştur. Enerji korunumu konusu bina simülasyonunda kişisel bilgisayarların da kullanılabilmesiyle yeni ilgi haline gelmiştir. Aynı zamanda, Birleşmiş Milletler Enerji Departmanı (DOE), enerji korunumu ve yenilenebilir enerjiler araştırma ve geliştirmesi için önemli ölçüde bir bütçe ayırmıştır. Bu çaba sonunda DOE-2 ve TRNSYS gibi detaylandırılmış enerji simülasyon programları geliştirilmiştir. Fakat bina simülasyon programlarının elde edilebilirliğine rağmen 1990'lara kadar laboratuarlarda kalmışlardır. 1990'larda global endişelerin başlamasıyla çevreyi korumaya ilgi artmıştır. Fosil kaynaklı yakıtların bilinçsizce tüketilmesi ve zararlı florokarbon gazlarının kullanılması nedeniyle global ısınma ve ozon tabakasının incilmesi gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Yapı sektöründe, profesyoneller için amaç az enerji tüketimi ve çevreye verilen zararı azaltarak, sağlıklı ve konforlu bir yapılı evre üretmektir. Yeşil binalara olan talep, bina simülasyonlarını bir ihtiyaçtan ziyade bir zorunluluk haline getirmiştir. Böylelikle bina simülasyon programları rutin bir analiz ve tasarım aracı haline gelmiştir (Hong ve diğ, 2000).

Konutun genel performansı değerlendirilirken, i evre konfor koşulları sağlanırken çevreye verilen zarar dikkate alınmalıdır. Daha önce belirtildiği gibi, 70'lerde meydana gelen enerji krizlerinde sonra yapıların tükettiği enerji, bir performans ölçütü haline gelmiştir. Bunun ötesinde, insan aktivitelerinin çevreye olan zararını resmi olarak tanıyan ve 1992'de gerçekleşen Rio Konferansı, bazı malzemelerin yapı sektöründe kullanılmalarına kısıtlamalar getirmiştir (Citherlet ve diğ, 2001).

Bu konuda konutların çevreye vereceği maksimum zararı kısıtlayan standartlar olmamasına rağmen, konutun çevreye vereceği zarar tahmin edilebilir ve performans değerlendirmesinin gerektirdiği yeni bir etki alanı olarak dizayn aşamasına dahil edilebilir. Bundan dolayı konfor, enerji ve evre kriterlerine ek olarak bina

performansının da binanın yaşam döngüsüyle ilgili olarak yapıldığı bütünsel bir yaklaşımın ele alınması gerekir (Citherlet ve diğ, 2001).

Araştırmada kullanılan simülasyon metotlarını, tam ölçekli simülasyon modelleri(full-scale simulation models), basitleştirilmiş modeller ve istatistik temelli simülasyon olmak üzere üçe ayırmak mümkündür (Xing, 2004).

4.4.1 Enerji modelleme teknikleri

Tam ölçekli simülasyon metotları: EnergyPlus, DOE2 ve BLAST tam ölçekli simülasyon paketlerine örnektir. Bu programlarda, binanın sistemini, bileşenlerini detaylı bir biçimde tanımlamak ve çok sayıda konfor ve enerji çıktısı almak mümkündür. Bu programlarda modelleme yazılmaya baştan başlanırsa işçiliği fazla olabilir, ancak program bilgisi ve bina sisteminin anlaşılmasıyla, süreç sofistike fizik tabanlı modelleme bilgileri gerektirmez (Xing, 2004).

DOE-2 ve BLAST Birleşik Devletler tarafından yaygın olarak 20 senedir kullanılmakta ve desteklenilmektedir. Bu iki program arasındaki temel fark yük hesaplama metodudur. DOE-2 oda faktörü yaklaşımı (room weighting factor approach) kullanırken, BLAST ısı denge yaklaşımını kullanır. Yeni bir enerji simülasyon programı olan EnergyPlus bu iki program üzerinde yapılandırılmıştır fakat daha iyi bir modüler program yapısına sahiptir (Crawley et al. 2001). EnergyPlus'un daha önceki enerji benzetim programlarına göre en büyük gelişimi doğru sıcaklık ve konfor tahmini için, DOE-2'deki ardışık yaklaşımı almaktan ziyade, bütünleştirilmiş eş zamanlı yük ve sistem simülasyonu yapmasıdır. Bina sistemi simülasyon modülleri, değişken zaman aralıklarında, ısıtma- soğutma yükünü ve elektrik- mekanik sistem cevabını hesaplar. Bina sistemi simülasyon modülünden geri beslenim olarak tanınmayan yükler, bir sonraki yük hesaplama basamağında değişen mekan sıcaklığına ve nemine yansır. DOE2'deki ardışık metotta, oda faktörü kullanılıyordu, zon durumu ve ısıtma soğutma yükleri bütün zaman aralıklarında hesaplanıyordu, bu bilgi sistem cevabı hesabı yapmak için hava çevirim (air handling) simülasyonu ile besleniyordu ve bu cevap zonun durumunu etkilemiyordu benzer olarak; sistem bilgisi mekanik simülasyona geri beslenimsiz aktarılıyordu. Sistem cevabı, zon sıcaklığının iyi tanımlanmış bir fonksiyonuysa ardışık teknik iyi çalışıyordu fakat pek çok vakada, sistem kapasitesi dış durumlara ve iklimlendirilmiş mekanın diğer parametrelerine de bağlıdır. EnergyPlus yüklerin, sistemin ve cihazın

bütünleştirilmiş simülasyonunu algılar ve bu simülasyonu modüler ve yaygın yapar (Xing, 2004).

Bütün ölçekli simülasyonda önemli bir kriter de, performanstaki değerlendirmeyi etkileyecek fiziksel ölçütlerdir. Her bir malzeme simüle edilecek bir fiziksel özelliği simgelemelidir.

Modeli elde etmek için gerekli bu fiziksel ölçütler simüle edilebilecek ve performansı değerlendirmeye yarayacak ölçülere bağlıdır. Simülasyonun konusuna göre, bütün ölçütler hesaplama için gerekli değildir. Sadece belli bir hesaplama modeli için ilgili malzeme özelliklerini vermek modeli çıkartabilir ve simülasyon yapılabilir.

Bilgisayar tabanlı programlar genelde, kabuktan ısı kazancını, mekan ısıtma yüklerini hesaplama ve bina performansı öngörüsü yapmak için mühendislik araçlarını kullanırlar.

İstatistik Simülasyon: İstatistik fonksiyon doğrusal olmayan bina dinamiklerini göstermesi için yaygın olarak kullanılan bir metottur. Pek çok çeşitte yapay sinir ağları (ANN) ve zaman serisi modelleri yük tahmini ve kontrolü araştırmalarında kullanılır. ANN'ler mimarilerinin yüksek ve doğrusal olmayan özelliklerinin avantajlarını alırlar ve doğru tanım veren geniş dinamiklere kopyalanmasını sağlayabilir. ANN'lere çok sayıda deneysel veya benzetimsel veri girmek gerekir. Kompleks doğrusal olmamayı simgeleyebilmelerine rağmen, ANN'ler sistem fiziğine dair çok anlayış vermezler (Xing, 2004).

Son yıllarda, HVAC uygulamalarının geniş bir kısmı sinirsel iletişim ağını faydalı bulmuşlardır. Bir ANN modeli kompleks enstitü binalarında, veri toplama sistemine ihtiyaç duymadan enerji kullanımı öngörebilirler (Anstett ve Kreider 1993).

Basitleştirilmiş Modeller: Basitleştirilmiş modeller, bütün ölçekli simülasyonla, statiksel modeller arasına düşer. Elemanlar ve çalışma altındaki sistem için yaklaşık fonksiyonel ilişkilerden oluşur, bu onları hesaplama olarak bütün ölçekli simülasyondan daha verimli yaparken, enerji dengesine ve iletim sürecine dair pek çok anlayış verir (Xing, 2004).

Tasarımın amacına göre, simülasyon programları farklı teknikler kullanabilir. Clarke(1985) ısı akışı hesaplama modellerini düzenli durum, temel dinamik durum, cevap fonksiyonu, nümerik teknik ve elektriksel analog teknik olarak ele almaktadır.

Düzenli durum modelleri, güneşten ısı kazanımı, uzun dalga ışıyım farkları veya işletimsel stratejileri hesaplayabilecek mekanizmaya sahip değillerdir, sadece sabit şartlar altında ısı akışını tanımlayabilirler. Basit dinamik modeller, dinamik performansı tanımlarlar ve birden çok parametreye uygulanabilirler. Cevap fonksiyon modelleri, dinamik performansı kullanır ve bunu yer durumuna göre çeşitlendirebilir böylece düzenli durum modellerinin problemlerinin üstesinden gelir. Sonlu fark ve sonlu eleman nümerik tekniklerde kullanılan iki metottur. Sonlu fark enerji modellemesinde kullanılan en yaygın metottur (Clarke, 1985).

Bu modellerden, elektrik analog modeli doğru malzeme tanımını ve parametrik analizi sağlar. Elektrik akımı ve ısı akımı arasındaki analoji, ısı akışı fenomenindeki karmaşıklıkların çalışılmasında yarar sağlar. Bu teknik, yaygın olarak bir araştırma aracı olarak kullanılır ve kısa zamanda tamamlanabilen, uzun süreli simülasyonlara olanak verir (Clarke, 1985).

4.4.2 EnergyPlus ve ara yüzü DesignBuilder

1990'lı yılların ortasında bilgisayar programcılığı hızla gelişmiştir. Birleşik Devletlerde eksikliği görülen ve geliştirilmesi için öncelik tanınan alanlardan biri de bina enerji analiz ve yük hesaplama programları olmuştur. Özel sektörün bu konuda geliştirdiği programların pazarı kısıtlı olmuş öncelikle kullanıcıların boiler ya da chiller gibi ısıtma cihazı boyutlandırma ve seçmelerine öncelik tanımıştır (Strand ve diğ, 2000).

EnergyPlus temel olarak BLAST ve DOE-2 programlarının iyi özelliklerini yeni kabiliyetler de ekleyerek birleştirmektedir. IBLAST algoritmasında bulunan ısı dengesi tabanlı yük hesabını kullanarak geliştirilmiştir ve Fortran 90 kodunu kullanır. Bu pek çok programa link veren modüller bir program olmasını sağlar. EnergyPlus'un modüller olması anahtar özelliğidir ve zaman, maliyet tasarrufu sağlar, çünkü uzman olmayan kullanıcıların bile programa kolaylıkla yeni özellikler ekleyebilmelerine izin verir (Strand ve diğ, 2000).

DOE' nin yeni özellikler eklenerek daha esnek ve sağlam bir haline getirilmesi fikri etrafında geliştirilmiştir. Tasarım, çevre, ekonomi, konfor ve güvenlik, simülasyon için tekrarlanan temalar olmuştur. Tasarımcılar simülasyondan yüksek derecede doğru olmasını ve mümkün olan detayı beklemişlerdir. En önce gelenlerden biri

doğru sıcaklık ve konfor tahmini için eşzamanlı (bütünleşik) simülasyon olmuştur (Crawley ve diğ, 1997).

Bu beklentiler EnergyPlus'ın konseptini oluşturmuştur. EnergyPlus' ta kullanıcı tarafından belirlenen zaman aralığında hesaplanan yükler, gene aynı zaman aralığında bina sistemi simülasyon modülüne iletilir. Bina sistemi simülasyon modülü ısıtma soğutma sistemiyle, cihaz ve elektrik sisteminin yük değerini hesaplar. Bina sistem modülündeki tanınmayan yüklerden geri beslenim bir sonraki zaman aralığındaki ayarlanan mekan sıcaklığına yansıtılır. EnergyPlus yüklerin, sistemin ve cihazın eşzamanlı bütünleşik simülasyonu prensibine dayanır. Bu metot kullanılarak BLAST ve DOE-2'de bir eksiklik olarak bulunan, HVAC modülünün, yük hesabına geri beslenimi hesaba katılmamasından kaynaklanan sorun çözümlenmiştir (Strand ve diğ, 2000).

EnergyPlus'taki ısıl mekan hesaplama metodu, mekan havasının iyi harmanlanmış sabit bir sıcaklıkta ele alındığı ısıl denge modelidir. Duvarlar, pencere, tavan ve zemin gibi mekan yüzeylerinin de düzenli yüzey sıcaklığına, düzenli kısa ve dalga ışınlamına (irradiation), iç ısı iletimine ve yaygın ışıyan yüzeylere (diffuse radiating surfaces) sahip olduğu kabul edilir (Crawley ve diğ, 2001). Bütünleşik Simülasyon daha gerçekçi modellemelere imkan tanır. Modülerlik bileşen ve sistem seviyesinde geçerlidir.

Başka bir önemli veri iklimsel değişkenlerdir. EnergyPlus'ta iklim verilerini kapsayan yazılımın farklı bir işlemcide yapılmış ikili dosya olmasından ziyade veri ve çıktı dosyaları gibi yazı formatlı olması tercih edilmiştir. İklim veri formatı ilk sekiz satırda, yer, veri kaynağı, enlem, boylam, zaman aralığı, yükseklik, ısıtma ve soğutma durumları pik noktaları, tatiller, günışığı kazanımı dönemi, tipik ve uç değer dönemler gibi bilgiler yer alır. Veriler virgülle ayrılmıştır ve TMY2 iklim verileriyle hemen hemen aynı verilere sahiptir. EnergyPlus içindeki iklim dosyalarında bütün yıl veya 8760 saate ihtiyaç duymaz. Gerçekte EnergyPlus yılların ve hatta saatlerin (5 dakika, 15 dakika) alt kümelerinin okunmasına izin verir. TMY2 ve WYEC2 gibi tipik bir yıla ait saatlik verilerden oluşan iklim dosyalarını okuması da programın kullanımına kolaylık sağlar. EnergyPlus programı, ASHRAE tarafından üretilen IWEK verilerini kullanmaktadır. IWEK verilerinin, EnergyPlus'ın simülasyon esnasında kullandığı EPW verilerine çevrilmiş hali EnergyPlus web sayfasından yüklenilebilmektedir. IWEK verileri Amerika Birleşik Devletleri İklim Veri

Merkezi'nde arşivlenen genelde 18 senelik DATSAV3 verilerinden elde edilmektedir. Bu veriler dünya ve güneşin geometrisinden saatlik güneş ışınlı tahminleri ve bulutluluk oranı gibi saatlik iklim elemanları bilgilerinden üretilmektedir (Crawley ve diğ, 2001).

DesignBuilder görsel olarak, termal ve aydınlatma performans verisi elde etmek için kullanılan bir modelleme yazılımıdır. Termal performans verilerini elde etmek için EnergyPlus termal simülasyon motorunu kullanır.

EnergyPlus daha önce belirtildiği gibi köklerini BLAST ve DOE-2'den alan bir enerji analiz ve termal yük simülasyon programıdır. Binanın fiziksel yapısının ve mekanik sisteminin tanımlanmasıyla, ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplar. EnergyPlus birleşmiş eş zamanlıdır. Binanın birincil ve ikincil sistemlerinin sıkıca bağlandığı ve binanın da yanıt verdiği bir yapıya sahiptir. Termal zonlar ve çevre arasındaki etkileşimde saatlik değişimler ve termal zonlar ve HVAC sistemi arasındaki etkileşim için değişken zaman aralıkları mevcuttur. EnergyPlus, binanın termal yükleri için ısı denge tabanlı çözümler sunarak her bir zaman aralığı için hem içerideki hem dışarıdaki yüzeylerde ışınlı ve iletim etkilerinin simultane hesaplanmasına izin verir. Bina bileşenleri arasındaki geçici ısı geçişini hesaba katar. Geliştirilmiş zemin ısı geçirimi modellenmesine sahiptir. Isı ve kütle transferi birleştirilmiştir. Termal konfor modelleri, anizotropik gökyüzü modelleri, ileri doğrama hesapları, aydınlatma kontrolleri, döngü merkezli yapılandırılmış HVAC Sistemleri, atmosferik kirlenme hesaplamaları gibi opsiyonlara sahiptir ve Window 5, DElight, Spark gibi diğer simülasyon programlarıyla bağlanabilir.

Bütün bunlarla birlikte EnergyPlus bir kullanıcı ara yüzü değildir. Energy Plus, üçüncü bir ara yüzün kullanılabileceği bir simülasyon motorudur. Girdiler ve çıktılar anlaşılabilir ASCII (American Standard Code for Information Interchange) Text dosyalarıdır ama grafiksel kullanıcı arayüzlerine bırakılması daha iyi olabilir.

Sonuç olarak; Energy Plus binaları, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ekipmanlarıyla ilişkili olarak modellemek için tasarlanmış bir simülasyon programıdır. Grafiksel kullanıcı arayüzü olan bir programın içinde bir eleman olarak kullanılması için tasarlanmış bir simülasyon ara motorudur. Ancak böyle bir arayüz program kullanılmadan da kendi kendine çalışabilir. EnergyPlus'ın sıkça kullanılan arayüzlerinden biri DesignBuilder adlı görsel bina modelleri üretilen ve bunların

şekillendirilebildiği kullanım kolaylığı sunan bir modelleme programıdır. DesignBuilder, EnergyPlus'ın çevresinde geliştirilmiştir. Onun pek çok girdi verilerine izin verir. Yapı malzemesi, üretim tipi, cam tipi veritabanına sahiptir.

DesignBuilder içinde yıllık enerji tüketimi, maksimum yaz sıcaklıkları, HVAC bileşen boyutları gibi çevresel performans verileri sağlar.

Bazı tipik kullanım alanları, binaların yıllık enerji tüketimini hesaplamak, fazla ısınma veya görsel görüntü bakımından cephe seçeneklerinin değerlendirilmesi, aydınlatma kontrol sistemlerinin modellenmesi ve elektrik korunumunun hesaplanmasıdır. Başlıca özellikleri, çevresel performans verilerinin herhangi bir dış modül çalıştırmadan sağlanabilmesi, EnergyPlus kompakt HVAC tanımları yaygın olarak kullanılan ısıtma ve soğutma biçimlerinin kolay bir şekilde detaylı analizlerini sağlaması, doğal havalandırma pencereler için iç sıcaklık belli bir dereceyi aştığı zaman devreye sokulmak için modelleyebilmesi, kapsamlı bir simülasyon verisinin yıllık, aylık, günlük ve saatlik aralıklarda görülebilmesidir. Sonuç ürünlerde, enerji tüketimi, iç sıcaklıklar, iklim verisi, yapı elemanları arasındaki sıcaklık geçişi, ısıtma-soğutma yükleri, CO₂ üretimi analiz edilebilir. Dizayn hava verileri kullanılarak, ısıtma ve soğutma cihazlarının ölçüleri hesaplanılabilir. Ayrıca DesignBuilder haricinde EnergyPlus sisteminin fonksiyonelliğine ulaşabilmek için IDF dosyaları üretir (Tindale, 2004).

DesignBuilder, ısıtma dizayn simülasyonuna, soğutma dizayn simülasyonuna, gerçek havayı kullanan simülasyon ve enerji performansı gösterim simülasyonuna seçenek sunacak şekilde tasarlanmıştır.

Design Builder ile yapılan simülasyonlarda, gerçek iklim verileri kullanılarak, detaylı bina enerji performansı üretilebilir. İklim verilerinin saatlik iklim verilerinden türetilmesi, farklı sıcaklıklardaki zonlar arasındaki iletim ve yayılımı içermesi, pencerelerden kazanılan güneş enerjisinin hesaba katılması, seçeneğe göre HVAC ekipmanlarının simülasyonunun gözlemlenebilmesi, binanın termal kütlesindeki doğru ısı dağılımını elde etmek için bir ya da daha fazla ısınma günlerinin hesaba katılması, EnergyPlus aracılığıyla elde edilen simülasyonun başlıca özelliklerindendir. Her bir mekanda ısı denge elde edilene kadar ısıtma devam eder. Denge meydana gelmezse, simülasyon hesaplama seçeneklerinde belirtilen maksimum gün sayısına kadar devam eder (DesignBuilder Software, 2006)

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, mevcut konutlarda dış kabuğun enerji etkin yenilenmesinde uygulanabilecek seçenekler belirlenmiştir. Bu seçenekler, simülasyon programı aracılığıyla Ataköy 1. Kısımda bulunan bir apartman bloğu üzerinde uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Her bir yenilemenin, kullanıcıya getireceği maliyet yükü belirlenerek, bina kabuğunun kullanıcı için en ekonomik duruma göre yenilenmesi önerilmiştir. Çalışmada ayrıca, sıcak su elde etmek için güneş kolektörleri ve güneş enerjisinden elektrik elde etmek için fotovoltaik panellerin yerleştirildiği de varsayılarak, bu yolla elde edilebilecek enerji tasarrufunun da belirlenmesi ele alınmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanılabilmesini sağlayan fotovoltaik panellerin, şu an pahalı sistemler olmasına rağmen yerel yönetimlerin desteği ve talebin artmasıyla fiyatlarının düşmesi öngörülmektedir. Türkiye, çevrenin korunmasına ilişkin kararları kapsayan Kyoto Protokolü'nü imzalayarak sera gazı emisyonunu 2020'ye kadar azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedefe yönelik olarak, binalardan kaynaklanan sera gazını azaltmak için, ele alınan konutun bina kabuğunun enerji etkin yenilenmesinden sonra bina kabuğuna güneş panellerinin entegre edilmesi durumunda tasarruf edilebilecek enerji miktarı hesaplanmasının binanın enerji etkin yenilenmesinde önemli bir adım olacağı düşünülmektedir.

5.1 Çalışmanın Adımları

Uygulama çalışması yedi aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Konuta ilişkin veriler toplanması ve programda tanımlanması
2. Konutun mevcut durumdaki ısıtma soğutma yükleri, enerji giderleri ve CO2 emisyonu hesaplanması
3. Konutun enerji tüketimini ve CO2 emisyonunu azaltmak için alternatifler geliştirilmesi

4. Geliştirilen alternatifler için ısıtma soğutma yükleri, enerji giderleri, CO2 emisyonu hesaplanması
5. Her bir alternatif için ilk yatırım maliyeti ve enerji tasarrufu değerlerinin hesaplanması
6. Hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması ve alternatiflerin ekonomik etkinlik açısından değerlendirilmesi
7. Enerji etkin yenilenen bina kabuğuna güneş enerjisinden elektrik ve sıcak su elde etmek için panel ve kolektörlerin yerleştirilmesi

Aşağıda çalışmanın adımları açıklanmaktadır.

5.1.1 Konuta ilişkin verilerin toplanması ve programda tanımlanması

Bir konutun enerji giderlerinde, bulunduğu iklim bölgesi, bina üzerine düşen güneş ışınlamı, hava sıcaklığı nem rüzgar gibi iklim elemanlarına ilişkin değerler, binanın konumu, yönü, bina kabuğu özellikleri gibi pasif sisteme ilişkin tasarım parametreleri, aktif ısıtma, soğutma, iklimlendirme sistemleri ve kullanıcıların konfor koşulları etkilidir. Simülasyon programlarında da ilgili verilerin programda tanımlanması gereklidir. 1990'ların sonuna doğru mevcut simülasyon programlarının, beklenen detayın ve doğruluğun sağlanamamış olması, yüklerin, sistemin ve cihazın eşzamanlı bütünleşik simülasyonu prensibine dayanan EnergyPlus simülasyon programının geliştirilmesine neden olmuştur. EnergyPlus'taki ısıl mekan hesaplama metodu, mekan havasının konfor koşullarına uygun düzenlenmiş sabit bir sıcaklıkta ele alındığı ısıl denge modelidir. EnergyPlus'ın ara yüzü olarak geliştirilen DesignBuilder programa veri girilmesinde ve sonuçların elde edilmesinde kullanıcı kolaylığı sağlamaktadır. Bu çalışmada, bu nedenlerle simülasyon programı olarak DesignBuilder kullanılmıştır. İlk aşamada, konuta ilişkin veriler toplanarak, programda tanımlanmalıdır. DesignBuilder'da bu veriler aşağıda sıralanan altı ana başlıkta ele alınabilir.

- Konutun yeri, konumu ve formuna ilişkin veriler
- Konutun kullanım türünü, kullanım şeklini, istenilen konfor koşullarını, kullanıcılardan ve cihazlardan kaynaklanacak içi kazanımları belirleyen aktiviteye ilişkin veriler
- Bina kabuğu konfigürasyonlarının tanımlandığı yapıya ilişkin veriler

- Pencerelelerin, saydam elemanların, kapıların, menfezlerin, güneş kontrol elemanlarının tanımlandığı açıklıklara ilişkin veriler
- Aydınlatma elemanlarına ilişkin veriler
- Isıtma soğutma iklimlendirme sistemlerine ilişkin veriler

Bunların dışında, konutun bulunduğu bölgeye ait enlem, boylam, deniz seviyesinden yükseklik gibi veriler ve iklim elemanlarına ilişkin veriler de programda tanımlanmalıdır. Binanın enerji performansının doğru hesaplanabilmesi için binayı programda doğru verilerle tanımlamak önemlidir.

5.1.2 Mevcut konutun enerji giderlerinin hesaplanması

Konutun bina kabuğunun enerji etkin yenilenmesine yönelik seçenekler geliştirmek ve bunların etkisini değerlendirmek için öncelikle konutun mevcut durumdaki enerji performansını belirlemek gerekir. EnergyPlus, hesaplamalarında saatlik iklim verilerini kullanmakta, ısıtma ve soğutma yüklerini bütünsel biçimde geri beslenimi göz önünde bulundurarak hesaplamaktadır. Hesaplama sonuçları tercihe göre saatlik, aylık veya yıllık elde edilebilmektedir. Bu EnergyPlus'dan detaylı hesap sonuçları alınmasını olanaklı kılmaktadır. Ülkemizde konutların ısıtma giderlerinin hesaplanmasında kullanılan standart, TS 825 standardıdır. TS 825'in önerdiği hesap metodunda ortalama aylık sıcaklıklar alınmaktadır. Mevcut konutların enerji etkin yenilenmesinin incelendiği üçüncü bölümde, Türkiye'de konutlarda enerji kullanımıyla ilgili yönetmelik ve standartlar başlığı altında açıklandığı gibi, iç sıcaklık, iç kazançlar ve güneş enerjisi aylık ortalama değerler olarak alınmaktadır. İkinci adım olarak, mevcut konutun enerji yükleri DesignBuilder programında hesaplanmış ve ısıtma yükü hesapları, TS 825'in yük hesap metodu ile karşılaştırılmıştır. Konutun enerji etkinliğini geliştirmek için önerilen seçeneklerin verimliliğini ölçerken baz almak ve binaya sağladığı performansı değerlendirmek için, mevcut durumun enerji yüklerinin ve CO2 emisyonunun hesaplanması gereklidir.

5.1.3 Enerji etkin yenilemede kullanılacak seçeneklerin belirlenmesi

Konutun enerji etkin yenilenmesinde, bina kabuğundan meydana gelecek ısı kayıpları azaltmak ve güneş ışınlamından en uygun faydalanmayı sağlamak önem taşımaktadır. Günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle, ısı yalıtım direnci yüksek

yalıtım malzemeleri ve cephe malzemeleri, farklı optik özellikte camlar bina kabuğunda kullanılmaktadır. Bu adımda bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin enerji etkinliği açısından iyileştirmek için seçenekler önerilmiştir. Bunlar, opak bileşenlerin iyileştirilmesi, saydam bileşenlerin iyileştirilmesi ve güneş kontrolü başlıkları altında ele alınmıştır. Opak bileşenler için bina kabuğuna dışarıdan yalıtım yapılması ve opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi, saydam bileşenler için, camların değiştirilmesi ve güney cephesinde bulunan balkonun cam ile kapatılması, güneş kontrolü yapılırken de binanın pencerelerine güneş kontrol elemanlarının eklenmesi olarak ele alınmıştır.

5.1.4 Belirlenen seçeneklerin konuta uygulanması

Dördüncü aşamada, belirlenen seçeneklerin modellenen binaya uygulanarak enerji giderlerinin ve çevresel etkilerinin belirlenmesinde DesignBuilder programından yararlanılmıştır. Her bir seçenek için enerji giderleri ve CO₂ emisyonları hesaplanmıştır. Yalıtım malzemesinde farklı kalınlıklar, opak bileşen ana malzemesinde farklı malzemeler, cam türünde farklı camlar, balkonun kapatılmasında farklı cam türleri ile kapatılması, güneş kontrolünde, güneş kontrol elemanının yeri, malzemesi, kullanım şekli ve zamanı gibi değişkenlerin enerji giderinde meydana getireceği farklılıklar incelenmiştir.

5.1.5 Ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi

Her bir yenileme seçeneği farklı bir ilk yatırım maliyeti gerektirdiğinden ve enerji giderlerinde sağladığı değişim farklı olduğundan kullanıcıya sağlayacağı kazanç da farklı olacaktır. Beşinci aşamada, her bir yenileme seçeneğinin ilk yatırım maliyeti ve sağladığı yıllık enerji tasarrufu net güncel değer olarak hesaplanmış ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerini iyileştirmede kullanılabilecek ekonomik yenileme seçenekleri belirlenmiştir.

5.1.6 Bina kabuğunun ekonomik etkin yenilenmesi

Altıncı aşamada, ekonomik olarak ele alınan en uygun seçenekler birlikte uygulanarak, simülasyon sonucunda elde edilen değerler belirlenmiştir. Daha açık ifade edilecek olursa mevcut konutun dış kabuğunda kullanıcı için en karlı olacak yalıtım kalınlığı, cam türü, güneş kontrol elemanı, balkon kapatma sistemi ve cephe

dolgu malzemesi seçenekleri ele alınarak bu seçeneklere ilişkin enerji giderleri ve CO₂ emisyonu DesignBuilder programı aracılığıyla hesaplanmıştır.

5.1.7 Bina kabuğuna PV ve güneş kolektörü entegre edilmesi

Türkiye gibi güneş enerjisinden faydalanma potansiyeli yüksek ülkelerde, konutlarda sıcak su üretmek için güneş kolektörü veya elektrik üretmek için fotovoltaik panel kullanılabilir. Genellikle çatılarda güneş kolektörü kullanılarak, kolektörün güneşten yararlanmasında uygun açının da ayarlanmasıyla yüksek verimlilik elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Bilindiği gibi ülkemizde güneş kolektörleri yaygın olarak kullanılmakta ancak, fotovoltaik sistemlerin şu anda ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanımları sınırlıdır. Ancak Türkiye’de Kyoto Protokolünü imzalanarak ve binalarda enerji performansı yönetmeliği yürürlüğe konularak, temiz enerji kullanımı hususunda yükümlülük alınmıştır. Bu nedenle, güneş enerjisinden faydalanmayı sağlayan araçları bina kabuğuna entegre etmek önem taşımaktadır. Bu sistemler, şu anda pahalı olmasına rağmen, kısa süre içinde arzın artmasıyla fiyatlarının düşmesi beklenmektedir. Çalışmanın yedinci adımında, mevcut konuta bu sistemlerin entegre edilebilirliği incelenmiş, ve enerji tasarrufuna katkıları hesaplanmıştır.

5.2 Belirlenen Adımların Seçilen Konut Üzerinde Uygulanması

Yukarıda açıklanan çalışma adımları, İstanbul Ataköy Mahallesi’nde yer alan bir konuta uygulanmıştır. Aşağıda uygulama çalışması açıklanmaktadır.

5.2.1 Seçilen konuta ait verilerin toplanması ve programda tanımlanması

Konut Ataköy 1. Kısım Mahalle’de 52. Parselde bulunmaktadır. Yapım yılı 1958 olup, günümüze kadar dış cephe boyanması ve çatı yalıtımı dışında büyük çaplı bir yenileme geçirmemekle beraber, bazı kullanıcılar kişisel olarak dairelerinde küçük çaplı tadilat çalışmalarında bulunmuştur. Isıtma sistemi olarak binada merkezi ısıtma sistemi kullanılmakta ve kazan bakımı düzenli yapılmaktadır, havalandırma doğal olarak yapılmaktadır. Konut dışarıdan da görülebilen betonarme iskelet sistemine sahiptir. Cephe ana malzemesi olarak delikli tuğla kullanılmıştır. Konut zemin kat ve 12 kattan oluşmaktadır. Zemin kat alanı 100 m², normal kat alanı 322 m²’dir. Yapıda ısı kaybeden yüzey alanı 5557 m², yapı hacmi 12417 m³ olup, A/V oranı 0,45’tir.

Yapıdaki ısıtılan alan net 3040 m², toplam alan 3395 m²'dir. Konutun genel olarak, kuzey cephesi opak yüzeylerden, güney cephesi saydam yüzeylerden oluşmaktadır. Cephelerin saydamlık oranları Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Cephelerin saydamlık oranları.

	Cephe Alanı(m ²)	Saydam Alan(m ²)	Saydamlık Oranı
Güney Cephe	989	463	0,47
Kuzey Cephe	882	22,5	0,03
Doğu Cephe	1057	210,5	0,20
Batı Cephe	1054	190,5	0,18

Konut, DesignBuilder programında Bakırköy Tapu Kadastro İlçe Müdürlüğü'nden alınan mimari projeye göre ve yerinde yapılan gözlemlere göre detaylı modellenip, elde edilen simülasyon sonuçları mevcut durum olarak kabul edilmiştir.

Proje, programa tanıtılırken, İstanbul'un enlem boylam ve iklim verileri kullanılmıştır. DesignBuilder programı saatlik verilere bağlı olarak kabuk yoluyla kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını dikkate alarak, sabit bir ortam iç sıcaklık değerine göre konutun bulunduğu bölgede tipik yıla ait saatlik veriler kullanarak enerji akışı analizini yapmaktadır. Simülasyonlar sırasında İstanbul'a ait iklimsel IWEC (International Weather for Energy Calculations) veri dosyaları 2005 ASHRAE İklim Dizayn Verileri'nden alınarak kullanılmıştır. ASHRAE Verileri, belirli bir dönem gözlenip ortalama değerler alınarak oluşturulmaktadır.

Yapılan hesaplamalarda, dairelerde ortalama 3 insan yaşadığı varsayılmıştır. Sıcak su kullanımı, ev ekipmanları kullanımı ve istenilen aydınlatma düzeyi programın her bir zona kullanım amacına göre önerdiği şablondan alınmıştır. Buna göre, sıcak su kullanım miktarı ortalama 0,530 l/m²-gün, istenilen aydınlatma düzeyi yaşama alanlarında ve banyoda 150 lux, mutfaklarda 300 lux, yatak odalarında ve apartman sirkülasyon alanında 100 lux'tur.

DesignBuilder programının sıklıkla kullanılan malzemelerden ve kabuk katmanlaşma detaylarından oluşan kendi içinde bir kütüphanesi bulunmakta, ayrıca özellikleri girilerek yeni malzemeler ve katmanlar da tanımlanabilmektedir. Simülasyonda kullanılan konuta ilişkin katmanlaşma detayları çizelge 5.2'de verilmektedir.

Çizelge 5.2: Mevcut konuta ilişkin kabuk katmanlaşma detayları.

		Malzeme	Kalınlık (cm)	Isı İletkenlik Katsayısı, λ (W/m ² K)	Isı Geçirimi Katsayısı, U (W/m ² K)
1		Isıtılmayan Bodrum Üstü Döşeme			
		Halı	1	0,06	
		Dökme mozaik	2,5	0,17	
		Tesviye betonu	2	0,88	1,194
		Betonarme döşeme	15	1,35	
2		Acık hava üzeri döşeme			
		Ahşap parke	2	0,14	
		Eğim betonu	3	0,88	
		Betonarme döşeme	12	1,35	1,366
		Hava boşluğu	100	0,23	
3		Döşeme			
		Ahşap kaplama	1,4	0,019	
		Şap	3	0,88	2,134
		Betonarme döşeme	12	1,35	
4		Dış duvar (A)			
		İç sıva	2	0,4	
		Tuğla duvar	23	0,84	1,514
5		Dış duvar (B)			
		İç sıva	2	0,4	
		Betonarme kolon	36	1,35	2,055
6		Isıtılmayan sınıra bakan iç duvar (A)			
		Dış sıva	2	0,18	
		Tuğla duvar	11	0,62	
		Boşluk	8	0,16	1,196
		Tuğla duvar	11	0,62	
7		Isıtılmayan sınıra bakan iç duvar (B)			
		Dış sıva	2	0,18	
		Perde duvar	30	1,35	2,032
		İç sıva	2	0,4	
8		Dış perde duvar			
		İç sıva	2	0,4	
9		İç bölme duvar			
		Alçı sıva	2	0,4	
		Tuğla duvar	11	0,62	2,235
10		Çatı katmanları			
		Çatı membranı	1	0,19	
		Rockwool	3	0,04	0,867
		Betonarme döşeme	15	1,35	
11		Doğrama ve cam tipi			
		Ahşap doğrama			
		Berrak cam			

Proje, ısıtılıp ısıtılmama, bulunduğu cephe ve kullanım fonksiyonu göz önüne alınarak zonlara ayrılmıştır. Normal bir katta, toplam 13 zon bulunmaktadır. Bunlar, apartman sirkülasyon holü, kuzey ve güney cephedeki dairelerde mutfak, salon, banyo, üçer adet yatak odasıdır. Çevredeki yapıların konut üzerinde yapacağı gölgelemeler hesaba katılmıştır.



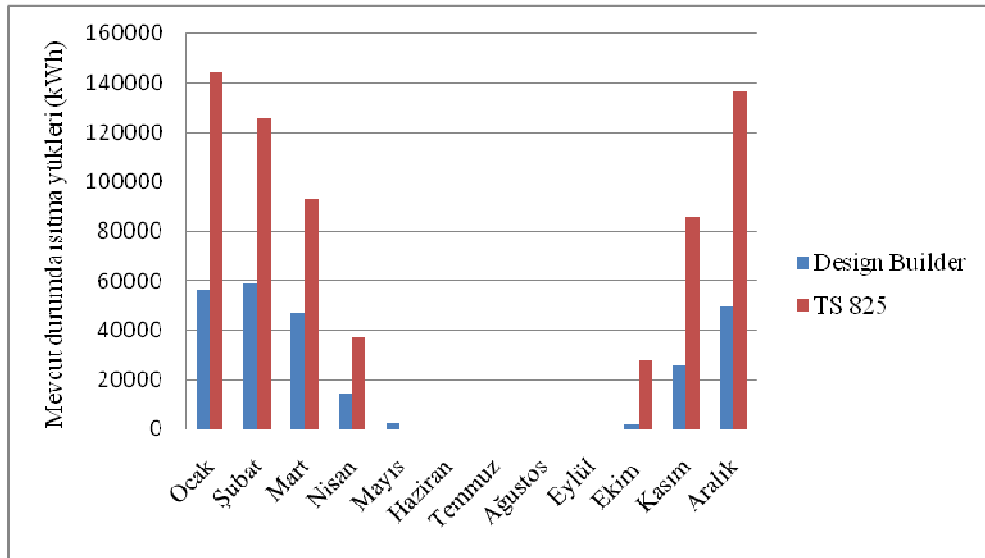
Şekil 5.1: Seçilen konutun programda modellenmesi.

Şekil 5.1’de seçilen konutun DesignBuilder’da modellenmiş görünüşü bulunmaktadır

Konutun mekanik iklimlendirme cihazı kullanılan alanları, mevcut duruma göre tanımlanıp, iç ortam sıcaklığı 19°C'nin altına düştüğünde mekanik ısıtma sistemlerinin ve 25°C'nin üstüne çıktığında mekanik soğutma sistemlerinin devreye gireceği varsayılmıştır. Ortam sıcaklığı 22°C'nin üstüne çıktığında ise doğal havalandırma yapılacağı öngörülmüştür. Hesaplama yarım saatlik aralıklarda yapılacak şekilde ele alınmıştır. Isıtma sistemi yakıtı olarak doğal gaz, soğutma sistemi yakıtı olarak elektrik tanımlanmıştır. Isıtma- havalandırma- iklimlendirme cihazlarının boyutlandırılmasında programdaki mevcut boyutlandırma değerleri alınmıştır.

5.2.2 Mevcut konutun enerji giderlerinin hesaplanması

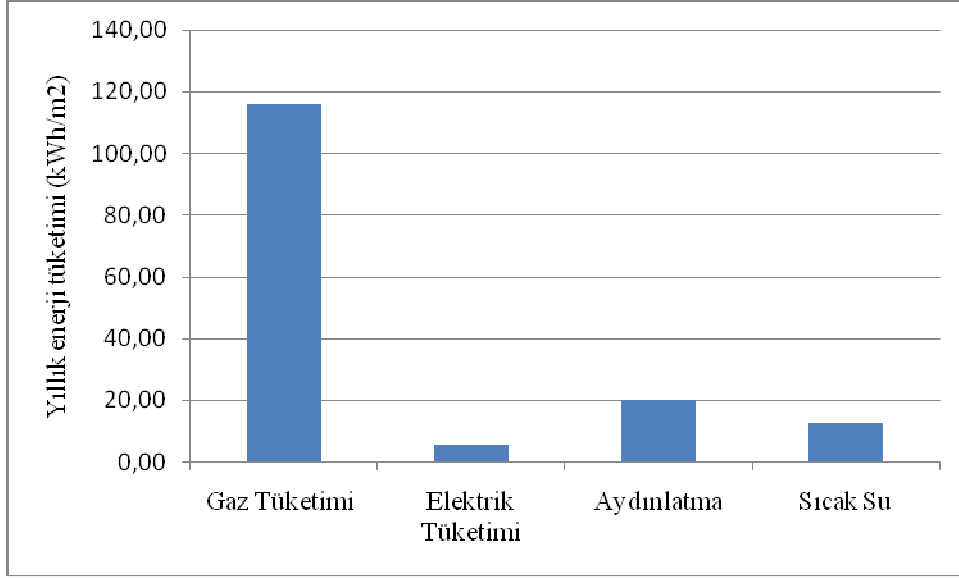
Bu adımda yukarıda belirtilen veriler ve varsayımlar ele alınarak binanın enerji giderleri simülasyon programı aracılığı ile belirlenmiş ve ısıtma yükleri TS 825 hesap metoduyla karşılaştırılmıştır. Şekil 5.2 binanın aylık ısıtma enerjisi yüklerinin TS 825'te belirtilen yolla ve DesignBuilder aracılığıyla hesaplanarak karşılaştırılmasını vermektedir.



Şekil 5.2: Farklı yolla hesaplanmış mevcut duruma ait ısı yüklerinin karşılaştırılması.

Mevcut duruma ait ısıtma yükü DesignBuilder programında hesaplandığı zaman yıllık 255578,3 kWh, TS 825 hesap metoduyla yıllık 649237,1 kWh olarak hesaplanmıştır. Aradaki fark daha önce bahsedildiği gibi, TS 825'in yöresel meteorolojik verileri ve yöresel güneş ışınımı değerlerini ele almamasından meydana gelmektedir.

DesignBuilder’ da yapılan hesaplara göre, konutta ısıtma için kullanılan gaz tüketimi yıllık 393200 kWh, soğutma için kullanılan elektrik tüketimi yıllık 18150 kWh, aydınlatma için elektrik tüketimi yıllık 68210 kWh, sıcak su için elektrik enerjisi yıllık 42280 kWh olarak hesaplanmıştır. Konutun yıllık CO2 emisyonu ise, 172200 kg bulunmuştur. Birim kullanım alanı başına düşen, yıllık enerji tüketim miktarları Şekil 5.3’te görülebilir.



Şekil 5.3: Birim kullanım alanına düşen enerji tüketimi.

Bu değerler ele alındığında, binalarda enerji performansı yönetmeliğinde ikinci iklim bölgesindeki apartman binaları için belirlenen sınıflara göre, seçilen konut enerji tüketim sınıfı bakımından B Sınıfına, sera gazı üretimi bakımından D Sınıfına girmektedir.

5.2.3 Enerji etkin yenilemede kullanılacak seçeneklerin belirlenmesi

Konutun enerji etkin yenilenebilmesi için seçenekler önerilmiş, önerilen her bir seçenek için enerji simülasyonu yapılarak, bu seçeneklerin konutun enerji yüküne ve CO2 emisyonuna etkisi incelenmiştir. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerini iyileştirmede kullanılabilecek enerji etkin yenileme önerileri, opak bileşenlerin iyileştirilmesi, saydam bileşenlerin iyileştirilmesi, güneş kontrolünün yapılması alt başlıklarında incelenmiştir.

- **Opak bileşen alternatiflerinin önerilmesi**

Çalışmada bina kabuğunun ısı yalıtım direncinin iyileştirilmesi için opak kabukta yalıtım katmanlarının kullanılması önerilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak konutun

dış cephe duvarlarına, açık geçit üzerinde bulunan birinci kat döşemesine, ısıtılmayan iç mekana bakan duvarlara ve ısıtılmayan iç mekan üzerinde bulunan döşemeye ekspande polistren, çatıya ise daha önceden konulmuş bir miktar taş yünü olduğu için taş yünü konulmuştur. Konut kullanımında olduğu için ve yapının dış cephesinde brüt beton olarak bulunan taşıyıcı sistemin yalıtımı esnasında oluşabilecek ısı köprüleri göz önünde bulundurularak, yalıtım konuta dışarıdan uygulanmıştır. Konulan malzemenin kalınlığının değişmesiyle konutta ısıtma-soğutma yükü, yakıt tüketimi ve CO2 emisyonu gibi daha önce belirlenen ölçütlerde meydana gelecek değişim değerlendirilmiştir. Her bir değişimin ilk yatırım maliyeti ve kullanıcının aylık yakıt giderlerinden sağlayabileceği kazanç belirlenmiştir.

Daha önce bahsedildiği gibi incelenen konut karkas sistemdir ve opak bileşen ana malzemesi delikli tuğladır. Konutun opak elemanlarının enerji etkin iyileştirilmesinde bir başka yenileme sistemi olarak konutun tuğla duvar dış cephesi, G2 Sınıfı gaz betonla, G4 sınıfı gaz betonla, beton blok duvar ve boşluklu tuğla duvarla değiştirilmiştir.

• Saydam bileşen alternatiflerinin önerilmesi

Saydam bileşenin (pencere sisteminin) bir binanın, güneş ışınlamı almadığı zamanlarda ısı kaybına neden olarak veya binanın fazla güneş ışınlamı aldığı zamanlarda ortamın fazla ısınmasını sağlayarak ısıtma yüklerini ve soğutma yüklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle, çalışmada seçilen konutun saydam bileşen olarak bulunan pencere sistemlerinin yenilenmesi için ahşap çerçeve sabit bırakılarak cam sistemleri için çeşitli alternatifler önerilmiştir. Bunlar;

- 6 mm berrak cam ve 13 mm ara boşluktan oluşan çift camlı pencere sistemi,
- 6 mm berrak low-E camdan ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan çift camlı pencere sistemi,
- 3 mm berrak cam ve 6 mm boşluktan oluşan üç camlı pencere sistemi,
- 3 mm berrak low-E cam ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan üç camlı pencere sistemi,
- 6 mm elektrokromik tutucu berrak cam ve 6 mm boşluktan oluşan çift camlı pencere sistemi,

- 6 mm elektrokromik yansıtıcı cam ve 6 mm boşluktan oluşan çift camlı pencere sistemidir.

Bilindiği gibi, İstanbul'da konut balkonları çoğunlukla kullanıcılar tarafından kapatılmaktadır. Uygulama için seçilen konut güney cephede geniş bir balkona sahiptir. Bu çalışmada kapatılan balkonların yapının enerji yüklerine etkisi de ele alınmıştır. Kapatma elemanı olarak beş farklı cam sistemi ele alınmış ve her bir sistem için enerji simülasyonu yapılmıştır.

- Tek tabaka 6 mm berrak cam sistemi,
- 6 mm berrak cam ve 13 mm boşluktan oluşan çift camlı sistem,
- Tek tabaka 6 mm berrak low-E cam sistemi,
- 6 mm berrak low-E cam ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan çift camlı sistem,
- 6 mm elektrokromik tutucu cam ve 6 mm boşluktan oluşan çift camlı sistemdir.

• Güneş kontrol elemanlarının önerilmesi

Güneş kontrol elemanları, güneş ışınımının istenmeyen zamanlarda bina içerisine girişini kontrol ederek, soğutma yüklerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Simülasyonlarda değişken olarak malzemesine, bulunduğu yere ve kontrol türüne bağlı olarak çeşitli güneş kontrol elemanı kombinasyonları ele alınmıştır. Kombinasyonlar oluşturulurken malzemesine göre panjur, saydam yalıtım, değişebilir elektrokromik güneş kontrol elemanı ve sabit güneş kontrol elemanı kullanılmıştır. Bulunduğu yere göre güneş kontrol elemanının içeride veya dışarıda bulunması durumu ele alınmıştır. Kontrol türüne göre ise, zamana bağlı kontrol, güneş ışınımına bağlı kontrol, ve konutta ısıtmanın istendiği kış döneminde gece ısıtma sağlayacak konutta soğutmanın istendiği yaz döneminde ise gündüz soğutma sağlayacak kontrol türleri belirlenmiştir. Oluşturulan seçenekler aşağıda sıralanmaktadır.

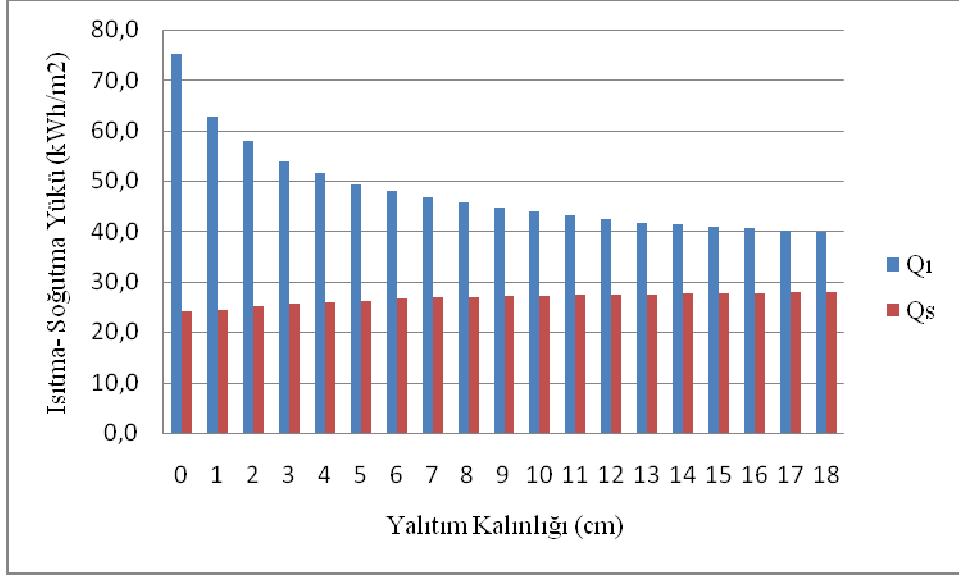
- Dışarıdan zaman kontrollü panjur uygulanması
- İçeriden zaman kontrollü panjur uygulanması
- Dışarıdan güneş ışınımı kontrollü panjur uygulanması

- İçeriden güneş ışıını kontrolü panjur uygulanması
- İçeriden zaman kontrollü yüksek yansıtıcılık değerine sahip malzemeden panjur uygulanması
- İçeriden zaman kontrollü düşük yansıtıcılık değerine sahip malzemeden panjur uygulanması
- İçeriden, gece kontrolüyle pencerelerden ısı kaybını nleme, gündüz kontrolü ile soğutma yüklerini azaltmak amacıyla kontrol yapılacak şekilde panjur uygulanması
- Dışarıdan, gece kontrolüyle pencerelerden ısı kaybını nleme, gündüz kontrolü ile soğutma yüklerini azaltmak amacıyla kontrol yapılacak şekilde saydam yalıtım uygulanması
- Değişebilir elektrokromik tutucu güneş kontrol elemanı uygulanması
- Konutta sabit olarak bulunan ve cepheden 50 cm dışarı uzanan güneş kontrol elemanlarının uygulanmasıdır.

5.2.4 Belirlenen seçeneklerin konuta uygulanması

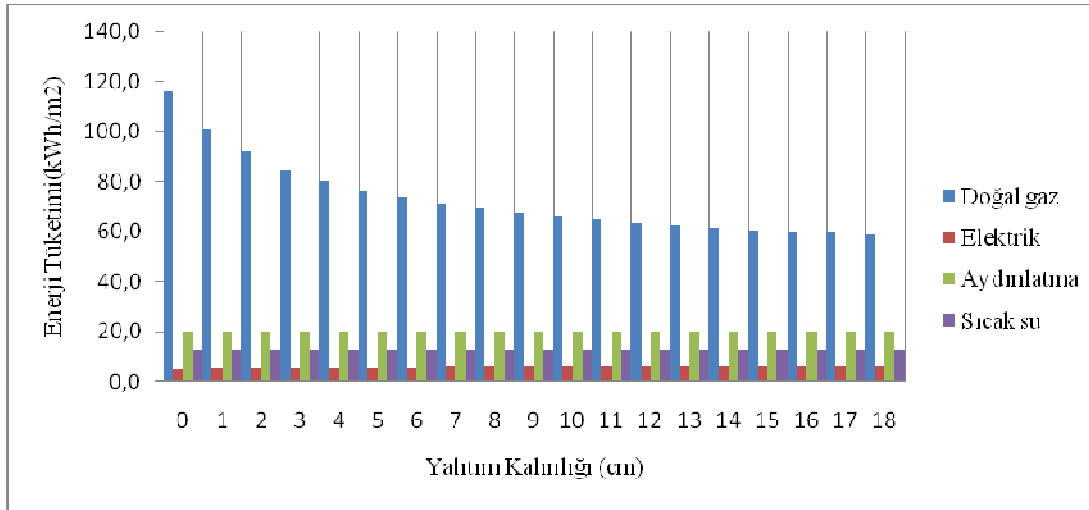
Bu bölümde, yukarıda açıklanan seçenekler uygulandığında konutun birim metrekaresine düşecek ısıtma yükü, soğutma yükü, CO2 tüketimi ve toplam enerji tüketimi DesignBuilder programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Her bir seçeneğin farklı alternatiflerinin uygulanmasıyla meydana gelecek sonuç değerler çizelgeler aracılığıyla gösterilmiştir.

İlk olarak, yapının opak elemanlarının iyileştirilmesi başlığı altında yer alan, bina kabuğunun toplam ısıl geçirgenlik katsayısının düşürülmesi için opak kabuğa yalıtım uygulanmıştır. şekil 5.4'te bina kabuğuna uygulanan yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak, ısıtma ve soğutma yükü değişimi grlmektedir. Konut kullanılmakta olduğundan ve meydana gelebilecek ısı köprülerini önlemek için yalıtımın yapıya dışarıdan uygulanması önerilmiştir.



Şekil 5.4: Yalıtım kalınlığının ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.

Şekil 5.5’te yapıya yalıtım malzemesi eklenmesiyle enerji tüketimlerinde meydana gelecek değişimler görülmektedir.



Şekil 5.5: Yalıtım kalınlığının konut enerji tüketimiyle ilişkisi.

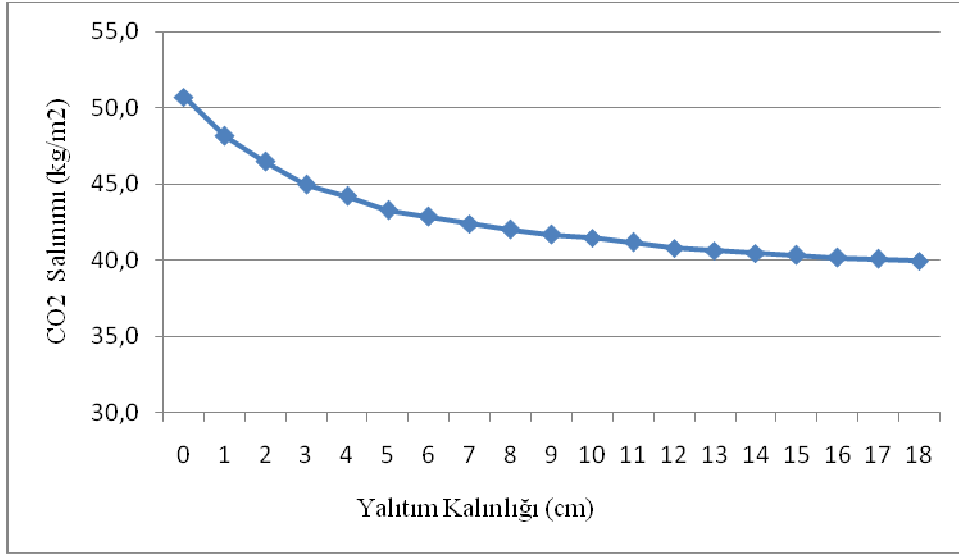
Çizelge 5.3’te seçilen konuta uygulanan yalıtımın kalınlığının artmasıyla konutta kullanılan alanların birim m^2 ’sine düşecek yıllık enerji yükleri, CO2 emisyonu ve enerji tüketimi görülmektedir.

Çizelge 5.3: Yalıtım kalınlığı (cm) artması durumunda yıllık enerji yükleri.

/BİRİM M ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Q ₁ (kWh)	75,3	62,9	58,0	53,9	51,7	49,2	48,0	46,7	45,6	44,7	44,0	43,2	42,3	41,8	41,3	40,9	40,5	40,2	39,9
Q _s (kWh)	24,1	24,4	25,1	25,6	26,0	26,3	26,6	26,8	27,0	27,1	27,3	27,4	27,5	27,5	27,6	27,7	27,8	27,8	27,9
Q _a (kWh)	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,2
SG (kWh)	98,8	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3
CO ₂ E (kg)	50,7	48,2	46,5	45,0	44,2	43,3	42,9	42,4	42,0	41,7	41,5	41,2	40,8	40,6	40,5	40,3	40,2	40,1	40,0
D.G. (kWh)	115,8	100,9	92,1	84,7	80,5	76,1	73,8	71,3	69,3	67,6	66,4	64,9	63,3	62,3	61,5	60,7	60,0	59,4	58,9
E. (kWh)	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
A. (kWh)	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
S.S. (kWh)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5

Bu çizelgede ve bu bölümdeki diğer çizelge ve şekillerde; Q₁= Isıtma yükü, Q_s=Soğutma yükü, Q_a=Aydınlatma yükü, CO₂ E.=Karbon Dioksit emisyonu, D.G.= Isıtmada kullanılan doğal gaz enerjisi, E.=Soğutmada kullanılan elektrik enerjisi, A.=Aydınlatmada kullanılan enerji, S.S.=Sıcak su enerjisi, D.G.= Isıtmada için gerekli doğal gaz enerjisi, E.= Soğutma için gerekli elektrik enerjisi, A.=Aydınlatmada gerekli enerji, S.S.=Sıcak su elde etmek için gerekli enerjiyi göstermektedir.

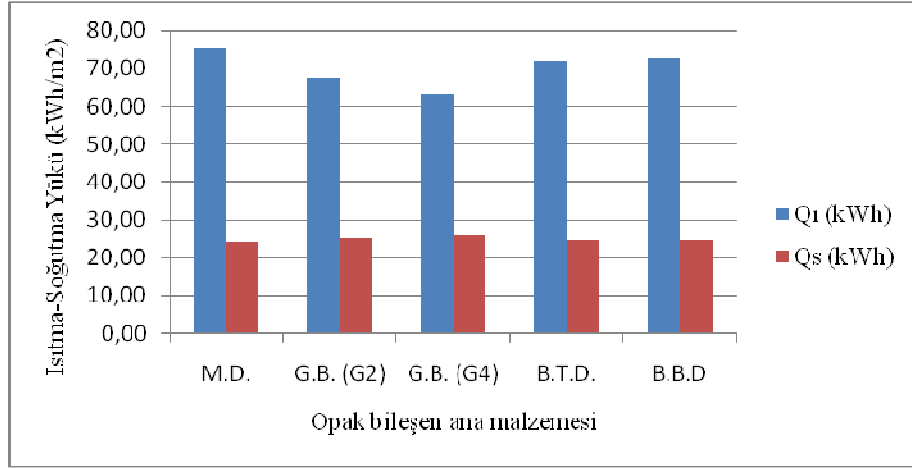
Seçilen konuta yalıtım uygulanması durumunda CO2 emisyonunda meydana gelecek değişimler ise Şekil 5.6’da görölmektedir.



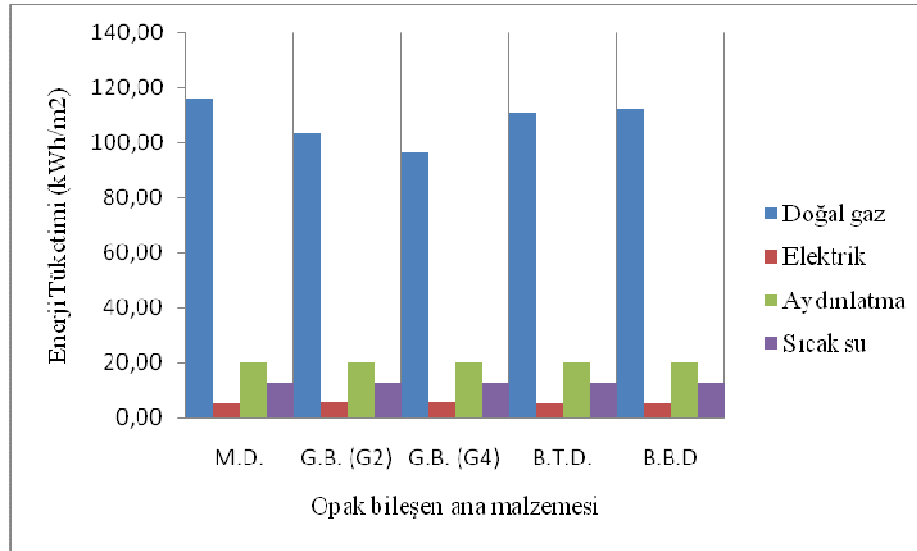
Şekil 5.6: Yalıtım kalınlığının konut CO2 emisyonu ile ilişkisi.

Grafiklerden göröldüğü gibi konuta uygulanan yalıtım kalınlığı arttıkça konutun ısıtma yükü, ısıtma enerjisi tüketimi ve CO2 emisyonu azalmaktadır. Yalıtım kalınlığı arttıkça soğutma yükünde ve soğutma enerjisinde ise bir miktar artış görölmektedir. Bu durumun kullanılan yalıtım malzemesine bağlı olarak değiştii gözlemlenmiştir. (Farklı yalıtım malzemelerinin kullanımına ilişkin ek bir çalışma Ek A.3’te verilmektedir.)

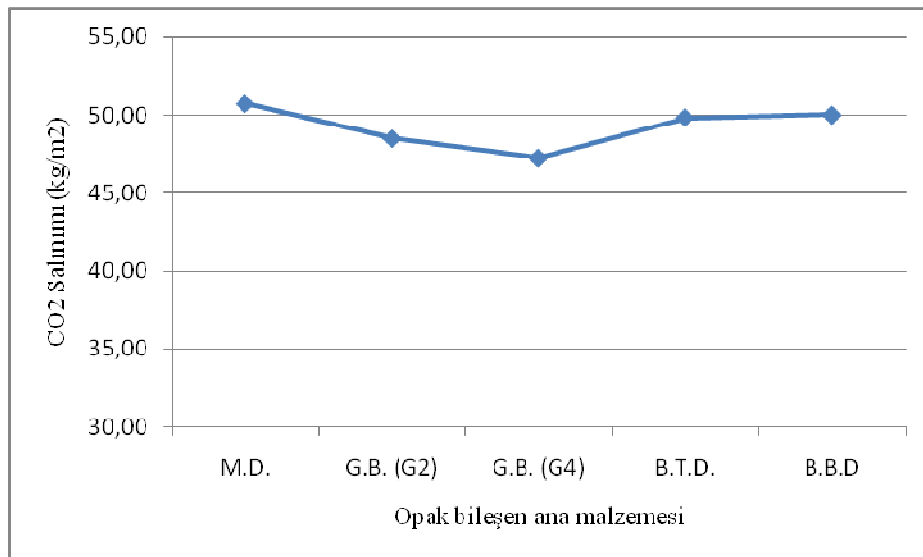
Konutun opak bileşenlerinin enerji etkinliğini artırmada kullanılan başka bir seçenek daha önce bahsedildiği gibi opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi olmuştur. Opak bileşen ana malzemesinin değişmesiyle, binanın ısıtma yüklerindeki değişimler gözlemlenmiştir. Şekil 5.7’de seçilen konuttaki opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi durumunda konutun birim m²’sine düşen yıllık ısıtma ve soğutma yüklerinde meydana gelecek değişim gösterilmektedir. Şekil 5.8’de ise opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi durumunda konuttaki enerji tüketimlerinde meydana gelecek değişimler görölmektedir. Opak bileşen ana malzemesinin konut CO2 emisyonuna etkisi ise Şekil 5.9’da görölmektedir. Aşağıdaki grafik ve şekillerde, M.D.=Mevcut durum, G.B.(G2)=G2 sınıfı gaz beton, G.B.(G4)=G4 sınıfı gaz beton, B.T.D.=Boşluklu tuğla duvar, B.B.D.=Beton blok duvarı göstermekte kullanılmıştır



Şekil 5.7: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin ısıtma soğutma yüküne etkisi.



Şekil 5.8: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin enerji tüketimine etkisi.



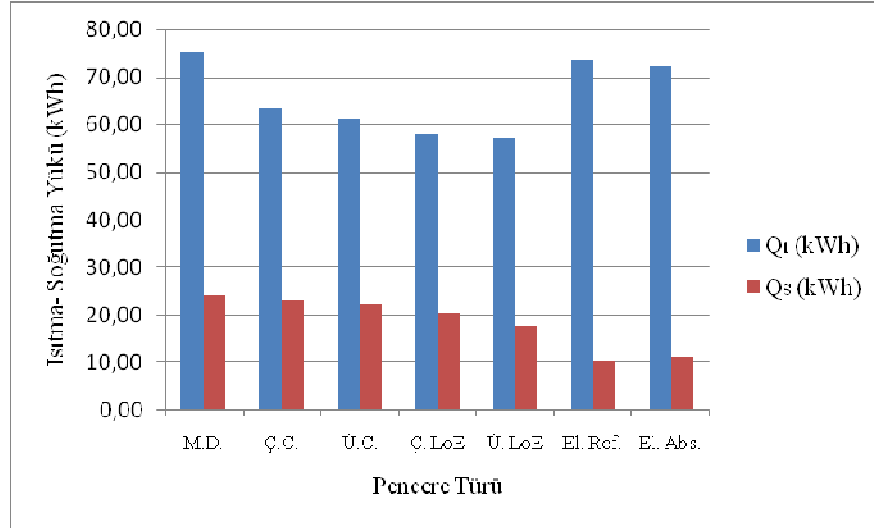
Şekil 5.9: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesinin CO2 emisyonuna etkisi.

Çizelge 5.4: Opak bileşen ana malzemesinin değişmesi durumunda enerji yükleri.

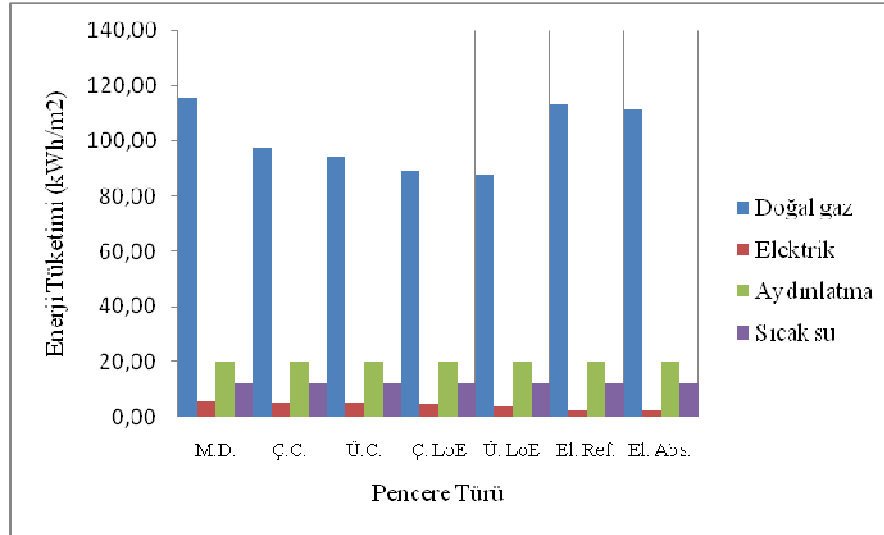
/BİRİM M ²	M.D.	G.B. (G2)	G.B. (G4)	B.T.D.	B.B.D
Q ₁ (kWh)	75,28	67,38	67,38	72,03	72,71
Q _s (kWh)	24,06	25,17	25,17	24,47	24,37
Q _a (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
SG (kWh)	98,80	98,80	98,80	2,92	2,92
CO ₂ E. (kg)	50,72	48,52	48,52	49,81	50,00
D.G. (kWh)	115,82	103,66	103,66	110,82	111,87
E. (kWh)	5,35	5,59	5,59	5,44	5,42
A. (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
S.S. (kWh)	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45

Çizelge 5.4’te opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesiyle konutun enerji yüklerinde, CO₂ emisyonunda ve enerji tüketimlerinde meydana gelecek değişimler kullanım m²’si başına düşen yıllık değer olarak gösterilmektedir.

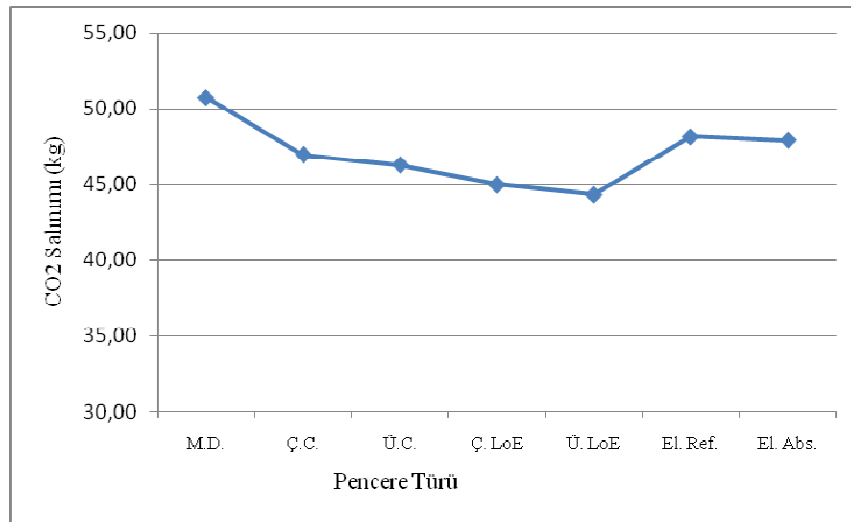
Konutun saydam elemanlarının enerji etkinliğinin iyileştirilmesinde uygulanan seçenekler daha önce belirtildiği gibi pencere sistemlerinin yenilenmesi ve güney cephede bulunan balkonun cam ile kapatılmasıdır. Pencere seçimi konutun ısı performansını ve iç mekanda meydana gelecek ısı değişimini önemli oranda etkilemektedir. Isıl dirençleri düşük pencereler kış döneminde gündüz güneş direkt ışıınının olmadığı zamanlarda ısı kaybına sebep olmaktadır. Isıl direnci yüksek pencereler kullanılarak kışın güneşli günlerde ısıtmada kullanılan enerji miktarı düşürülebilmektedir. Simülasyon sonuçlarından görüldüğü üzere farklı pencere sistemleri yapıya farklı şekilde etki etmektedir. Bazı sistemlerin ısıtma yükünü azaltmadaki etkisi daha fazla iken bazıları soğutma yükünü daha fazla düşürmektedir. Şekil 5.10’da farklı pencere sistemlerinin uygulanmasıyla seçilen konutun birim m²’sine düşen yıllık ısıtma ve soğutma yükleri gösterilmiştir. İstanbul’da seçilen konut üzerinde ele alınan saydam bileşen seçenekleri arasında enerji tüketimi bakımından en uygun etkiyi şekilde görüldüğü gibi üçlü LowE camların gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 5.11’de farklı pencere türlerinin konut enerji tüketimine olan etkileri görülebilmektedir. Pencere türünün, konutun CO₂ emisyonuna etkisi ise Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.10: Farklı pencere türlerinin ısıtma ve soğutma yüküne etkisi.



Şekil 5.11: Farklı pencere türlerinin enerji tüketimine etkisi.



Şekil 5.12: Pencere türünün konut CO2 emisyonuna etkisi.

Konutta kullanılan yenileme seçeneklerinden pencere çeşidinin değiştirilmesiyle kullanım alanı birim m²'sine düşen enerji yükleri, CO₂ emisyonu ve enerji tüketim miktarı Çizelge 5.5'te görülmektedir.

Çizelge 5.5: Pencere türünün değişmesi durumunda enerji yükleri.

/BİRİM M ²	M.D.	Ç.C.	Ü.C.	Ç. LoE	Ü. LoE	El. Ref.	El. Abs.
Q _i (kWh)	75,28	63,19	61,32	57,98	57,14	73,51	72,34
Q _s (kWh)	24,06	23,05	22,34	20,47	17,77	10,61	11,24
Q _a (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
SG (kWh)	98,80	72,60	70,13	56,35	57,14	22,36	24,98
CO ₂ E. (kg)	50,72	46,94	46,27	44,98	44,32	48,14	47,89
D.G. (kWh)	115,82	97,22	94,34	89,20	87,91	113,08	111,29
E. (kWh)	5,35	5,12	4,97	4,55	3,95	2,36	2,50
A. (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
S.S. (kWh)	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45

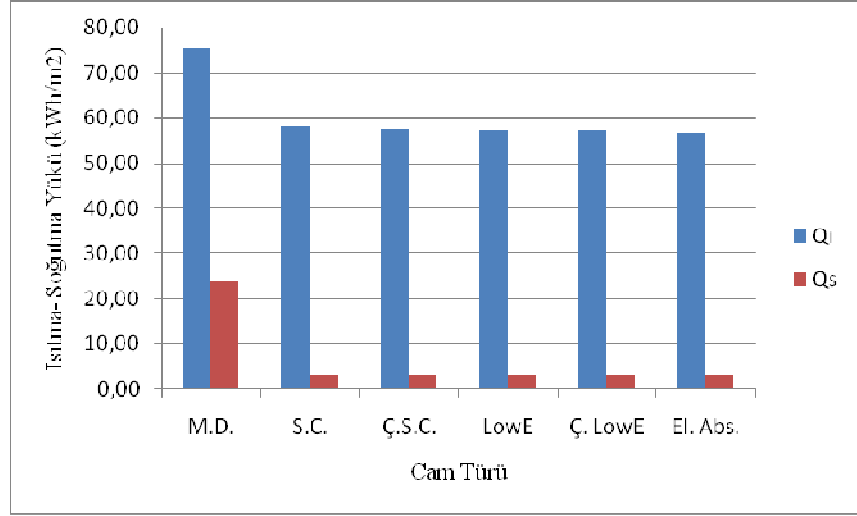
Yukarıdaki şekil ve çizelgelerde; M.D.=Mevcut durum, Ç.C.= Çift berrak cam, Ü.C.=Üçlü berrak cam, Ç. LoE=Çift low-e cam, Ü.LoE=Üçlü low-e cam, El. Ref=Elektrokromik yansıtıcı cam, El.Abs.=Elektrokromik tutucu camı göstermektedir.

Saydam bileşenlere yönelik enerji etkinliği iyileştirme açısından uygulanabilecek diğer bir seçenek daha önce açıklandığı gibi güney cephesindeki balkonların cam ile kapatılmasıdır. Balkonun kapatılmasında farklı cam sistemleri kullanıldığında enerji yüklerinde, CO₂ emisyonunda ve enerji tüketiminde meydana gelecek değişiklikler, birim m²'ye düşen yıllık miktar olarak çizelge 5.6'da görülebilmektedir.

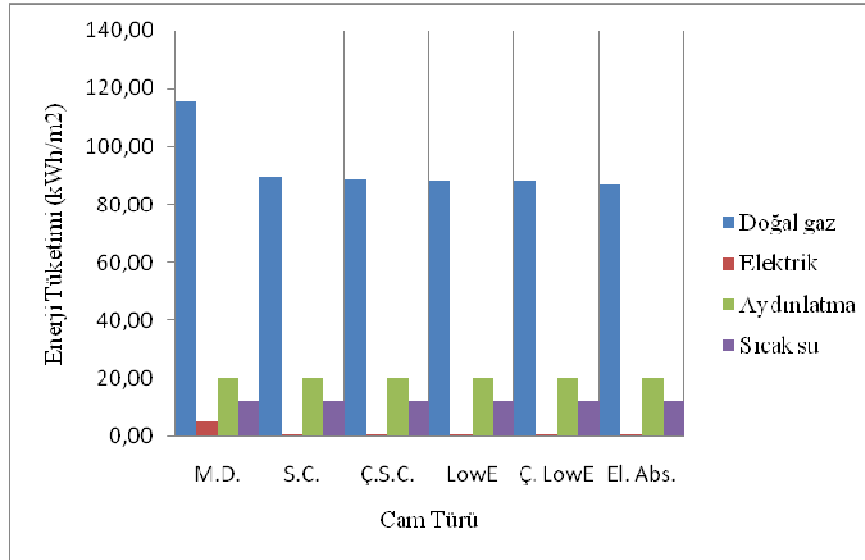
Çizelge 5.6: Güney cephesindeki balkonun kapatılması durumunda enerji yükleri.

/BİRİM M ²	M.D.	S.C.	Ç.S.C.	LowE	Ç. LowE	El. Abs.
Q _i (kWh)	75,28	58,12	57,54	57,35	57,40	56,56
Q _s (kWh)	24,06	3,21	3,24	3,24	3,21	3,24
Q _a (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
SG (kWh)	98,80	117,92	106,66	113,76	99,58	108,62
CO ₂ E. (kg)	50,72	41,85	41,85	41,85	41,85	41,85
D.G. (kWh)	115,82	89,42	88,52	88,24	88,31	87,01
E. (kWh)	5,35	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
A. (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
S.S. (kWh)	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45

Şekil 5.13 balkonun kapatılmasının ısıtma soğutma yükleriyle ilişkisini, Şekil 5.14 balkonun kapatılmasının enerji tüketimiyle ilişkisini, Şekil 5.15 balkonun kapatılmasının konut CO2 emisyonu ile ilişkisini göstermektedir.

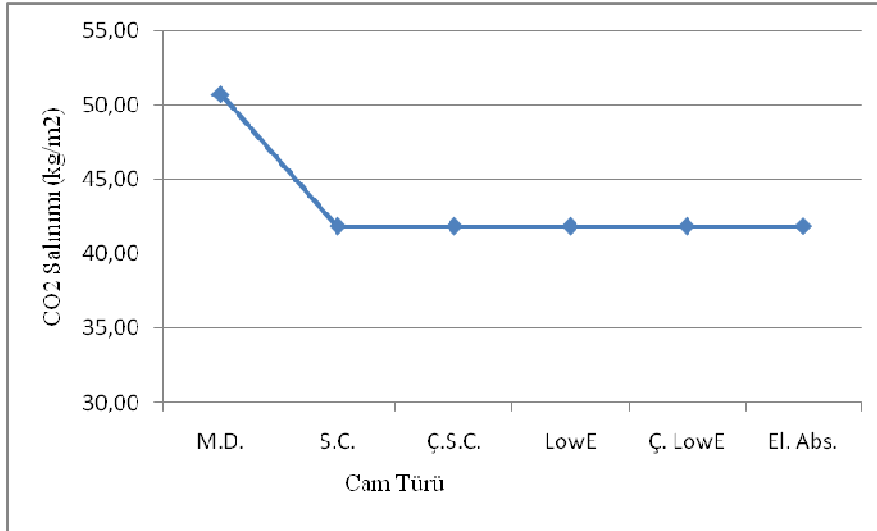


Şekil 5.9: Güney cephesindeki balkonun kapatılmasının ısıtma- soğutma yüküne etkisi.



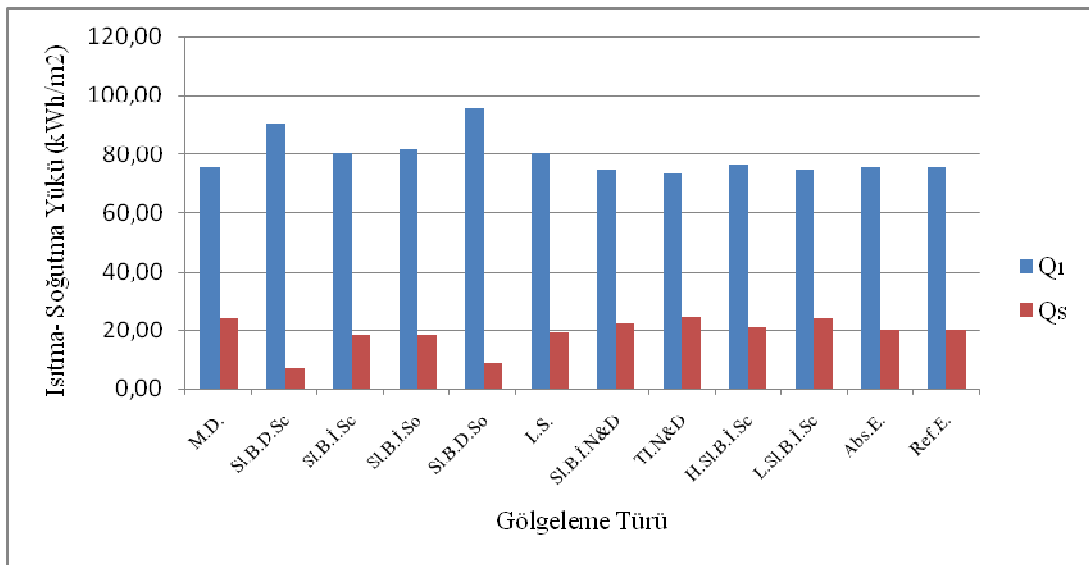
Şekil 5.10: Güney cephesindeki balkonun kapatılmasının enerji tüketimine etkisi.

Güney cephesindeki balkonun camla kapatılmasına ilişkin şekillerde ve çizelgede; M.D=Mevcut durum, S.C.=Tek tabaka berrak cam ile kapatılma durumunu, Ç.S.C=Çift berrak cam ile kapatılma durumunu, LowE=LowE cam ile kapatılma durumunu, Ç. LowE=Çift lowe cam ile kapatılma durumunu, El. Abs.=Elektrokromik tutucu cam ile kapatılma durumunu göstermek için kullanılmıştır.



Şekil 5.11: Güney cephesindeki balkonun kapatılması durumunda CO2 emisyonu.

Güneş kontrol elemanları kullanılan türe bağlı olarak yapıya, ısıtmanın istenmediği zamanlarda direkt güneş ışıınımlarının girişini engelleyerek soğutma yüklerini azaltmakta ve ısıtmanın istendiği zamanlarda pencerelerin önünde bir çeper oluşturarak pencerelerden ısı kaybedilmesini engelleyip ısıtma yükünü azaltabilmektedir. Önceki bölümde açıklandığı gibi, güneş kontrol elemanları belirlenirken, farklı malzeme, kontrol biçimi ve bulunduğu yere göre farklı seçenekler denenmiştir. Belirlenen güneş kontrol elemanları seçilen konut üzerinde simülasyon aracılığıyla uygulanmıştır. Şekil 5.16’da güneş kontrol türünün konutun ısıtma ve soğutma yükleriyle ilişkisi görülmektedir.



Şekil 5.12: Güneş kontrol türünün ısıtma- soğutma yüküne etkisi.

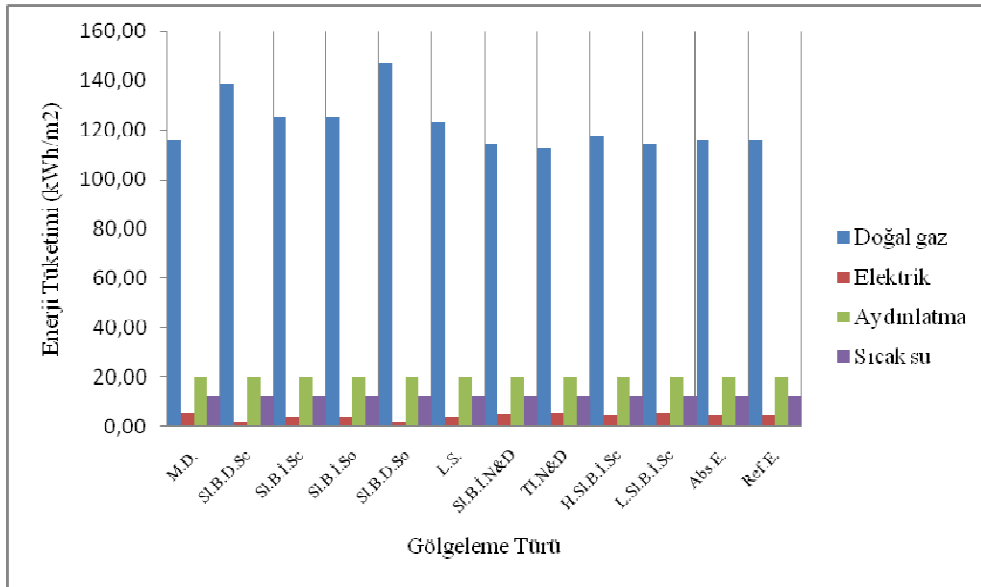
Çizelge 5.7: Güneş kontrol elemanlarının kullanılması durumunda meydana gelen yıllık enerji yükleri.

/BİRİM M ²	M.D.	Sl.B.D.Sc	Sl.B.İ.Sc	Sl.B.İ.So	Sl.B.D.So	L.S.	Sl.B.İ.N&D	TI.N&D	H.Sl.B.İ.Sc	L.Sl.B.İ.Sc	Abs.E.	Ref.E.
Q _i (kWh)	75,28	90,12	79,97	81,46	95,29	80,09	74,52	73,20	76,34	74,52	75,27	75,27
Q _s (kWh)	24,06	7,42	18,21	18,12	8,86	19,03	22,40	24,52	21,27	24,29	20,04	19,80
Q _a (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
SG (kWh)	98,80	16,14	16,49	33,41	34,22	78,79	85,20	97,20	94,07	84,34	87,71	87,59
CO ₂ E. (kg)	50,72	52,64	51,74	51,67	54,41	51,40	50,24	50,17	50,62	50,53	50,11	50,07
D.G. (kWh)	115,82	138,65	125,59	125,31	146,61	123,21	114,64	112,62	117,45	114,64	115,80	115,79
E. (kWh)	5,35	1,65	4,05	4,03	1,97	4,23	4,98	5,45	4,72	5,40	4,45	4,40
A. (kWh)	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09	20,09
S.S. (kWh)	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45

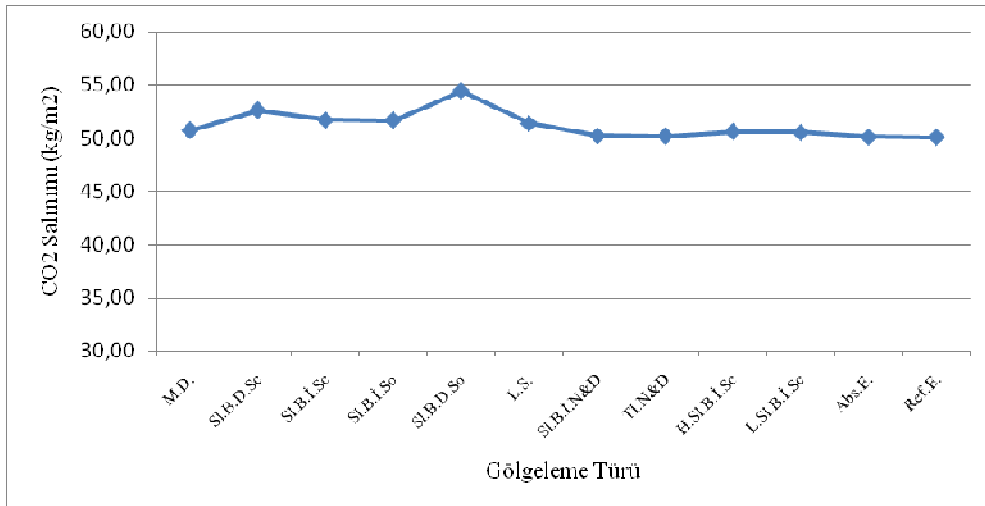
Güneş kontrol elemanının kullanılması durumundaki simülasyon sonuçlarını gösteren çizelgede ve grafiklerde; M.D.=Mevcut durum, Sl.B.D.Sc.=Dışarıdan zaman kontrollü panjur uygulanması, Sl.B.İ.Sc.=İçeriden zaman kontrollü panjur uygulanması, Sl.B.İ.So.=İçeriden güneş ışıını kontrolü panjur uygulanması, Sl.B.D.So.=Dışarıdan güneş ışıını kontrolü panjur uygulanması, L.S.= Konutta sabit olarak bulunan ve cepheden 50 cm dışarı uzanan güneş kontrol elemanlarının uygulanması, Sl.B.İ.N&D= İçeriden gece ısıtma gündüz soğutma kontrolü yapılacak şekilde panjur uygulanması, TI.N&D.= Dışarıdan gece ısıtma gündüz soğutma kontrolü yapılacak şekilde saydam yalıtım uygulanması, H.Sl.B.İ.Sc.=İçeriden zaman kontrollü yüksek yansıtıcılık değerine sahip malzemeden panjur uygulanması, L.Sl.B.İ.Sc.=İçeriden zaman kontrollü düşük yansıtıcılık değerine sahip malzemeden panjur uygulanması, Abs.E.=Değişebilir elektrokromik tutucu güneş kontrol elemanı uygulanması, Ref.E.=Değişebilir elektrokromik yansıtıcı güneş kontrol elemanı uygulanmasını ifade etmekte kullanılmıştır.

Çizelge 5.6’da farklı güneş kontrol türlerinin konutun enerji yüklerine, CO2 emisyonuna ve enerji tüketimine etkileri görülmektedir. Güneş kontrol elemanı kullanılması yazın konutun konfor şartlarının doğal olarak sağlandığı süreyi uzatabilmektedir.

Şekil 5.17’de kullanılan farklı güneş kontrolü türüne göre, konutun enerji tüketimlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. Şekil 5.18’de ise farklı güneş kontrolü türlerinin, konutun CO2 emisyonunda meydana getirdiği değişim görülmektedir.



Şekil 5.13: Güneş kontrol türünün konut enerji tüketimine etkisi.



Şekil 5.14: Güneş kontrol türünün konut CO2 emisyonuna etkisi.

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi güneş kontrol elemanı kullanımı, konuttaki soğutma giderlerini önemli ölçüde düşürebilmektedir. Diğer taraftan, güneş kontrol elemanlarının, ısıtmanın istendiği dönemlerde, direkt güneş ışınlamalarının konutun içine alınmasına engel teşkil etmemesi ısıtma giderlerinin artmaması açısından önemlidir.

DesignBuilder simülasyon programında güneş kontrol elemanları, açıklıkların tanımlandığı kısımdan seçilmektedir. Bu kısımda panjur, saydam yalıtım, elektrokromik güneş kontrol elemanı ve konutta sabit eleman olarak bulunan güneş kontrol elemanları gibi seçenekler mevcuttur. Çalışmada kullanılan panjur sistemi, 0°-180° arası hareket edebilen, 45° açiya sahip, yatay 1 mm kalınlığında 25 mm genişliğinde 19 mm aralığında yatay şeritlerden oluşmaktadır.

5.2.5 Ekonomik etkinliğin değerlendirilmesi

Ekonomik olarak optimum yenilemeyi belirlerken, ilk yatırım maliyet hesapları için, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının birim fiyatlar listesinde bulunan malzemeler için, birim fiyatlar bu listeden alınmış (Url-5), diğer malzemeler için piyasa araştırması yapılmıştır (Url-6). Uygulanan yenileme seçeneğinin kullanıcının aylık giderlerindeki düşüşten dolayı sağlayacağı kazancı hesaplarırken, İGDAŞ ve TEDAŞ'ın 2009 şubat ayına ait doğalgaz ve elektrik fiyatları kullanılmıştır. Yapıya ekonomik bakımdan optimum verimi sağlayacak yenileme seçeneğini belirlemek için ileride sağlanacak kazançların şu anki değerini hesaplarırken nakit akışı ömrü 20 sene, yıllık faiz oranı %12, vergi oranı %18 kabul edilmiş ve bu faiz vergi oranları kullanılarak %10 iskonto oranı uygulanmıştır. Her hangi bir yatırımın ekonomik uygunluğu araştırılırken, kullanılan krediyi, harcanan nakit parayı ileride yatırımdan dolayı meydana gelebilecek nakit akışını ağırlandırarak kıyaslanabilir hale getirilmesinde ana paranın ağırlıklı ortalama değeri iskonto oranı olarak kullanılmakta ve buradan net güncel değer hesaplanmaktadır (Url-7). Ana paranın ağırlıklı ortalama değeri aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$WACC = \frac{E}{V} * Re + \frac{D}{V} * Rd * (1 - Tc) \quad (5.1)$$

Burada; WACC = Anaparanın ağırlıklı ortalama değeri (weighted average cost of capital), Re= sermaye maliyeti, Rd = borç maliyeti, E = sermayenin piyasa değeri, D

= borcun piyasa değeri, $V = E+D$, E/V = sermayenin finansman yüzdesi, D/V = borcun finansman değeri, T_c = vergi oranını ifade etmektedir.

R_d (yıllık faiz oranı) = %12, T_c (vergi oranı) = %18 olarak alındığı zaman anaparanın ağırlıklı ortalama değeri %10 olur. Yapılan yatırımın net güncel değeri ise ileride meydana gelecek nakit akışının, anaparanın ağırlıklı ortalama değeri oranında iskonto uygulanarak güncel değer haline getirilmesiyle hesaplanır. (Url-8)

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} - C_0 \quad (5.2)$$

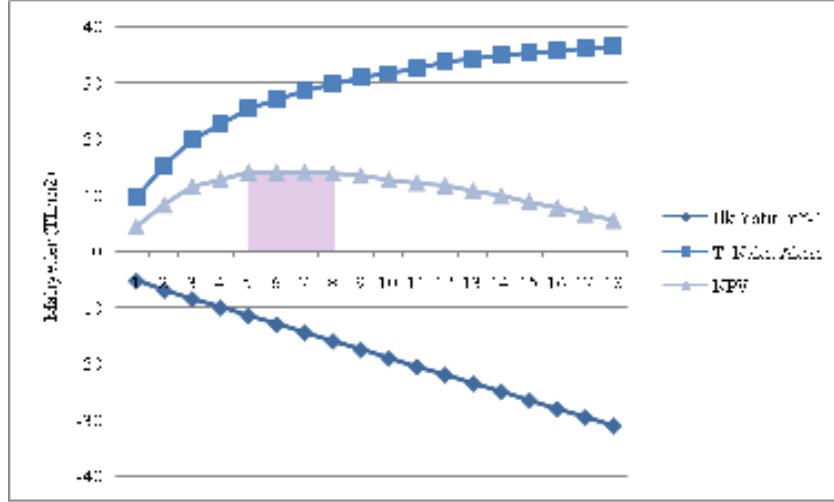
Bu formülde NPV = Net güncel değeri, i = nakit akışı sağlanacak yıl sayısını, C_i = O yılda gerçekleşecek nakit akışını, C_0 = Yapılan ilk yatırımı, r = Iskonto oranını göstermektedir.

Çizelge 5.8’de uygulanan yalıtım kalınlığına bağlı olarak net güncel değer değişimi görülmektedir. Çizelgedeki ilk yatırım maliyetleri daha önce belirtildiği gibi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı birim fiyat listesi kullanılarak hesaplanmış, yıllık nakit akışı, simülasyon programında hesaplanan enerji tüketim miktarındaki düşüslere göre İGDAŞ ve TEDAŞ’ın fiyatları esas alınarak belirlenmiştir. Net güncel değer hesaplama formülü kullanılarak, her bir yılda gerçekleşecek nakit akışı iskonto oranında indirgenmiş, toplam gerçekleşecek nakit akışı belirlenerek, ilk yatırım maliyeti bu rakamdan düşürülmüştür.

Çizelge 5.8: Uygulanan yatırımların kalınlığına bağlı olarak net güncel değer değişimi.

Yapılan Yenileme	İlk Yatırım (TL)	Yıllık Nakit Akışı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Net Nakit Akışı	NPV (TL)
1 cm yatırım	5,16	1,10	1,00	0,91	0,83	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40	0,36	0,33	0,30	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	9,60	4,44
2 cm yatırım	6,93	1,74	1,59	1,45	1,32	1,21	1,10	1,01	0,92	0,84	0,76	0,70	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40	0,37	0,33	0,31	0,28	15,25	8,32
3 cm yatırım	8,43	2,28	2,08	1,90	1,73	1,58	1,44	1,32	1,20	1,10	1,00	0,91	0,83	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40	0,37	19,99	11,55
4 cm yatırım	9,94	2,59	2,36	2,16	1,97	1,80	1,64	1,49	1,36	1,24	1,14	1,04	0,95	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,41	22,68	12,74
5 cm yatırım	11,44	2,91	2,66	2,43	2,21	2,02	1,84	1,68	1,53	1,40	1,28	1,17	1,06	0,97	0,88	0,81	0,74	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	25,50	14,06
6 cm yatırım	12,94	3,08	2,81	2,57	2,34	2,14	1,95	1,78	1,62	1,48	1,35	1,23	1,13	1,03	0,94	0,85	0,78	0,71	0,65	0,59	0,54	0,49	26,99	14,05
7 cm yatırım	14,45	3,26	2,98	2,72	2,48	2,26	2,06	1,88	1,72	1,57	1,43	1,30	1,19	1,09	0,99	0,90	0,82	0,75	0,69	0,63	0,57	0,52	28,54	14,10
8 cm yatırım	15,95	3,41	3,11	2,84	2,59	2,36	2,16	1,97	1,79	1,64	1,49	1,36	1,24	1,13	1,04	0,94	0,86	0,79	0,72	0,65	0,60	0,55	29,83	13,88
9 cm yatırım	17,45	3,53	3,22	2,94	2,68	2,45	2,23	2,04	1,86	1,70	1,55	1,41	1,29	1,18	1,07	0,98	0,89	0,82	0,74	0,68	0,62	0,56	30,92	13,47
10 cm yatırım	18,96	3,62	3,30	3,01	2,75	2,51	2,29	2,09	1,91	1,74	1,59	1,45	1,32	1,20	1,10	1,00	0,92	0,84	0,76	0,70	0,63	0,58	31,68	12,72
11 cm yatırım	20,46	3,73	3,40	3,11	2,83	2,59	2,36	2,15	1,96	1,79	1,63	1,49	1,36	1,24	1,13	1,03	0,94	0,86	0,79	0,72	0,65	0,60	32,65	12,19
12 cm yatırım	21,96	3,85	3,51	3,21	2,92	2,67	2,43	2,22	2,03	1,85	1,69	1,54	1,40	1,28	1,17	1,07	0,97	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	33,70	11,74
13 cm yatırım	23,47	3,92	3,58	3,26	2,98	2,72	2,48	2,26	2,06	1,88	1,72	1,57	1,43	1,31	1,19	1,09	0,99	0,90	0,83	0,75	0,69	0,63	34,31	10,84
14 cm yatırım	24,97	3,98	3,63	3,32	3,03	2,76	2,52	2,30	2,10	1,91	1,75	1,59	1,45	1,33	1,21	1,10	1,01	0,92	0,84	0,76	0,70	0,64	34,85	9,88
15 cm yatırım	26,47	4,04	3,68	3,36	3,07	2,80	2,55	2,33	2,13	1,94	1,77	1,61	1,47	1,34	1,23	1,12	1,02	0,93	0,85	0,78	0,71	0,65	35,34	8,87
16 cm yatırım	27,98	4,09	3,73	3,40	3,11	2,83	2,59	2,36	2,15	1,96	1,79	1,63	1,49	1,36	1,24	1,13	1,03	0,94	0,86	0,79	0,72	0,65	35,78	7,80
17 cm yatırım	29,48	4,13	3,77	3,44	3,14	2,86	2,61	2,38	2,18	1,99	1,81	1,65	1,51	1,38	1,26	1,15	1,05	0,95	0,87	0,79	0,72	0,66	36,17	6,69
18 cm yatırım	30,98	4,17	3,81	3,47	3,17	2,89	2,64	2,41	2,20	2,00	1,83	1,67	1,52	1,39	1,27	1,16	1,06	0,96	0,88	0,80	0,73	0,67	36,53	5,55

Şekil 5.19’da yapıya yalıtım uygulanmasının uygun aralığı gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 5,5 ve 7,5 cm arasında yalıtım uygulanması ekonomik olarak uygun olmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda nakit akış süresi olarak ele alınan 20 sene içinde net güncel değeri en yüksek olan yalıtım kalınlığının 7 cm olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.19: Yalıtım yenilemesinin ekonomik uygun aralığı.

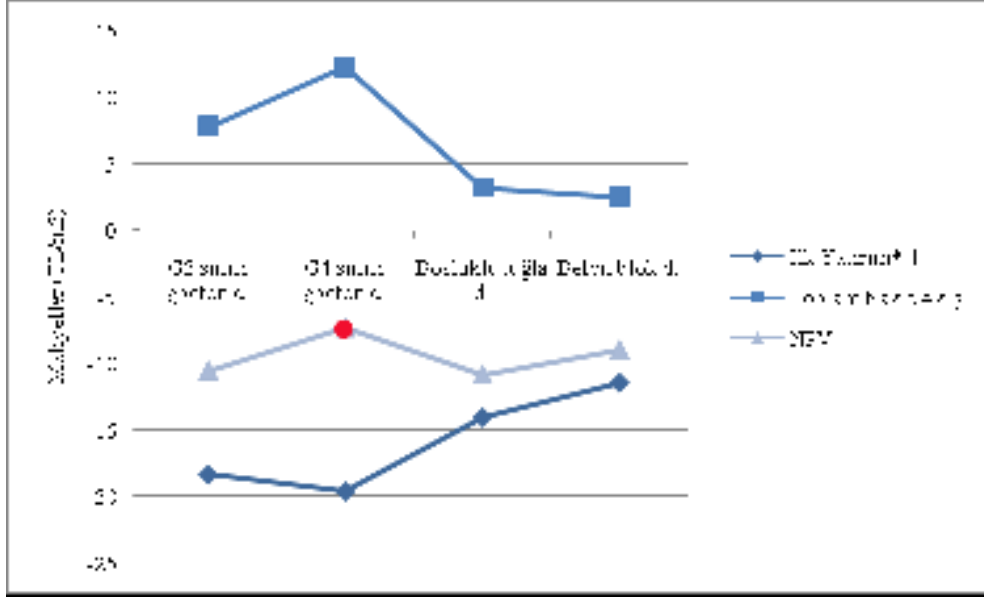
Opak elemanların enerji etkin iyileştirilmesine başka bir seçenek olarak duvar malzemesinin değiştirilmesi daha önce incelenmişti. Bu bölümde, konutun opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi durumunda konut enerji tüketiminde azalma ve bu seçeneğin maliyete etkisi incelenmiştir. Çizelge 5.9, yapının opak bileşen ana malzemesi değiştirilmesi durumunda oluşacak net güncel değerleri göstermektedir. Opak bileşen ana malzemesinin net güncel değerinin eksi çıkması, öngörülen süre içinde yatırımın kendini amorti etmeyeceği anlamına gelmektedir. Farklı opak bileşen ana malzemelerinin, yatırım net güncel değerine etkisi Şekil 5.20’de görülmektedir. Burada net güncel değeri en yüksek olan seçenek, ekonomik olarak en uygun değeri göstermektedir.

Çizelge 5.9: Duvar malzemesi değiştirilmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi.

Yapılan Yenileme	İlk Yatırım (TL)	Yıllık Nakit Akışı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Toplam Nakit Akışı	NPV (TL)
G2 sınıfı gaz beton d.	18,309	0,89	0,81	0,74	0,68	0,62	0,56	0,51	0,47	0,43	0,39	0,36	0,32	0,3	0,27	0,25	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	7,78	-10,52
G4 sınıfı gaz beton d.	19,5552	1,40	1,28	1,17	1,07	0,97	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47	0,43	0,39	0,36	0,32	0,3	0,27	0,25	0,22	12,29	-7,27
Boşluklu tuğla d.	14,0253	0,37	0,33	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	3,20	-10,82
Beton blok d.	11,4619	0,29	0,26	0,24	0,22	0,2	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	2,53	-8,93

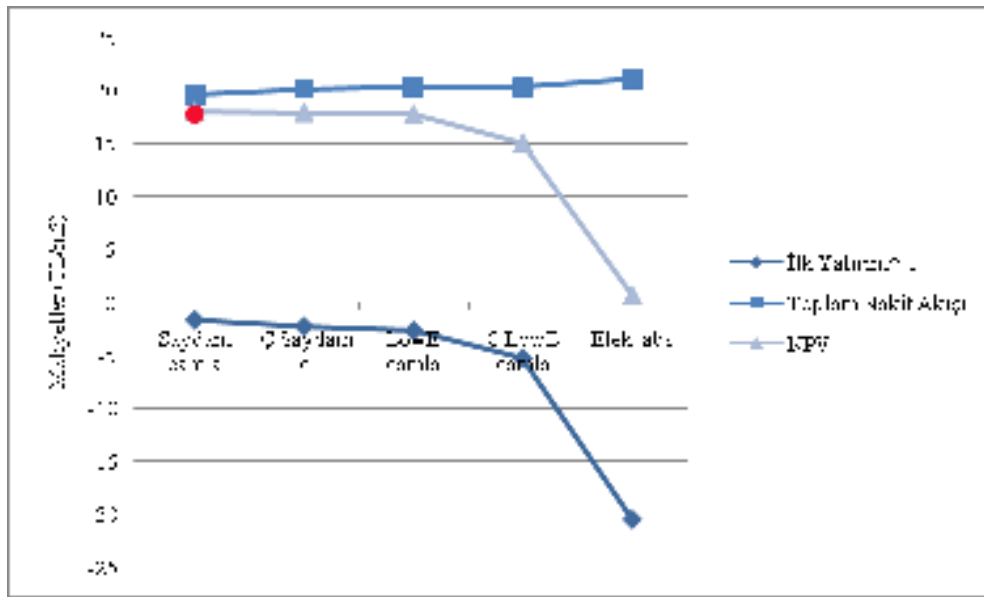
Çizelge 5.10: Güney cephede bulunan balkonun cam ile kapatılmasına bağlı olarak net güncel değer değişimi.

Yapılan Yenileme	İlk Yatırım (TL)	Yıllık Nakit Akışı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Toplam Nakit Akışı	NPV (TL)
Berrak camla	1,59	2,24	2,04	1,87	1,7	1,55	1,42	1,29	1,18	1,08	0,98	0,9	0,82	0,75	0,68	0,62	0,57	0,52	0,47	0,43	0,39	0,36	19,61	18,02
Çift berrak camla	2,24	2,31	2,11	1,92	1,75	1,6	1,46	1,33	1,21	1,11	1,01	0,92	0,84	0,77	0,7	0,64	0,58	0,53	0,49	0,44	0,4	0,37	20,19	17,95
LowE camla	2,61	2,33	2,12	1,94	1,77	1,61	1,47	1,34	1,23	1,12	1,02	0,93	0,85	0,77	0,71	0,65	0,59	0,54	0,49	0,45	0,41	0,37	20,37	17,76
Çift LowE camla	5,22	2,32	2,12	1,93	1,76	1,61	1,47	1,34	1,22	1,12	1,02	0,93	0,85	0,77	0,71	0,64	0,59	0,54	0,49	0,45	0,41	0,37	20,32	15,10
Elektrokromik camla	20,44	2,42	2,21	2,01	1,84	1,68	1,53	1,4	1,27	1,16	1,06	0,97	0,88	0,8	0,73	0,67	0,61	0,56	0,51	0,46	0,42	0,39	21,16	0,72



Şekil 5.20: Opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesi için ekonomik uygun değer.

Konutun saydam elemanlarının enerji etkinliğini iyileştirmede uygulanan seçenekler, daha önceki bölümlerde, güney cephede bulunan balkonun cam ile kapatılması ve konutun camlarının yenilenmesi olarak ele alınmıştı. Çizelge 5.10, balkonun kapatılmasında kullanılan cam türüne bağlı olarak uygulanacak farklı seçeneklerin net güncel değer değişimlerini göstermektedir. Şekil 5.21’de her bir seçeneğin ilk yatırım, meydana gelecek toplam nakit akışı ve bunlara bağlı olarak net güncel değer değişimi gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi en yüksek net güncel değer balkonun berrak cam ile kapatılması durumunda elde edilmektedir.



Şekil 5.21: Güney cephesindeki balkonun kapatılması için ekonomik uygun değer.

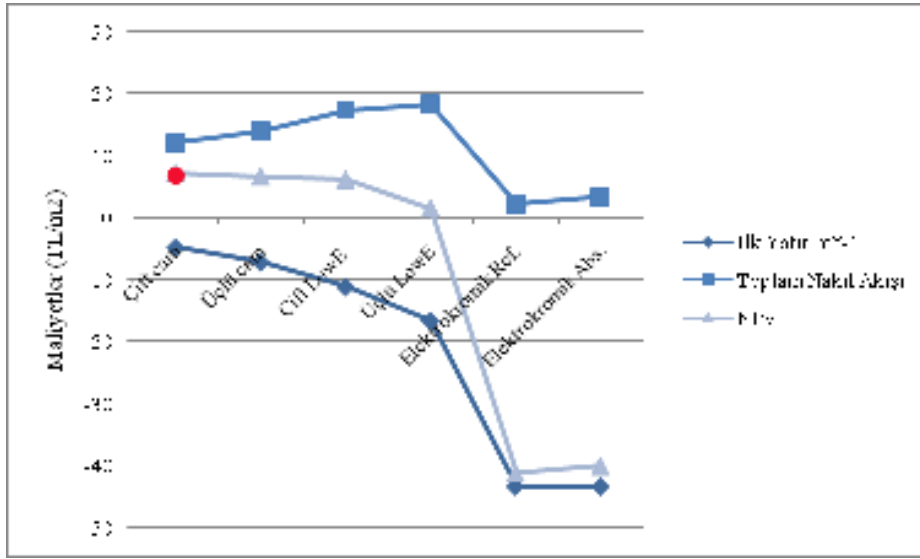
Çizelge 5.11: Camların değiştirilmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi.

Yapılan Yenileme	İlk Yatırım (TL)	Yıllık Nakit Akışı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Toplam Nakit Akışı	NPV (TL)
Çift cam	4,75759	1,37	1,25	1,14	1,04	0,95	0,87	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,46	0,42	0,38	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,2	12,02	7,26
Üçlü cam	7,14	1,59	1,45	1,32	1,21	1,1	1	0,92	0,84	0,76	0,7	0,63	0,58	0,53	0,48	0,44	0,4	0,37	0,33	0,3	0,28	0,3	13,89	6,76
Çift LowE	11,07	1,97	1,8	1,64	1,5	1,37	1,25	1,14	1,04	0,95	0,87	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,46	0,42	0,38	0,35	0,3	17,28	6,21
Üçlü LowE	16,61	2,08	1,9	1,73	1,58	1,44	1,32	1,2	1,1	1	0,91	0,83	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53	0,48	0,44	0,4	0,36	0,3	18,21	1,60
Elektrokromik Ref.	43,35	0,26	0,24	0,22	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,1	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0	2,28	-41,07
Elektrokromik Abs.	43,35	0,39	0,36	0,32	0,3	0,27	0,25	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,1	3,41	-39,94

Çizelge 5.12: Güneş kontrol elemanı eklenmesine bağlı olarak net güncel değer değişimi.

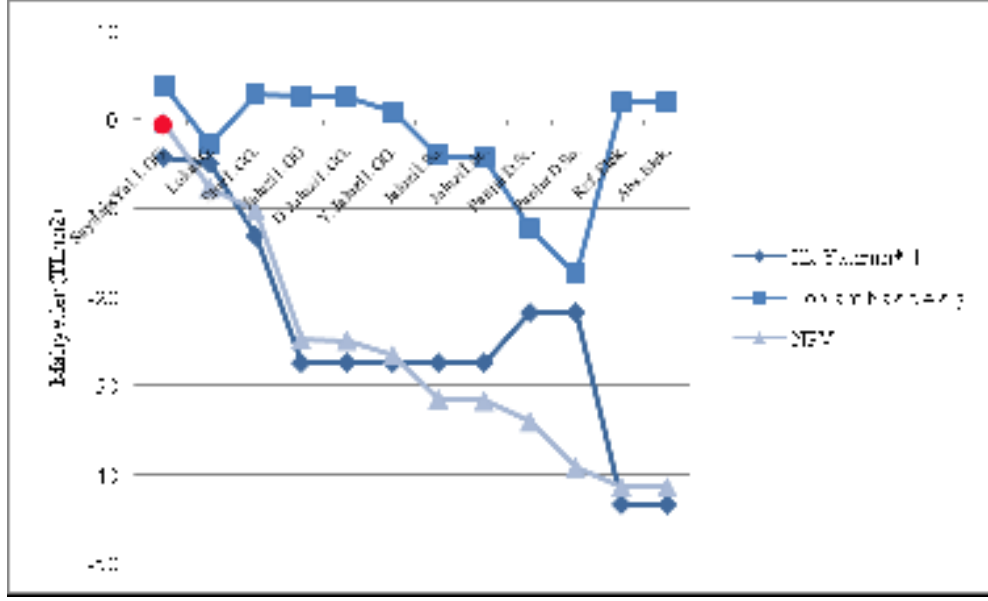
Yapılan Yenileme	İlk Yatırım (TL)	Yıllık Nakit Akışı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Toplam Nakit Akışı	NPV (TL)
Saydam Yal. i. GG.	4,27191	0,44	0,4	0,37	0,33	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	3,85	-0,42
Lokal G.	4,89599	-0,31	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-2,76	-7,65
Stor i. GG.	13,056	0,33	0,3	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	2,84	-10,21
Jaluzi i. GG	27,3862	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	2,63	-24,76
D. Jaluzi i. GG.	27,3862	0,29	0,27	0,24	0,22	0,2	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	2,56	-24,83
Y. Jaluzi i. GG.	27,3862	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,87	-26,52
Jaluzi i. So.	27,3862	-0,47	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-4,08	-31,46
Jaluzi i. Sc.	27,3862	-0,49	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-4,26	-31,65
Panjur D.Sc.	21,7251	-1,40	-1,3	-1,2	-1,1	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-12,25	-33,98
Panjur D.So.	21,7251	-1,99	-1,8	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,1	-1	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-17,43	-39,16
Ref. Elek.	43,3458	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	1,99	-41,36
Abs. Elek.	43,3458	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	1,98	-41,37

Saydam elemanların iyileştirilmesi başlığı altında geliştirilen bir başka seçenek olan pencere sistemlerinin değiştirilmesinde farklı cam türlerinin kullanılmasıyla oluşacak net güncel değerler çizelge 5.11 'de görülmektedir. Çizelgeden anlaşıldığı gibi, fiyatları günümüzde pahalı olan elektrokromik camlar dışında, diğer cam seçeneklerinden biri kullanılarak yapılacak yatırım ekonomik yatırım olmaktadır. Cam değiştirilmesi seçeneklerinde farklı türde camlar kullanmanın, ilk yatırım maliyetine, toplam nakit akış değerine ve net güncel değerleriyle olan ilişkisi Şekil 5.22'de görülmektedir.



Şekil 5.22: Camların değiştirilmesi durumunda ekonomik uygun değer.

Konutun enerji etkinliğini iyileştirmekte kullanılması önerilen bir diğer seçenek olan güneş kontrol elemanının kullanılmasına ait maliyetlerden kaynaklanan net güncel değer değişimleri Çizelge 5.12'de görülmektedir. Çizelgeden net güncel değerlerin bu seçenek için genelde eksi çıktığı görülmektedir. Bu konutun güneş kontrol elemanı kullanılarak yenilenmesinin kendini nakit akış süresi olarak belirlenen 20 sene içinde amorti edemediği anlamına gelir. Şekil 5.23'te yapıya uygulanan güneş kontrolünün daha önce açıklandığı gibi, malzemesine, yerine ve kontrol türüne göre değiştirilmesiyle elde edilen alternatiflerin, ilk yatırım maliyetine, toplam nakit akış değerine ve bu değerlerle ilişkili olan net güncel değere olan etkileri görülmektedir. En yüksek net güncel değer, saydam yalıtım kullanılması durumunda oluşmaktadır.



Şekil 5.15: Güneş kontrolü yapılması durumunda ekonomik uygun değer.

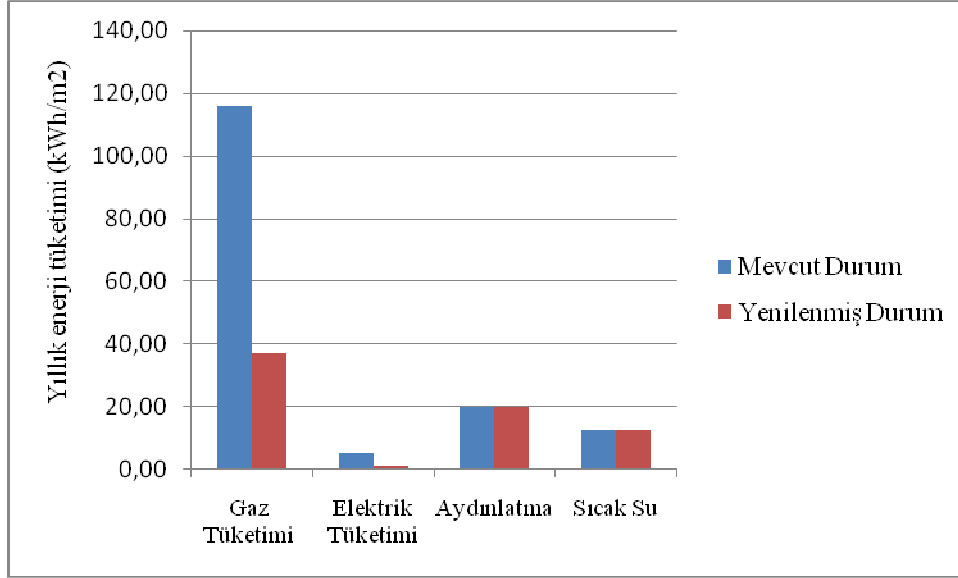
5.2.6 Bina kabuğunun ekonomik etkin yenilenmesi

Bu adımda, seçeneklerin incelenmesiyle belirlenen ekonomik olarak uygun yenileme seçenekleri konuta uygulanmış ve DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla enerji simülasyonu yapılmıştır. Mevcut konuta uygulanan ekonomik olarak uygun yenileme seçenekleri 7 cm yalıtım uygulanması, çift camlı pencere sistemi kullanılması, G4 sınıfı gaz beton opak bileşen ana malzemesi kullanılması, güney cephedeki balkonu tek camlı sistem ile kapatılması ve saydam yalıtım ile güneş kontrolünün yapılmasıdır. DesignBuilder aracılığıyla konutun belirlenen ekonomik uygun değerler uygulanmasıyla yenilenmiş hali için yapılan simülasyonlara göre;

- Isıtma için kullanılan gaz tüketimi yıllık 126570 kWh
- Soğutma için kullanılan elektrik tüketimi yıllık 4830 kWh
- Aydınlatma için elektrik tüketimi yıllık 68210 kWh
- Sıcak su için elektrik enerjisi yıllık 42280 kwh
- Konutun yıllık CO2 emisyonu 105893 kg

olarak bulunmuştur. Birim kullanım alanına düşen, yıllık enerji miktarları ve konutun mevcut durumuma göre gelen değişimler aşağıdaki şekilde görülebilir. Bu değerlere göre, konutta yıllık 71,25 kWh/m² enerji tüketildiği için binalarda enerji performansı yönetmeliğine göre enerji tüketim sınıfı bakımından A Sınıfına girmektedir. Sera gazı üretimi bakımından ise yıllık 31,2 kg CO₂ emisyon olduğu için konut B

Sınıfına girmektedir. Şekil 5.24'te seçilen konutun mevcut durumunun ve bina kabuğu yenilenmiş durumunun birim kullanım alanı m^2 'sine düşen yıllık enerji tüketimleri görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi konutun ısıtma ve soğutma için kullandığı enerji miktarı yapılan yenilemeler sonucu büyük oranda azalmıştır.



Şekil 5.16: Yenilemeler sonucu konutun enerji tüketiminde meydana gelecek değişimler.

5.2.7 Bina kabuğuna PV ve güneş kolektörü entegre edilmesi

Binaya PV ve sıcak su elde etmek için güneş kolektörü gibi güneş enerjisinden faydalanma sağlayan kolektörlerin entegrasyonu, Türkiye gibi güneşlenme süresi fazla ülkelerde çevreyi kirletmeden enerji elde etmeyi sağlamaktadır. Bu sistemler aynı zamanda binanın enerji bakımından şehir şebekesine bağımlılığını azaltmaktadır. Bu nedenle konuta kolektör entegrasyonu, konutun enerji etkinliğini iyileştirme seçeneklerinden biri olarak incelenmiştir. Konut düz çatıya sahip olduğu için, çatıya güneş sıcak su kolektörlerinin yerleştirilmesi uygun görülmüş ve bu yolla konutun sıcak su ihtiyacının bir kısmının sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca yapının güney cephesi güneş ışımasını önemli ölçüde aldığından, güney cephede üzerine gölge düşmeyecek alanlar tespit edilmiş ve bu bölgelere fotovoltaik panel yerleştirilmesi önerilmiştir. Güneş kolektörleri ve fotovoltaik sistemlerin konuta sağlayacağı enerji miktarı hesaplanırken, iklim verileri, panel verimliliği önemlidir. Bu çalışmada fotovoltaik sistem ve güneş sıcak su kolektörlerinden elde edilecek enerji hesaplamaları yapılırken, bu konuyla ilgili yazılımlar yapan bir firma olan Valentin tarafından geliştirilen bir yazılımdan yararlanılmıştır (Url-9). Çatıya sıcak su elde

edilmesinde kullanılan güneş kolektörü yerleştirilirken düz plakalı kolektör kullanılmış, kolektörün güneye bakması sağlanmış ve kolektör yatay düzlemde 30 derece açıyla yerleştirilmiştir. Daire başına 2 m² kolektör düşecek şekilde toplam 48 m² kolektör ve kolektör başına 100 l olmak üzere 4800 l depo yerleştirilmiştir. PV panel olarak mono kristalin silisyum PV kullanılmış, güney cephede 30 derece açıyla ve 100 m² alan kaplayacak şekilde yerleştirilmesi ele alınmıştır. Aşağıda PV'lerden kazanılacak enerjinin basit şekilde hesaplanmasında kullanılan formül bulunmaktadır (Sediadi, 2004).

$$E = G_d * A_{pv} * \eta \quad (5.3)$$

Burada; E=PV sisteminin üreteceği elektrik enerjisini, G_d=bina üzerine yerleştirilmesi planlanan PV ile aynı açıda ve aynı yöne bakacak şekilde yerleştirilmiş PV'nin üzerine düşecek global güneş ışıının kWh/ m²olarak toplamı (kWh/m2.d), A_{pv}=PV alanını, η=PV panel verimini göstermektedir.

PV'lerde üretilecek elektrik enerjisinin hesaplanması için geliştirilen programda, yukarıda özellikleri belirtilen panelin İstanbul'da göstereceği verimlilik %71 olarak hesaplanmıştır. PV gücü 11,80 kWp olurken, kazanılacak toplam elektrik enerjisinin yılda 12802 kWh olacağı görülmüştür.

Güneş sıcak su kolektörü tarafından üretilen ısı ise aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Url-10).

$$Y = A * [I_s * n_o - k_1 * (t_m - t_a) - k_2 * (t_m - t_a)^2] \quad (5.4)$$

Burada; Y=Isı üretimi (W), I_s=Kolektör üzerine düşen güneş ışıını (W/m²), t_m=Ortalama kolektör sıcaklığı (C°), t_a=Ortam sıcaklığı (C°), n₀=Kolektör verimi, k₁=Kolektör etkinlik eşitliğinde ilk sıranın katsayısı (W/(m² °C)) , k₂=Kolektör etkinlik eşitliğinde ikinci sıranın katsayısını (W/(m² °C)) göstermektedir.

Güneş sıcak su kolektörlerinde üretilecek enerjiyi hesaplamak için geliştirilen programda, yukarıda özellikleri belirtilen kolektörde verimlilik %80, bir yılda kolektör yüzeyine düşen ışıını miktarı 77949 kWh, sistemde üretilecek enerji yıllık 23988 kWh, bir yılda CO2 emisyonundaki azalma ise 13116 kg olarak hesaplanmıştır.

5.3 Bulgular

Bu bölümde mevcut konutların enerji etkin yenilenmesi ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde uygulanabilecek öneriler geliştirmek amacıyla yapılan mevcut bir konut için gerçekleştirilen örnek uygulama sonucu ortaya çıkan bulgular açıklanmıştır.

Konutun mevcut durumunda birim kullanım alanı başına yılda 153,71 kWh/m² enerji tüketilirken, birim alan için konuttan 50,72 kg/m² CO₂ salgılanmaktadır. Tüketilen enerjinin, yıllık 115 kWh/m²'si ısıtmada kullanılan doğal gaz enerjisi, 5,35 kWh/m²'si ise soğutmada kullanılan elektrik enerjisidir.

Konutun opak bileşenlerini enerji etkinlik açısından iyileştirme seçeneklerinden bir olan yalıtım uygulaması ile, konutun ısıtma yüklerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Yalıtım kalınlığı arttıkça, ısıtma yükünün azaldığı ancak, ekonomik etkinlikle beraber değerlendirildiğinde, belirli bir kalınlıktan sonra yalıtım uygulaması ile ısıtma yüklerindeki azalmanın, toplam enerji maliyetlerini azaltmadaki etkisinin çok büyük oranda değişmediği görülmüştür. Bu açıdan bu örnek çalışmada ele alınan konut örneğinde, 5,5 ile 7,5 cm arasında yalıtım kalınlığının konut için uygun olduğu belirlenirken, yapılan maliyet değerlendirmesi sonucunda da 7 cm'in ekonomik açıdan uygun olabileceği görülmüştür. 7 cm yalıtım uygulanarak, birim kullanım alanı başına gerekli yıllık ısıtma enerjisi tüketimi 71,34 kWh/m²'ye düştüğü, soğutma enerjisi tüketiminin 5,91 kWh/m² olduğu belirlenmiştir. Bu yenileme seçeneği yapının ısıtma yüklerinde %38, toplam enerji tüketiminde %29, CO₂ emisyonunda ise %16 azalma sağlamıştır. Yenilemenin birim kullanım alanı başına ilk yatırım maliyeti ise 14,5 TL/m² olmuştur.

Konutun opak bileşenleri enerji etkinliği açısından iyileştirilirken kullanılan bir başka seçenek olan opak bileşen ana malzemesinin değiştirilmesinde, seçenekler arasında en az enerji gideri sağlayan seçeneğin, ele alınan uygulama örneği için opak bileşen ana malzemesi olarak G4 sınıfı gaz beton kullanılmasının olduğu görülmüştür. G4 sınıfı gaz beton kullanımı, konutun ısıtma enerjisi tüketiminin yıllık 62,81 kWh/m²'ye düşmesini sağlamıştır. Yapılan bu yenileme yıllık ısıtma enerjisi tüketimini %17, toplam yıllık enerji tüketimini %12, bir yılda gerçekleşen CO₂ emisyonunu ise %7 azaltmıştır. Yapılan bu yenilemenin birim kullanım alanı başına ilk yatırım maliyeti ise 19,5 TL/m² olmuştur.

Konutun saydam bileşenleri enerji etkin iyileştirilirken kullanılan pencerelerin değiştirilmesi önerisinde, seçenekler arasında en az enerji gideri sağlayan seçeneğin, üçlü lowE cam uygulaması olduğu görülmüştür. Bu camla yapının yıllık enerji tüketimi %19 azaltılmıştır. Fakat yapılan maliyet analizi sonucu, pencerelerin çift cam sistemiyle değiştirilmesinin ekonomik olarak daha uygun olduğu görülmüştür. Yapının pencerelerinin çift cam ile değiştirilmesiyle, yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %16, yıllık toplam enerji tüketiminde %12, yıllık CO2 emisyonunda ise %7 azalma sağlanmıştır. Yapılan bu yenilemenin birim kullanım alanı başına ilk yatırım maliyeti 4,75 TL/m² olmuştur.

Saydam bileşenler enerji etkin iyileştirilirken kullanılan, balkon kapatmanın balkonun güney cephede bulunmasının da etkisiyle konutun enerji etkinliğini iyileştirmede oldukça olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Balkon elektrokromik tutucu cam ile kapatıldığında konutun ısıtma enerjisi tüketiminin %25, toplam enerji tüketiminin %22 azaldığı görülmüştür. Ekonomik uygunluk değerlendirildiğinde ise en uygun balkon kapatma seçeneğinin tek cam ile kapatma seçeneğinde sağlandığı görülmüştür. Konuttaki balkonun tek cam ile kapatılmasıyla, yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %23, yıllık toplam enerji tüketiminde %20, yıllık CO2 emisyonunda ise %17 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu yenilemenin yapının birim kullanım alanı başına düşen ilk yatırım maliyeti 1,6 TL/m² olmuştur.

Güneş kontrol elemanlarının kullanılmasının yapıya çok farklı etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Doğru tasarlanmayan veya kontrol edilmeyen bir güneş kontrolü sisteminin, ısıtmanın istendiği dönemlerde de güneş ışınımının yapı içine girmesini engelleyerek konutun ısıtma yükünü artırabildiği görülmüştür. Ayrıca güneş kontrolünün yapılmasının ilk yatırım maliyetinin diğer seçeneklere göre daha fazla olduğu görülmüş, fakat özellikle yazın iç ortamda konfor koşullarının sağlanabilmesinde olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Konuta dışarıdan panjur sistemi eklenerek zamana bağlı kontrol edilmesi durumunda konutun yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %70 azalma görülmüştür. Yapıya panjur eklenmesinin birim kullanım alanı başına ilk yatırım maliyeti 21,7 TL/m² olmaktadır. Yapılan maliyet değerlendirmeleri sonucunda ise denenen seçenekler arasında yapı için en uygun güneş kontrol elemanının dışarıdan saydam yalıtım uygulanması olduğu görülmüştür. Saydam yalıtım uygulandığında yapının yıllık toplam enerji

tüketiminde %2, CO2 emisyonunda ise %1 azalma oluşmuştur. Bu seçeneğin yapının birim kullanım alanı başına düşen ilk yatırım maliyeti 4,3 TL/m² olmaktadır.

Ele alınan mevcut konuta, ekonomik olarak uygunluğu belirlenen enerji etkin yenileme seçenekleri olan 7 cm yalıtım uygulanması, opak bileşen ana malzemesinin G4 sınıfı gaz beton ile değiştirilmesi, pencere sisteminin çift cam olarak değiştirilmesi, güney cephesindeki balkonun tek cam sistemiyle kapatılması ve saydam yalıtım ile güneş kontrolü yapılması yenileme seçeneklerinin uygulanması durumunda, birim m2 başına yıllık enerji tüketimi 71,25 kWh/m2'ye, birim m2'den kaynaklanan CO2 emisyonu ise 31,2 kg/m2'ye düşmüştür. Konutun dış kabuğunun yenilenmiş halindeki enerji tüketiminin, yıllık 37,28 kWh/m2'si ısıtmada kullanılan doğal gaz enerjisi, 1,42 kWh/m2 'si ise soğutmada kullanılan elektrik enerjisidir.

Bu sonuçlara göre yenilemenin bu adımda konutun yıllık enerji tüketimi %54, CO2 emisyonu ise %39 azalmıştır. Yapılan yenilemenin kullanım alanı başına ilk yatırım maliyeti 44,6 TL/m2 olmuştur. Yenilemenin enerji giderlerinde sağlayacağı yıllık düşüş ise 5,86 TL/m2 olacaktır. Bu rakamlara göre %10 iskonto oranıyla yapılan yenilemenin geri ödeme süresi 14 sene olacaktır.

Enerji etkin yenilenen bina kabuğuna PV panel ve güneş sıcak su kolektörlerinin de eklenmesiyle, yapıda kullanılan enerji tüketimi birim m2 başına 60,5 kWh/m2'ye düşerek %61 azalmış, CO2 emisyonu ise 25,3 kg/m2'ye düşerek, %50 azalmıştır. Yapılan bu yenileme konutun kullanım alanı başına 47,8TL/m2 ek maliyet getirmiş ve bu maliyetin 50 sene içinde kendini amorti edemediği görülmüştür.

6. SONUÇLAR

Son yıllarda etkisi giderek artan çevre ve enerji sorunları, bina tasarımı, yapımı ve kullanım sürecinde sürdürülebilir bir yapma çevre yaratma ve sürdürülebilir enerji sağlama yolundaki çalışmaların hız kazanmasına yol açmıştır. Yapma çevrede kullanıcıların her türlü ihtiyacını karşılarken, gelecek nesillere de yaşanabilir bir dünya bırakmak, bugünkü kaynakların gelecek nesiller tarafından kullanılmasını sağlayabilecek sürdürülebilirliği sağlamak günümüz mimarlarının ana hedefi olmaktadır.

Bilindiği gibi binalar, üretimlerinde, işletimlerinde ve yıkımlarında diğer bir deyişle tüm yaşam dönemleri boyunca, çevresel bir döngünün içindedir. Bu döngü içinde binalar, yapımlarında ve kullanıcılar için gerekli konfor koşullarının sağlanmasında doğal kaynak tüketmekte ve bina içinde gerçekleşen enerji harcamaları sonucu atmosfere zehirli atıklar salgılamaktadır. Sürdürülebilir çevrenin sağlanması için, doğadaki döngülere en az zarar verecek sistemlerin geliştirilmesi gereklidir. Konutların tasarım, yapım kullanım sürecinde de doğanın dengesini bozmayacak ve sürdürülebilirliği sağlayacak şekilde çevreye verecekleri zararı en aza indirmek için gerekli tedbirleri almak son yıllarda mimarlığın önemli konularından biri olmuştur. Yeni yapılan konutlarda bu konuda önlemler bölge planlama ölçeğinden başlamakta ve bina sistemlerine kadar geniş bir aralığa yayılmaktadır. Mevcut konut stokunun kaynaklı enerji tüketiminin çok fazla olmasına dayanarak, bu konudaki tedbirlerin sadece yeni yapılacak konutlarda alınmasının yeterli olmadığı, mevcut konutlarda da gerekli enerji performansı iyileştirmelerinin yapılmasının gerekli olmaktadır.

Konutlarda enerjinin büyük bir bölümü ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıcak su elde edilmesi için harcanmaktadır. Kullanıcı açısından istenen konfor koşullarını sağlamak için gerekli enerji miktarının değişiminde, binanın iç ve dış çevresini ayıran bina kabuğu en etkili tasarım parametrelerinden biridir. İç çevre iklimsel durumu ve enerji yükleri, bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan ısı miktarlarına bağlı olarak değişmektedir.

Bu tez çalışmasında, mevcut konut stokunun enerji giderleri ve CO2 emisyonları için önemli bir rolü olduğu düşünülerek mevcut konutlar için bina kabuğunun enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek öneriler geliştirilmesi hedeflenmiş, geliştirilen seçenekler EnergyPlus simülasyon programının görsel ara yüzü olan DesignBuilder adlı program aracılığıyla İstanbul Ataköy Mahallesi'nde bulunan bir konut bloğu üzerinde uygulanmış ve sonuçlar mevcut konutların enerji etkin yenilenmesine ışık tutacak şekilde öneri olarak sunmak üzere değerlendirilmiştir. Bina kabuğu performans değerlendirmesinde yenileme alternatiflerine ve sağlayacakları faydaya maliyet olarak değer biçmeye dayanan olarak ekonomik etkinlik bir ölçüt olarak kullanılmıştır. Bina kabuğu belirlenen alternatiflere göre ekonomik olarak yenilendikten sonra, konuta güneş enerjisi kullanmasını sağlayacak sistemlerin bina kabuğuna entegre edilebilirliği de incelenmiştir.

Çalışmada belirlenen yenileme seçenekleri ilk aşamada bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerinin enerji etkin iyileştirilmesi ve güneş kontrolünün ekonomik biçimde yapılması sonucu konutun enerji tüketim miktarında %54, CO2 emisyonunda %39 azalma gözlemlenmiştir. İkinci aşamada, yenilenen bina kabuğuna cephede PV sistemler, çatıda sıcak su güneş kolektörleri eklenmesiyle ise konuttaki enerji tüketiminin mevcut duruma göre %61, CO2 emisyonunun %50 azaldığı gözlemlenmiştir. Türkiye'de mevcut binalar büyük çaplı bir tadilat geçirirken, enerji etkinliği açısından da iyileştirilmesi, 2008 Ekimde yürürlüğe giren binalarda ısı yalıtım yönetmeliğince düzenlenmektedir. Bu tez kapsamında, uygulama çalışmasında ele alınan konut yenilenmeden önce 2008 Aralık'ta resmi gazetede yayımlanan binalarda enerji performansı yönetmeliğinde tanımlanan enerji kimlik belgesi sınıflarına göre enerji tüketimi bakımından B Sınıfı, CO2 emisyonu bakımından D Sınıfına girdiği belirlenmiştir. Önerilen yenileme metodunun birinci aşamasında konut enerji tüketimi bakımından A Sınıfı, CO2 emisyonu bakımından B Sınıfına yükselmiş, ikinci adımda ise her iki kriter bakımından A Sınıfına girmiştir.

Bu örnek çalışmada, mevcut bina kabuğunun ısı yalıtım direncinin artırılması, güneyde bulunan balkonun camlanarak kapatılması ve konuttaki pencerelerin değiştirilmesi seçeneklerinin bina enerji performansının iyileştirilmesinde, denenen diğer seçeneklere göre daha ekonomik yenileme biçimleri olduğu görülmüştür. İlk aşamada belirlenen yenileme alternatiflerinden maliyeti en yüksek ve bina enerji performansına etkisi en az olan yenileme seçeneğinin duvar malzemesinin

değiştirilmesi olduğu gözlemlenirken, en az yatırımla en olumlu etkiyi gösteren yenileme biçiminin güney cephede bulunan balkonun camlanarak kapatılmasının olduğu gözlemlenmiştir. Yenilemede toplam maliyetin %39'unu PV sistem entegrasyonu, %13'ünü güneş sıcak su sistemi eklenmesi, %21'ini duvar malzemesinin değiştirilmesi, %16'sını yalıtım yapılması, %5'ini camların değiştirilmesi, %4'ünü güneş kontrol elemanlarının eklenmesi, %2'sini ise güney cephede bulunan balkonun cam ile kapatılması oluşturmuştur. Ancak bu değerler, çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği gibi, mevcut örnek bir konut için elde edildiğinden, bu uygulama çalışmasının bulgularından elde edilen değerler genellenemez. Bu açıdan, tasarım parametrelerinin bütüncül bir yaklaşımla ele alındığı çok sayıda örnek üzerinde çok sayıda araştırma yapılmasının gerekliliği açıktır.

Sonuç olarak, mevcut konut stokunun enerji etkin iyileştirilmesinin, çevre kirlenmesini önleme ve enerji tüketiminin ekonomiye olan olumsuz etkilerini azaltmada önemli bir katkı sağlayacağı açıktır. Mevcut konutların enerji etkinliğini iyileştirmede kullanılacak seçenekler ilk yatırım maliyeti gerektirmekte ancak, işletim maliyetlerini düşürerek kullanıcıya ekonomik fayda sağlarken, çevrenin sürdürülebilirliğine de katkıda bulunmaktadır. Enerji etkinliği iyileştirme seçeneklerinin, yerel yönetimlerin de desteğiyle ileride daha yaygınlaşması, çeşitlenmesi ve daha ekonomik hale gelmesi beklenmektedir. Bu tür çalışmalarla sağlıklı sürdürülebilir konut çevrelerinin enerji ve ekonomik etkin olarak gerçekleştirilmesi olanaklı olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Al-Homoud, M.S.**, 2001: Computer aided building energy analysis techniques, *Building and Environment*, Vol. **36**, pp. 421-433.
- Amstock J.S.**, 1997: Handbook of Glass in Construction, McGraw-Hill, New York
- Anstett, M., and Kreider, J.F.**, 1993: Application of neural networking models to predict energy use, ASHRAE Transaction.
- Avrupa Komitesi (Commission Of The European Communities)**, 2006: Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, Brussels, 19.10.2006 COM(2006)545 final
- Balaras, C.A., Dascalaki, E., Droutsas, P., and Kontoyiannidis, S.**, 2003: European methodologies and software for decision making during the assesment of building retrofit strategies, paper for International Conference on Environmental Technology, HELECO'03.
- Berköz, E., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., Yıldız,E., ve Ak, E.**, 1995: Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK, İNTAG 201, İstanbul.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği**, 2008: *Resmi Gazete*, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Brown, W.C., and Ruberg, K.**, 1988: Window performance factors, part of the technical documentation produced for Building Science Insight '88.
- Busch, R.D.**, 1996: Characterization of Energy Processes in Buildings. Fundamentals of Building Energy Dynamics, MIT Press, Cambridge.
- Chevalier J.L., and Le Teno J.F.**, 1996: Requirements for an LCA based model for the evaluation of the environmental quality of building products, *Building and Environment*, Vol. **31**, p.p.487-491.
- Chwieduk, D.**, 2003: Towards sustainable-energy buildings, *Applied Energy*, Vol. **76**, p.p. 211-217.
- Citherlet S., Clarke, J.A., and Hand, J.**, 2001: Integration in Building Physics Simulation, *Energy and Buildings*, Vol. **33**, p.p. 451-461, Elsevier.
- Cole, R., and Kernan, P.**, 1996: Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, *Building and Environment*, Vol. **31**, no: 4, p. 307-317.
- Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Erdem, A. E., Pedersen, C. O., Liesen, R. J., and Fisher, D. E.**, 1997: The next-generation in building energy simulation a glimpse of the future, Proceedings of Building Simulation '97, Vol. **II**, pp. 395-402, September 1997, Czech Republic.
- Crawley,D., Winkelmann, F., Lawrie, L., and Pedersen, C.**, 2001: EnergyPlus: new capabilities in a whole building energy simulation program, Seventh International IBPSA Conference, Brazil.

- Çengel Y.A.**, 2008: Heat Transfer A Practical Approach, WCB/McGraw Hill, New York.
- Dalenbäck J.O.**, 2007: Techniques for solar hot water, document prepared for Training for Renovated Energy Efficient Social housing Intelligent Energy -Europe programme.
- Daniels, K.**, 1997: The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures Examples and Ideas, Birkhäuser Verlag, Basel.
- Dascalaki E., and Santamouris, M.**, 2002: On the potential of retrofitting scenarios for offices, *Building and Environment*, Vol. 37, p.557 – 567, Pergamon.
- Designbuilder software**, 2006: DesignBuilder 1.2 User Manual, <http://www.designbuilder.co.uk>.
- Dubin, F.S., and Long, C.G.**, 1980: Energy Conservation Standards For Building Design Construction and Operation, McGraw-Hill, New York.
- Ferrari, S.**, 2007: Building envelope and heat capacity; Re-discovering the thermal mass for winter energy saving, PALENC 2007, Vol. 1, 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, September 2007, Crete island, Greece.
- Floridesa, G.A., Tassou, S.A., Kalogirou, S.A., and Wrobell, L.C.**, 2002: Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness, *Applied Energy*, Vol. 73, p.p. 299–328, Elsevier.
- Georg, A., Graf, W., Schweiger, D., Wittwer, V., Nitz, P., Wilson, H.R.**, 1998: Switchable glazing with a large dynamic range in total solar energy transmittance (TSET), *Solar Energy*, Vol. 62, no: 3, p.p. 215-228, Elsevier.
- Givoni, B.**, 1976: Man Climate and Architecture, Applied Science Publishers, London
- Granum, H.**, 1976: Optimization of thermal insulation in buildings energy conservation in the built environment, Proceedings of the 1976 Symposium of the International Council for Building Research Studies and Documentation, British Research Establishment, p.p. 371-382, The Construction Press,
- Güçlü S.B.**, 2005: Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin protokol karşısında durumu, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi142/d142_4851.pdf
- Hawkes, D.**, 1996: The Environmental Tradition: Studies in the Architecture of Environment, E&FN SPON Press, London.
- Henderson, G., Tillerson, K., Blaustein, E.**, 2001: Building Energy Labelling in Existing Buildings, European Council for an Energy- Efficient Economy, Summer Study Proceedings, p.p.97-106.
- Hens, H., Verbeeck, G., Verdonck, B.**, 2001: Impact of energy efficiency measures on the CO2 emissions in the residential sector, a large scale analysis, *Energy and Buildings*, Vol. 33, p.p. 275-281.

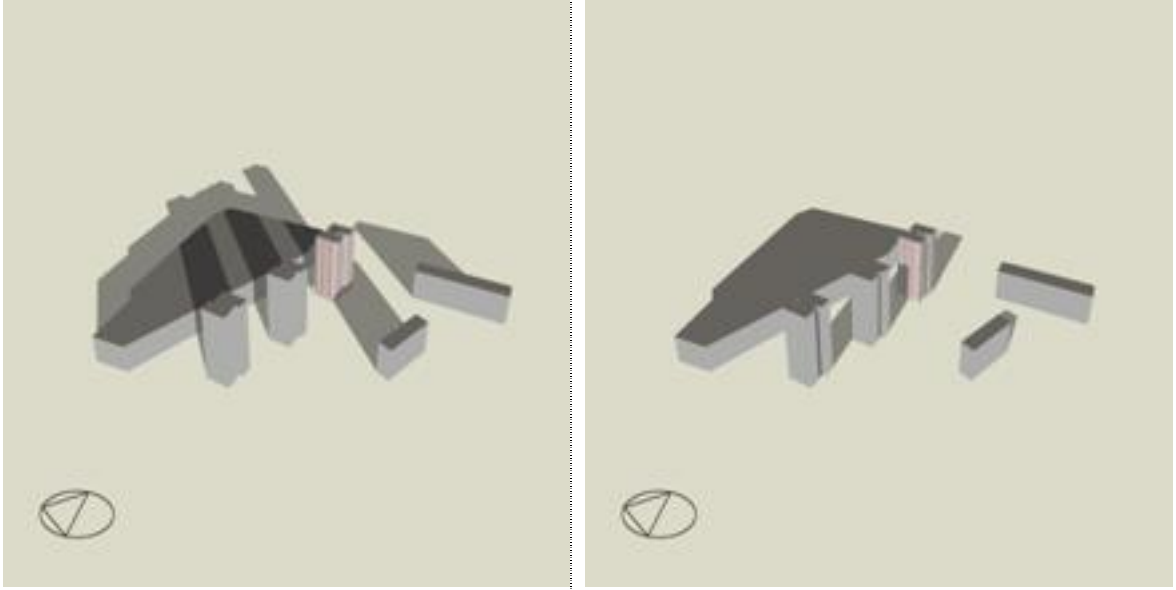
- Hong Kong Housing Authority**, 2004: Final Report Life Cycle Assessment (LCA) And Life Cycle Costing (LCC) Study Of Building Materials And Components, Agreement No. Cb20020024, China.
- Hong, T., Chou, S.K., Bong, T.Y.**, 2000: Building simulation: An overview of developments and information sources, *Building and Environment*, Vol. **35**, p.p. 347-361, Pergamon.
- Hui, S.C.M.**, 1998: Simulation Based Design Tools for Energy Efficient Buildings in Hong Kong, *Hong Kong papers in Design and Development*, Vol. **1**, p.p.40-46.
- Hunn, B.D.**, 1996: Fundamentals of Building Energy Dynamics, MIT Press, Cambridge.
- Hyde, R.**, 2000: Climate Responsive Design, SPON Press, London
- Isı Yalıtım Yönetmeliği**, 2008: Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ekim 2008.
- Kavak, K.**, 2005: Dünyada Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, yayın no: 2689, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Keskin, T.**, 2000: Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Tasarrufu Potansiyeli, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 8. Enerji Kongresi İçin Tebliğ, Ankara
- Kocaaslan, G.**, 1991: Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Koç, M.Y., ve Garip, M.**, 2008: Türkiye ve Avrupa'da Sürdürülebilir Enerji ve Çevre İlişkisi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, 17-19 Aralık 2008, İstanbul
- Kreider, J.F., and Rabl, A.**, 1994: Heating and Cooling of Buildings: Design for Efficiency, McGraw-Hill, New York.
- Kushler, M.G.**, 2004: How Energy Efficiency Has Survived Restructuring US: A Review and Initial Assesment of Public Benefits Policies and Programs in the United States, European Council for an Energy-Efficient Economy Summer Study Proceedings 2001, p.p.254-267.
- Lampert, C.M.**, 1990: Large-Area Chromogenics: Materials and Devices for Transmittance Control, Society of Photo Optical Press, USA.
- Manioğlu, G.**, 2002: Bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçiminin ekonomik analizi, *İtü dergisi/a, mimarlık, planlama, tasarım*, Cilt. **1**, sayı. 1
- Moons E.**, 2003: The development and application of economic valuation techniques and their use in environmental policy - A survey, Working Paper Series, no: 2003-7, Center for Economic Studies -Energy, Transport&Environment, Catholic University of Leuven, Belgium
- Moore, F.**, 1993: Environmental Control Systems: Heating, Cooling, Lighting, McGraw-Hill, Inc, New York.

- MVV**, 2004: Türkiye İçin Enerji Verimliliği Stratejisi, EİE ve UETM ile işbirliği içerisinde, Avrupa Komisyonu Türkiye Delegasyonu, Ankara.
- Nilsson, P.E., Aronsson, S., and Jagemar, L.** 1994: Energy efficient retrofitting of office buildings, *Energy and Buildings*, Vol. **21**, p.p.175-185, Elsevier
- Olgyay, V.**, 1963: Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, USA.
- Özkan, E., Tavit, A., ve Şahal, N.**, 1997: Mevcut Konutlarda Isı Korunumu Önlemlerinin Enerji ve Ekonomi Etkinliği, Türkiye 7. Enerji Kongresi: Enerjide Verimlilik, Cilt:4, World Energy Council Turkish National Committee, Ankara.
- Papadopoulos, A.M., Theodosiou, T.G., and Karatzas, K.D.**, 2002: Feasibility of Energy Saving Renovation Measures in Urban Buildings: The Impact of Energy Prices and the Acceptable Payback Time Criterion, *Energy and Buildings*, Vol. **34**, p.p. 455-466, Elsevier,
- Rivard, H., Bedard, C., Ha, K.H., Fazio, P.**, 1999: Shared conceptual model for the building envelope design process, *Building and Environment*, Vol. **34**, p.p. 175- 187, Pergamon
- Sediadi, E.**, 2004: simple calculation of photovoltaic/pv solar electricity product in buildings (case study: jakarta office buildings), International Seminar in Sustainable Environment & Architecture 2004, Malaysia Technology University, Malaysia.
- Smith, P.F.**, 2001: Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design, Arhitectural Press, Oxford
- Soysal, S.**, 2008: Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Stein, R.G.**, 1977: Architecture and Energy: Conserving Energy Through Rational Design, New York, Anchor Press,
- Straaten, J.F.**, 1967: Thermal Performance of Buildings, Elsevier Publishing, Amsterdam & New York,
- Strand, R.K., and Fisher, D.E.**, 2000: EnergyPlus: A New-Generation Energy Analysis and Load Calculation Engine for Building Design, Proceedings of the ACSA Technology Conference, Cambridge, MA.
- Sürmeli, A.N.**, 2004: Assessing Thermal Performance Of Office Building Envelopes; A Case Study On Energy Efficiency, M.Sc Thesis, METU, Ankara.
- Şahin, M.**, 2007: Türkiye'nin Özel Şartları, İç Denetim Koordinasyon Kurulu için hazırlanan sunum, Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Trines, R., and Geet, C.V.**, 2004: Smart Technology for Homes: An Integrated Approach to Sustainable Development, European Council For An Energy Efficient Economy Summer Study Proceedings 2001, p.p.157-168.
- Tuluca, A.**, 1997: Energy Efficient Design and Construction for Commercial Buildings, McGraw-Hill, New York

- Turan, O.**, 2004: Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi ve Çözüm Önerileri, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA)**, 2001: Improve energy efficiency with solar water heating, document prepared by EPA Air and Radiation Office, no. 6202J.
- Url-1** < <http://www.tcmb.gov.tr> >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-2** < <http://tr.wikipedia.org/wiki/> >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-3** < <http://www.arch.hawaii.edu/> >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-4** < <http://www.balco.se/> >, alındığı tarih 10.03.2009.
- Url-5** < <http://www.maliyetbul.com> >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-6** < <http://tr.wikipedia.org/wiki/> >, alındığı tarih 10.03.2009.
- Url-7** < <http://www.investopedia.com/terms/w/wacc.asp> >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-8** < <http://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp> >, alındığı tarih 10.03.2009.
- Url-9** < valentin.de/calculation/ >, alındığı tarih 15.03.2009.
- Vandenberg, M.**, 1978: Handbook of Building Enclosure, The Architectural Press, London
- Verbeeck, G.**, 2007: Optimizing of extremely low energy residential building, *Ph.D Thesis*, Catholic University of Leuven, Belgium
- Wilson, M., Walker, J., Santamouris, J., and Jaure, S.**, 1998: The Design Process for Energy Efficient New and Refurbished Housing for EC Thermie SUNH and SHINE Projects, PLEA 1998
- Wyckmans, A.**, 2006: Techniques for Photovoltaic systems, Training for Renovated Energy Efficient Social housing Intelligent Energy -Europe programme, contract no: EIE/05/110/SI2.420021
- Xing, H.Y.H.**, 2004: Building Load Control and Optimization, *Ph.D. Thesis*, MIT Press, Cambridge

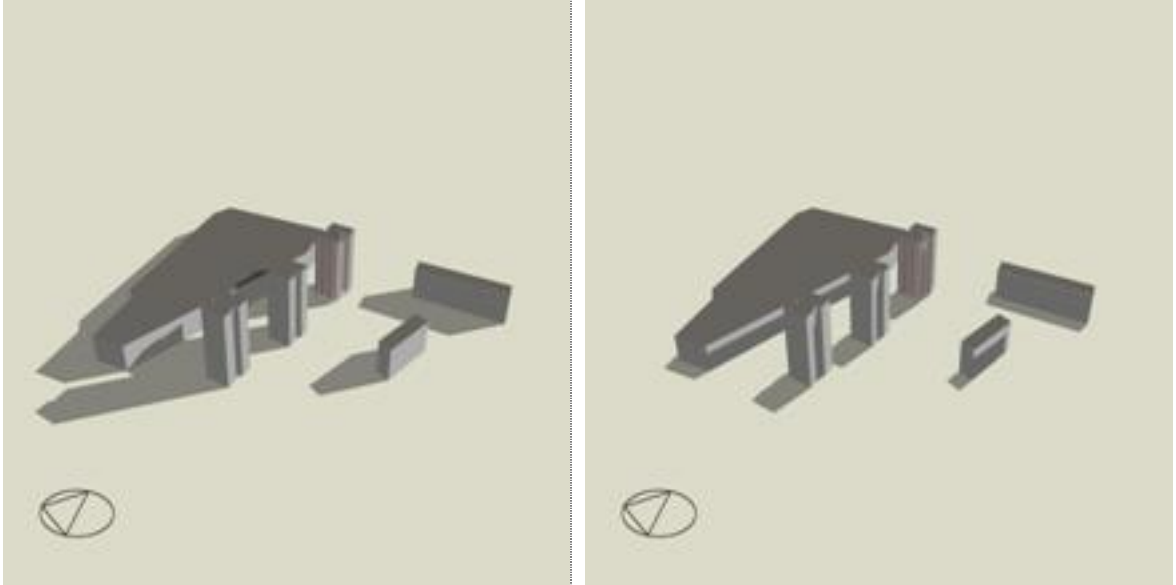
EKLER

EK A.1 :Seçilen konutun çevredeki binalarla ilişkisi



(21 Ocak 16.00)

(21 Temmuz 17.00)

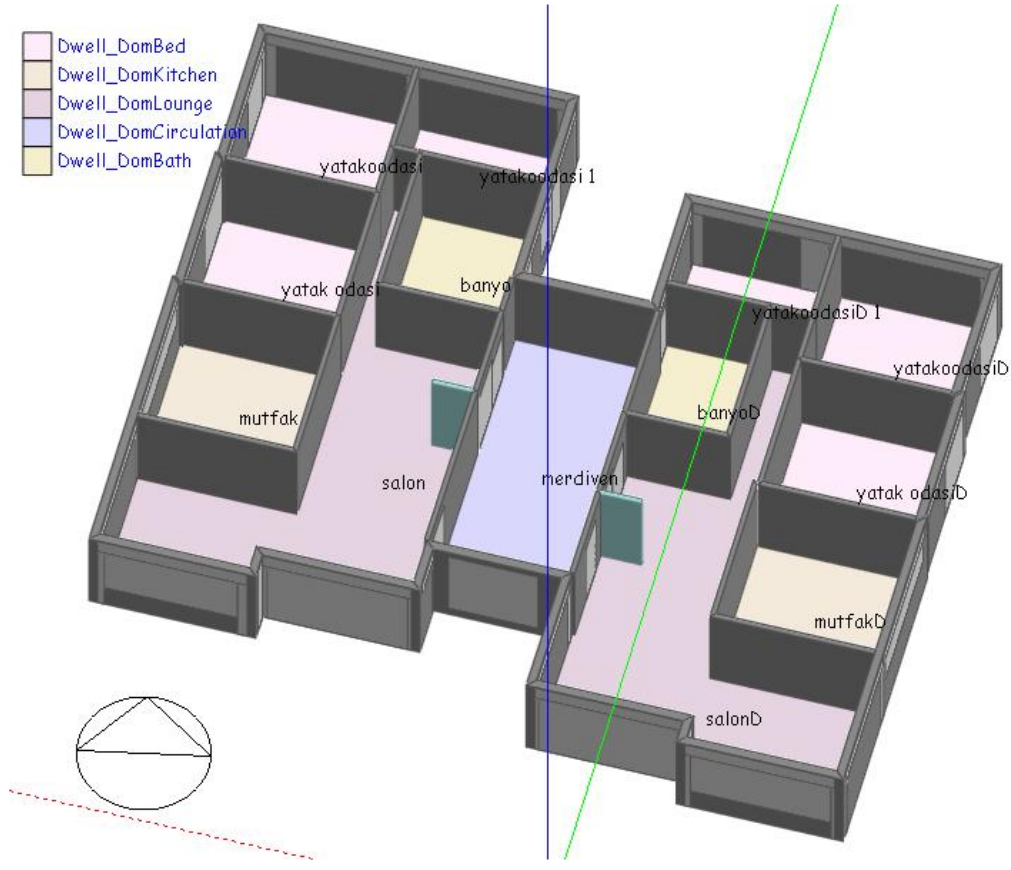


(21 Ocak 10.00)

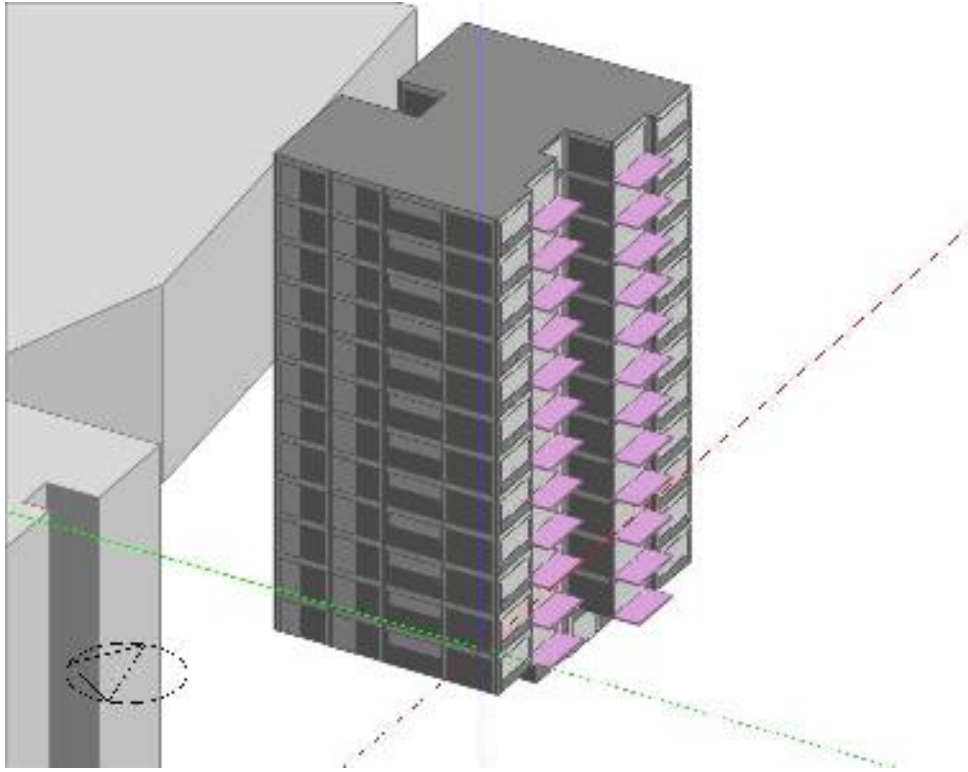
(21 Temmuz 10.00)

Şekil A.1 : Seçilen konutun, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde çevre binalarla ilişkisi

EK A.2: Seçilen konut için belirlenen zonlar



Şekil A.2 : DesignBuilder programında seçilen konut için belirlenen zonlar



Şekil A.3 : Seçilen konutun DesignBuilder programında modellenen yerleşimi

EK A.3: İstanbul’da farklı yalıtım malzemelerinin bina ısıl yüklerine etkisi

İstanbul’da duvarlarda kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin, cephe saydamlık yönüne de bağlı olarak binanın ısıl yüklerine olan etkisini araştırmak için farklı yönlerde saydam elemana sahip 4m x 4m ebatlarında bloklar oluşturulmuş ve her birine farklı yalıtım malzemesi uygulanmıştır. Bloklar, tek zondan oluşmaktadır, düz çatılıdır ve zemine oturmaktadır. Bloklarda saydam eleman olarak ahşap çerçeveli çift camlı pencere düşünülmüştür. Bütün cephelerde %30 oranında saydam eleman, sadece güney cephesinde %30 oranında saydam eleman, sadece kuzey cephesinde %30 oranında saydam eleman, sadece doğu cephesinde %30 oranında saydam eleman, sadece batı cephesinde %30 oranında saydam eleman ve bütün cephelerin opak elemandan oluştuğu durum gözlemlenmiştir. Duvarların 20 cm beton bloktan oluştuğu varsayılmış ve dışarıdan 5 cm farklı yalıtım malzemeleri uygulanmıştır. Zemine oturan döşeme katmanlarında sırasıyla 3 cm ahşap kaplama, 7 cm şap, 10 cm betonarme döşeme ve 10 cm ekspande polistren, çatı katmanlarında ise sırasıyla 1 cm bitümen, 15 cm cam yünü, 5 cm betonarme döşeme, 1 cm sıva kullanılmıştır.

DesignBuilder programı aracılığıyla elde edilen sonuçlara göre, binanın ısıtma ve soğutma yükü, saydam elemanın bulunduğu cepheye göre ve kullanılan yalıtım malzemesinin türüne göre değişmektedir. Bazı yalıtım malzemeleri binanın ısıtma yüklerini düşürmekte daha etkiliyken, bazıları binanın soğutma yüklerini düşürmede daha etkilidir. Yapıda ekstrüde polistren, ekspande taş yünü kullanıldığı zaman, cephe saydamlık oranları veya yalıtımın yeri değiştirilse bile yalıtım malzemesi konulmasıyla, soğutma yükünde bir miktar artış meydana gelmektedir. Fakat yapının ısıtma yükleri önemli ölçüde düşmüştür. Cam yünü kullanıldığı zaman ise soğutma yükü, pencerenin binada bulunduğu yöne bağlı olarak artmakta veya yalıtım kalınlığıyla azalmaktadır. Organik yalıtım malzemeleri kullanıldığında ise, yapıda yalıtımın hem ısıtma hem soğutma yüklerini azaltıcı etkisi görülmektedir, fakat binanın toplam yüklerini azaltmaktaki etkilerinin diğer yalıtım malzemeleri kadar fazla olmadığı gözlemlenmiştir. Önerilen yenilemede binanın toplam enerji yüklerini azaltmadaki etkisi ve maliyeti dikkate alınarak ekspande polistren kullanılmıştır. Farklı cephelerde bulunan saydam elemana ve farklı yalıtım malzemelerinin kullanımına bağlı olarak tanımlanan blokların yıllık ısıtma ve soğutma yükleri Çizelge A.1’de görülmektedir.

Çizelge A.1: Farklı cephelerde bulunan pencerelere göre farklı yalıtım malzemesi kullanılmasıyla oluşan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri(kWh).

	Bütün cephelerde %30 saydam elemanın kullanıldığı durum		Güney cephesinde %30 saydam elemanın kullanıldığı durum		Kuzey cephesinde %30 saydam elemanın kullanıldığı durum		Doğu cephesinde %30 saydam elemanın kullanıldığı durum		Batı cephesinde %30 saydam elemanın kullanıldığı durum		Bütün cephelerde opak elemanın kullanıldığı durum	
	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız
Camyünü	Q1 939	1157	962	1210	1161	1423	1108	1343	1112	1360	1214	1473
	Qs 2100	2037	1001	1013	758	735	983	953	1010	982	542	566
Taşyünü	Q1 953	1157	990	1210	1186	1423	1125	1343	1128	1360	1235	1473
	Qs 2090	2037	996	1013	756	735	979	953	1005	982	542	566
Ekspande polistren	Q1 965	1157	1007	1210	1212	1423	1154	1343	1146	1360	1262	1473
	Qs 2080	2037	991	1013	754	735	975	953	1000	982	542	566
Ekstrüde polistren	Q1 897	1157	899	1210	1113	1423	1046	1343	1040	1360	1144	1473
	Qs 2135	2037	1019	1013	765	735	998	953	1026	982	540	566
Kraterm board	Q1 1029	1157	1089	1210	1299	1423	1229	1343	1233	1360	1357	1473
	Qs 2035	2037	970	1013	747	735	957	953	981	982	544	566
Foam slag	Q1 1454	1157	1683	1210	1864	1423	1811	1343	1817	1360	1983	1473
	Qs 1787	2037	874	1013	715	735	876	953	888	982	558	566
Hard rubber	Q1 1285	1157	1436	1210	1631	1423	1565	1343	1568	1360	1705	1473
	Qs 1951	2037	1010	1013	831	735	1008	953	1020	982	662	566
Thermalite	Q1 1365	1157	1559	1210	1748	1423	1683	1343	1700	1360	1863	1473
	Qs 1830	2037	888	1013	719	735	888	953	902	982	554	566
Vernikular insulating brick	Q1 1469	1157	1714	1210	1894	1423	1837	1343	1844	1360	2003	1473
	Qs 1779	2037	870	1013	713	735	872	953	885	982	558	566

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayşegül Tıkır

Doğum Yeri ve Tarihi: Konya, 1982

İletişim Adresi: aysegultikir@gmail.com

Lisans Üniversite: Orta Doğu Teknik Üniversitesi