

**Çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi**

**Proje No: 109M450**

Dr. Zehra Tuğçe KAZANASMAZ  
Prof.Dr. Gül den GÖKÇEN AKKURT  
İlknur ERLALELİTEPE  
Cihan TURHAN  
Kenan Evren EK MEN

NİSAN 2012  
İZMİR

## Önsöz

Bu raporda, “Çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi” başlıklı projesi çerçevesinde uygulanan niceliksel çalışma bulguları, performans değerlendirmeleri ve sonuçları yer almaktadır. Bu çalışmanın birincil ve temel amacı, mevcut olan çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin kurulmasıdır. Ayrıca, bu çalışmanın, enerji tüketiminin azaltılması, dolayısı ile sera gazı emisyonlarının azaltılarak Kyoto protokolü ile AB uyum gerekliliğini yerine getirmek amacıyla yürütülmesi gereken çalışmalardan biri olması ve benzer çalışmalar için öncül nitelikte olması amaçlanmıştır. Bir diğer amaç da enerji etkin bina tasarımı ve inşaatı için öneriler getirmek ve yeni yapılacak binalarda yol gösterici olmaktır.

Binalardaki enerji verimliliği kavramı, kaliteli konut üretiminde kritik bir konu olmaktadır. Enerji sadece bir binanın tüketim maliyetinin yüksek oranda göstergesini ifade etmez aynı zamanda kullanıcıların ısı ve görsel konforunun üzerinde de belirgin ve güçlü bir etkisi olur. Enerji teknolojisindeki en yeni gelişmeler binaların enerji tüketimini belirgin derecede düşürmeyi/azaltmayı mümkün kılmaktadır. Tasarım verimliliği, yapıların ve bunların içinde barındırdığı çeşitli işlevlere yönelik alanların çok daha verimli ve ucuza mal olacak şekilde tasarlanıp üretilmesini sağlamak için kullanılan bir kavramdır. Böylece yapım maliyetleri ile kullanıma yönelik işletim maliyetlerinin optimum seviyelerde olması sağlanır.

Bu konuda en etkili olabilecek parametreler genel hatlarıyla; yapının taban alanı; birim iç ‘faydalı’ alanı; birim iç faydalı hacim; yapı toplam duvar alanı; yapı toplam dış yüzey alanı; yapı pencere alanı; yapı toplam ısıtma yükü olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca tasarlayanların mesleki durumu ve yapının parsel durumunun da tasarım verimliliğine etkisi olduğu düşünülmektedir. Söz konusu alan değerlerinden hesaplanan tasarım verimlilik göstergeleri yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü (en/boy oranı), yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranı, yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı olarak belirlenmektedir.

Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2



Mayıs 2007 tarihinde çıkarılan Enerji Verimliliği Yasası ve sonrasında Bayındırlık Bakanlığı'nın 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile binanın enerji kullanımı değerlendirilmesinin yapılması, buna bağlı olarak sınıflandırılması, mevcut binalar için de minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, 10 yıllık dönem içinde yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binaların enerji performansı değerlendirilmelerinin bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma da buna hazırlık olacak ön çalışma niteliğindedir.

Uluslararası araştırmalar doğrultusunda, mevcut konutların enerji performansının değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler sunulmaktadır. Bunlar, EuroClass yöntemi(enerji tüketimlerine göre enerji sınıflandırması için bir bilgisayar programı), EPA-ED yöntemi (benzer şekilde enerji değerlendirmesi için geliştirilmiş), ile istatistiksel yöntemler, EM adı verilen enerji tüketimi tahmin eden bilgisayar programı ve yapay sinir ağ modelleridir. Bu çalışmada, Makine Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan Çalışma Grubu tarafından Haziran 2008'de tamamlanmış olan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çalışmaları kapsamında hazırlanan "Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu" (KEP-SDM) kullanılmıştır. Bu yöntem, Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin belirttiği konut binaları için hazırlanan ve Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri yöntemlerin (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanılan bir hesaplama yöntemidir. Bu sayede, bir konut binasının enerji kimlik belgesi çıkartılabilmekte; enerji sınıfı ve karbondioksit salım sınıfı belirlenebilmektedir.

Proje, 109M450 kodu ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Mühendislik Araştırma Grubu (MAG) tarafından iki yıl süre ile (15 Nisan 2010 ile 15 Nisan 2012 tarihleri arasında) desteklenmiştir. Proje kapsamında bir yürütücü, bir danışman ve üç bursiyer görev almıştır. Tüm çalışmalar destek programında belirtildiği şekilde başarıyla tamamlanmıştır. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olan Prof.Dr.Gülden Gökçen Akkurt' un uzmanlık alanları arasında binaların enerji performanslarının değerlendirilmesi olduğundan ve KEP-SDM' yi geliştiren ekipte yer aldığından projede kendisinden bu konuda danışmanlık hizmeti alınmıştır. Bursiyerler, İYTE Enerji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans öğrencisi Kenan Evren Ekmen, İYTE Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans öğrencisi ve Araştırma Görevlisi İlnur Erlalitepe ve İYTE Enerji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans öğrencisi ve Araştırma Görevlisi Cihan Turhan'dır. Ayrıca, proje yürütücüsü, Dr. Zehra Tuğçe Kazanasmaz' ın doktora tezi, konusu, yaptığı yayınlar ve yürüttüğü İYTE-BAP(bilimsel araştırma projesi) ile proje konusunun mimari kısmında etkin olmuştur. Proje yürütücüsünün doktora tezinde yaptığı çalışmalara devam niteliğinde ve kariyer geliştirmeye uygun görülen bu proje, mimari bilgi ve araştırma boyutuna

binalarda enerji performansı boyutunun da eklenmesiyle yürütücünün kariyeri açısından yararlı bir durum ortaya çıkarmıştır. Bu proje ile enerji performansı kavramlarıyla mimari düzenleme kriterleri her iki disiplinin kendi bakış açılarıyla değil de ortak bir değerlendirme platformunda ele alınmak amaçlanmış ve bu sayede özgünlük sağlanmak istenmiştir.

Konut yatırımlarının, ekonomik etkilerinin boyutu ve özellikle, 1974 yılında enerji krizi ile başlayıp günümüze kadar devam eden enerji tasarrufu odaklı dönem dikkate alındığında, konutların kullanılmaya başlandıktan sonraki enerji giderlerinin gösterdiği artışlar ve enerji tüketiminin azaltılması için yapılan yasal düzenlemeler bu konuyu incelemeye değer kılmaktadır. Nitelikli ve enerji verimli(enerji performansı yüksek) konut tasarımlarının üretilebilmesi ve uygulanabilmesi için, bu çalışma sonucunda elde edilecek mevcut durum bulgularının bilgi altyapısı oluşturacağı düşünülmektedir. İzmir için yapılan çalışma,istatistik yöntemlerle yürütülüp parametrik değerlerle sınıflandırma ile sonuçlara ulaşıldığından (nesnel olacağından) diğer kentlere de uyarlanabilecek örnek bir çalışma olduğu düşünülmektedir. Amaç, şu anda mevcut konut yapılarının konuyla ilgili nesnel bir değerlendirmesini yaparak ortaya çıkan sonuçları tüm ilgililerin bilgi ve kullanımına sunmaktır. Bu araştırmanın sonuçlarının, tasarım aşamasında, konutların enerji performansının çok daha iyi olmasını sağlayabilmek ve doğru tahminler elde edilebilmesi için yöntem geliştirilmesine katkı oluşturacağı; ayrıca, söz konusu konularda daha iyi çözümler üretmeyi amaçlayan tasarımcılar(mimarlar ve mühendisler) için ihtiyaç duyulan geribildirim ve fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## **Teşekkür**

Projenin gerçekleştirilmesi, proje ekibinde yer alan proje danışmanı, enerji performansı konusunda uzman olan İYTE Makine Mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Gülden Gökçen Akkurt, proje bursiyerleri İYTE Enerji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans öğrencisi Kenan Evren Ekmen, İYTE Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans öğrencisi ve Araştırma Görevlisi İlknur Erlalelitepe ve İYTE Enerji Mühendisliği Programı Yüksek Lisans öğrencisi ve Araştırma Görevlisi Cihan Turhan'ın özverili çalışmaları sonucunda ve İzmir merkez ilçe Belediyeleri yöneticilerinin sağladığı destek sayesinde mümkün olmuştur. Projede incelenecek konut binalarının adreslerinin belirlenmesi ve projelerinin elde edilmesinde yol gösterici olan Belediye arşiv sorumlularına emekleri ve sağladıkları katkı nedeniyle teşekkür ederiz.

İzmir Karabağlar Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nde, Harita ve Kadastro Mühendisi aynı zamanda da Başkan Yardımcısı olan Muslu Yılmaz'a; İzmir Konak Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdür Vekili olan İnşaat Mühendisi Devrim Kalkar'a; İzmir Balçova Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürü İnşaat Mühendisi Seray Zünbülcan'a ilgili konutların mimari ve tesisat projelerinin incelenmesi için Belediye arşivlerinden faydalanılması ve gerekli kolaylığın sağlanması hususunda sağladıkları destek nedeniyle teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Proje çalışması boyunca kurumsal/yönetimsel destek veren 2009-2010 Bahar Dönemi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Hasan Böke'ye, Mimarlık Bölümü Başkanı ve 2010-2011 Güz Döneminden itibaren Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Murat Günaydın'a, 2010-2011 Güz Döneminden itibaren Mimarlık Bölümü Başkanı olan Prof. Dr. Serdar Kale'ye teşekkürlerimizi iletiyoruz.

İYTE Şehir Planlama Bölümü araştırma görevlisi Çağlar Koşun elde edilen verilerin istatistik analiz programı ile ilgili teknik sorunların çözülmesi konusunda; Bilgi İşlem Daire Başkanlığı'nda programcı olarak görevli Ceyda Baysal ile bu proje öncesinde KEP-İYTE-ESS yazılımının oluşturulmasında görev almış, ancak şu anda İstanbul'da çalışan bilgisayar mühendisi Mehmet Emrah Kala KEP-İYTE-ESS yazılımı ile ilgili karşılaşılan teknik sorunların çözümünde katkı ve yardımlarda bulunarak projenin tamamlanmasında destek olmuşlardır.

Son olarak, böyle çok yönlü bir çalışmanın her aşamasında aktif bir şekilde yer alarak araştırmanın odağında yürütücü sıfatıyla bulunmak akademik kariyerimde bilgi ve deneyiminin gelişmesi açısından bana çok katkı sağlamıştır. Bu projeyi destekleyen TÜBİTAK MAG' a teşekkürlerimi iletirim.

Dr. Zehra Tuğçe KAZANASMAZ

Proje Yürütücüsü

Nisan 2012

# İçindekiler

Önsöz.....	ii
Teşekkür .....	iv
Özet.....	xii
Abstract.....	xii
<b>1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Çalışmanın ulusal ve uluslararası bağlamı .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Çalışmanın amacı .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Çalışmanın yöntemi .....</b>	<b>4</b>
<b>2 GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Enerji Etkin Konut Tasarım Ölçütleri .....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Binanın Konumu .....	8
2.1.2 Binanın Biçimi .....	8
2.1.3 Binanın Büyüklüğü ve Kullanım Şekli .....	9
2.1.4 Binanın Yönlenmesi .....	8
2.1.5 Bina aralıkları ve yükseklikleri .....	9
2.1.6 Binaların konumlandırılması .....	10
2.1.7 Bina Kabuğunun Özellikleri ve Malzeme Seçimi .....	10
2.1.8 Pencereler ve Gölgeleme Elemanları .....	10
2.1.9 Mekân Organizasyonu.....	11
<b>2.2 Tasarım Ölçütleri ile Enerji Etkin Tasarım Araştırmaları .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Sertifika Sistemleri ile Konutların Değerlendirilmesi .....</b>	<b>16</b>
2.3.1 LEED ve LEED-Konut (LEED-H) .....	17
2.3.2 BREEAM ve BREEAM-Eko Konut .....	19
2.3.3 CASBEE .....	19
2.3.4 Konut Örnekleri .....	20
2.3.5 LEED VE BREEAM Sertifika Sistemlerinin Türkiye’de Uygulanabilirliği .....	22
<b>2.4 Bina Enerji Performansı Değerlendirme Çalışmaları .....</b>	<b>24</b>
2.4.1 CEN standartları .....	25
2.4.1.1 Binaların enerji sertifikası.....	29
2.4.1.2 Enerji performansının tarifi.....	30
2.4.2 Avrupa ülkelerinde Uygulanan Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri ....	33
2.4.3 Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler ve Binalarda Enerji Performansı Değerlendirilmesi .....	37
2.4.3.1 TS 825 Standardı.....	37
2.4.3.2 Isı Yalıtım Yönetmeliği .....	38
2.4.3.3 Enerji Verimliliği Yasası ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.....	38
2.4.3.4 Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP HY).....	39

<b>3 GEREÇ VE YÖNTEM</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 İzmir’de İncelenen Konut Binaları</b> .....	<b>42</b>
3.1.1 Binaların belirlenmesi ve özellikleri .....	43
3.1.2 Verilerin elde edilmesi.....	50
3.1.3 Tasarım verimlilik göstergelerinin oluşturulması.....	56
<b>3.2 Verilerin analizi</b> .....	<b>58</b>
3.2.1 KEP-SDM Yöntemi (KEP-İYTE-ESS Yazılımı) .....	58
3.2.1.1 KEP-SDM kapsamı.....	60
3.2.1.2 Hesaplama yöntemi.....	61
3.2.2 İstatistiksel analizler.....	77
3.2.3 Yapay Sinir Ağ modeli (Yapay Zeka Analizi) .....	79
<b>4 BULGULAR</b> .....	<b>80</b>
<b>4.1 KEP-SDM Yönteminin bulguları</b> .....	<b>80</b>
4.1.1 Binaların enerji tüketimleri ve enerji sınıfları .....	80
4.1.2 Binaların CO <sub>2</sub> salımları ve CO <sub>2</sub> sınıfları .....	83
4.1.3 Binaların enerji tüketimi bileşenleri .....	86
<b>4.2 İstatistiksel Analizlerin bulguları</b> .....	<b>87</b>
4.2.1 Mesleki Unvan ile enerji tüketimleri bağlantısı.....	88
4.2.2 Parsel Durumu ile enerji tüketimleri bağlantısı .....	91
4.2.3 Yalıtım ile enerji tüketimleri bağlantısı .....	94
4.2.4 Tasarım göstergelerinin enerji tüketimlerine olan etkisi.....	95
4.2.5 Mimari ölçütlere göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizler .....	98
4.2.5.1 Pencere alanına göre .....	98
4.2.5.2 A/V oranına göre .....	99
4.2.5.3 Yönlere göre .....	99
4.2.5.4 Kat adedine göre .....	100
4.2.6 Önerilen tasarım verimlilik sınıflarına göre enerji tüketim analizleri.....	101
4.2.7 Isıtma sistemi değişikliğine göre tekrarlanan analizler .....	104
4.2.8 Tasarım verimlilik grupları ile mimari ölçütlerin enerji ve CO <sub>2</sub> performanslarına olan etkinliği.....	108
<b>4.3 Yapay Sinir Ağ Modelinin bulguları</b> .....	<b>110</b>
<b>5 TARTIŞMA / SONUÇ</b> .....	<b>113</b>
<b>5.1 İncelenen konut binalarının enerji ve CO<sub>2</sub> salımı performansı</b> .....	<b>113</b>
<b>5.2 Mimari özellikler ile önerilen tasarım verimlilik göstergeleri ve enerji tüketimleri bağlantısı</b> .....	<b>114</b>
<b>5.3 Yöntem ve enerji performansı tahmini üzerine</b> .....	<b>116</b>
<b>5.4 Sonuç</b> .....	<b>117</b>
<b>REFERANSLAR</b> .....	<b>118</b>

# EKLER

EK 1 BELEDİYELERE GÖNDERİLEN ÖRNEK İZİN YAZISI

EK 2 KONUT BİNALARI İÇİN MİMARİ PROJE ÖRNEĞİ

EK 3 MİMARİ PROJELERDEN ELDE EDİLEN VERİLERE ÖRNEKLER

EK 4 KEP-SDM İLE ELDE EDİLEN VERİLERE ÖRNEKLER

EK 5 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ ÖRNEK TABLOSU

EK 6 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

EK 7 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN DAĞILIM GRAFİKLERİ

EK 8 ÖNERİLEN TASARIM VERİMLİLİK SINIFLARINA GÖRE ENERJİ TÜKETİMLERİNİN DAĞILIMI VE VARYANS ANALİZLERİ

EK 9 MERKEZİ VE SOBALI ISITMA SİSTEMLERİNE GÖRE TEKRARLANAN ANALİZLER

EK 10 MERKEZİ VE SOBALI ISITMA SİSTEMLERİNE GÖRE CO<sub>2</sub> SALIMI VE SINIFLARI İÇİN ANALİZLER

EK 11 PROJE KAPSAMINDA OLUŞAN YAYINLAR

# TABLO LİSTESİ

- Tablo 1. LEED -H ve LEED-NC kategorilerinin ölçütlerinin karşılaştırması (Issa et.al. 2010; USGBC, 2007).
- Tablo 2. BREEAM sertifika sisteminde minimum standart ve aranan ölçütler (Department for Communities and Local Government, 2006).
- Tablo 3. Mimari özellikleri kaydedilen konut binası sayıları.
- Tablo 4. Mimari tasarım göstergeleri)
- Tablo 5. Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).
- Tablo 6. Sera Gazı Referans Göstergesi (SRG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).
- Tablo 7. Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı (EP) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).
- Tablo 8. Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı (SEG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).
- Tablo 9. 2000 yılı öncesi inşa edilen binaların duvar, taban ve tavan bileşenlerine ait malzeme ve yoğunluk seçimleri.
- Tablo 10. Proje verileri olmayan pencere bileşenlerine ait cam tipi ve doğrama seçimleri.
- Tablo 11. KEP-İYTE-ESS giriş verileri.
- Tablo 12 Yazılım çıktıları.
- Tablo 13. Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayıları (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).
- Tablo 14. Mesleki unvana göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 15 Parsel durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 16 Yalıtım durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 17 Regresyon modeli özet tablosu
- Tablo 18. ANOVA anlamlılık tablosu
- Tablo 19 Regresyon modeli katsayılar tablosu
- Tablo 20 Bina enerji sınıfına göre pencere alanlarının dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 21 Bina enerji sınıfına göre A/V oranının dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 22 Yönlere göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 23 Katlara göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi
- Tablo 24 Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin varyans analizi
- Tablo 25 Isıtma sistemine göre enerji sınıfı ve tüketimi ile mimari parametreler arasındaki ilişkinin durumu
- Tablo 26 Tasarım verimlilik göstergelerinin enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlik durumları (Merkezi ısıtma ve sobalı ısıtma sistemlerine göre hesaplanan değerler için)
- Tablo 27 Mimari ölçütlerin enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlik durumları (Merkezi ısıtma ve sobalı ısıtma sistemlerine göre hesaplanan değerler için)

# ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. *Idea House* projesinin görünüşleri (USGBC, 2009).
- Şekil 2. *Vista Dunes* projesinde çevre düzenlemesi ve konutların konumu (USGBC, 2009).
- Şekil 3. Binaların derecelendirilmesi için prEN 152172'deki öneri.
- Şekil 4. Araştırma Yönteminin Akış Şeması
- Şekil 5 İzmir iline ait meteorolojik veriler(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).
- Şekil 6 İlçe belediyelere göre 2000-2008 yılları arası yapılan konut binaları sayısı
- Şekil 7 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında yıl bazında toplam bina sayıları.
- Şekil 8 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında kat adedine göre bina sayıları.
- Şekil 9 Taşıyıcı sisteme göre bina sayıları.
- Şekil 10 Isıtma sistemine göre bina sayıları
- Şekil 11 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında yıl bazında yapımı tamamlanan konut binası sayıları
- Şekil 12 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında kat adedine göre ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayısı.
- Şekil 13 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında yıllara göre ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayısı.
- Şekil 14 İzmir 3 boyutlu Kent Rehberi örnek görüntüleri.
- Şekil 15. Bina imar düzeni ve yönlendirilmesini gösteren örnek kroki.
- Şekil 16. Elde edilen projelerin kat adedine göre dağılımı
- Şekil 17. Elde edilen projelerin imar düzenine göre dağılımı
- Şekil 18. Elde edilen projelerin proje müelliflerinin ünvanına göre dağılımı
- Şekil 19. Elde edilen projelerin yıllara göre dağılımı
- Şekil 20. Projelerin ısıtma sistemine göre dağılımı
- Şekil 21. KEP-SDM enerji performansı hesaplama akım şeması.
- Şekil 22. Adres ve düzenleyici bilgileri modülü (Modül 1).
- Şekil 23. Genel bilgiler modülü (Modül 2)
- Şekil 24. Isıtma sistemi bilgileri modülü (Modül 3).
- Şekil 25. Konut boyutları ve iç ortam parametreleri modülü (Modül 4).
- Şekil 26. Havalandırma ve infiltrasyon özgül ısı kaybı modülü (Modül 5).
- Şekil 27. Yapı elemanları özgül ısı kaybı modülü (Modül 6).
- Şekil 28. Sıcak su enerji ihtiyacı modülü (Modül 7).
- Şekil 29. Güneş kazançları modülü (Modül 8).
- Şekil 30. Enerji tüketimi için ortalama iç sıcaklık modülü (Modül 9).
- Şekil 31. Toplam enerji tüketimi modülü (Modül 10).
- Şekil 32. Sera gazı emisyonu modülü (Modül 11).
- Şekil 33. Sertifikalandırma (Modül 12).
- Şekil 34. Raporlama (Modül 13).
- Şekil 35. Bina enerji sınıflarına ait konut binalarının ilçelere göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil 36. Konak (a), Karabağlar (b), Balçova (c) ilçelerindeki binaların enerji sınıflarının yapım yıllarına göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 37. Binaların enerji sınıflarının ısıtma sistemlerine göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 38. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının ilçelere göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 39. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının yıllara göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 40. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının ısıtma sistemine göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 41. Binaların enerji tüketimi bileşenlerinin dağılımı; (a) metrekareye düşen güneş kazancına göre, (b) metrekareye düşen elektrik tüketimine göre, (c) metrekareye düşen toplam hacim ısıtma enerjisi tüketimine göre, (d) metrekareye düşen CO<sub>2</sub> salımına göre.

Şekil 42 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 43 Mesleki unvana ait konut binalarının, bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 44 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 45 Mesleki unvana ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 46 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 47 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının (a) bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı (b) toplam sayısı

Şekil 48 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 49 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Şekil 50 Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Şekil 51. G1 ve G2'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı

Şekil 52. G6 ve G8'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı

Şekil 53. A/V ve G2'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı

Şekil 54. Yapay sinir ağ modeli yapısı

Şekil 55. Yapay sinir ağ modelinin MATLAB programı ile oluşturulması

Şekil 56. Yapay sinir ağ modeli sonuçları

Şekil 57. Duyarlılık analizi sonuçları

Şekil 58 Farklı parametrelerle oluşturulan yapay sinir ağı modeli

Şekil 59 Farklı parametreler ile oluşturulan modelin test ve eğitim performanslarının karşılaştırılması

Şekil 60 Yeni modelin duyarlılık analizi ile incelenmesi

## ÖZET

Enerji verimliliği, kaliteli konut tasarımında ciddi bir konu olarak önem taşımaktadır. Binaların mimari konfigürasyonlarının ve tasarım normlarının da enerji performansına doğrudan etkisi olduğu bilinmektedir. Avrupa Birliği içerisinde enerji tüketimini azaltmak için çıkartılan enerji verimliliği yasaları dikkate alındığında, Türkiye, halen, Avrupa Birliği'nin en son çıkan Binalarda Enerji Performansı Yönergesi 2010/31/EC' e uymak için yönetmelikler çıkarmakla yükümlüdür. Türkiye'nin en yeni yönetmeliği, mevcut binaların enerji performansının değerlendirilmesi hakkında bilgi gerektirmektedir. Böylece, bu çalışma İzmir' deki konut binalarının enerji performanslarını belirlemeyi, istatistiksel analizlerle enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Uygulama projeleri elde edilerek belirli alan bazlı oranlar ve bina ölçüleri mimari tasarım göstergeleri olarak belirlenmiştir. Örnek binaların enerji performansları, Türk standardı olan TS825 ile Avrupa standardı olan EB ISO 13790'ı temel alarak hazırlanan Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar bize öylesine bir ipucu sunmaktadır ki değişkenler arasındaki etkileşim ile bunların binaların enerji performansı ve CO<sub>2</sub> salımlarına olan etkilerinin düşünülmesi gereklidir. Ayrıca, elde edilen bulgular, ülkemizde örnek seçilen bir şehir olan İzmir'deki konut bina stoğu hakkında da geribildirim sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Mevcut konut binaları, enerji performansı, mimari konfigürasyon, istatistik analiz, verimli tasarım, yasalar.

## ABSTRACT

Energy efficiency is a critical issue to design residential buildings of good quality. It is known that architectural configuration of buildings and design norms have direct impact on energy performance of buildings. By considering the energy efficiency legislations to decrease the energy consumption among the European Union, Turkey is now responsible to provide regulations to comply for the latest European Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EC. New legislation in Turkey requires information about the evaluation of energy performance of existing buildings. So, this study aimed to determine energy performance of residential buildings in Izmir, to analyze significant relationships between their performance and architectural configuration through statistical analyses. Utilizing production drawings, certain area-based ratios and building dimensions were determined as architectural configuration indicators. Energy performance of case buildings were determined by using a The Standard Assessment Method for Energy Performance of Dwellings (KEP-SDM) which referred to Turkish standard TS 825, and European standard EB ISO 13790. Findings present such a clue that interactions between variables and their impact on the energy performance and CO<sub>2</sub> emissions should be taken into consideration. They would also provide feedback information on the residential building stock in Izmir, selected as a representative city in Turkey.

Key words: Existing residential buildings, energy performance, architectural configuration, statistical analysis, efficient design, legislations.

# 1 GİRİŞ

Bu bölüm, çalışmanın ulusal ve uluslar arası bağlamının konunun genel hatlarıyla açıklanması, çalışmanın amacının birincil ve temel amaçlar ile ikincil amaçlar olarak açıklanması, çalışmanın yönteminin aşama aşama bahsedilmesi ve çalışmanın sunumunun çalışmanın tüm ayrıntılarıyla konu başlıkları içerisinde anlatılması ile oluşturulmuştur.

## 1. 1 Çalışmanın ulusal ve uluslararası bağlamı

Türkiye'deki yapı üretimi, gerek nüfus artışı nedeniyle barınma gereksiniminin artması ve kaliteli yaşam alanı ihtiyacı gerekse diğer sektörler için mutlak ve bağımlı olarak pahalı hale gelmesi nedenleriyle önemini korumaktadır. 1990 yılında toplam yapı sayısının yaklaşık % 32' sini apartman(çok katlı konut) oluşturmakta iken 2003 yılında bu oran %40' a kadar çıkmıştır (DİE, 2003). Konut yatırımlarının, 1985 yılına kadar 3 trilyonun altında gerçekleştiği ancak 1986'dan itibaren hızla arttığı ve 6 trilyonun üzerine çıktığı, mevcut veriler kullanılarak saptanmıştır. Konut yatırımlarının ekonomik etkilerinin boyutu bu konuya önem yüklemektedir (DPT, 1996). Ayrıca, 2002 yılında konut inşaat maliyetleri TL bazında %28 oranında artmış, 2004 yılında bu oran %14 iken 2005 yılında ise %12,5 olmuştur (TOKİ, 2006). Özellikle, 1974 yılında petrol krizi ile başlayıp günümüze kadar devam eden enerji tasarrufu odaklı dönem dikkate alındığında ise, konutların kullanılmaya başlandıktan sonraki enerji giderlerinin gösterdiği artışlar, bu konuyu incelemeye değer kılmaktadır (Düzgüneş, 1982). Petrol krizinden sonra yoğun enerji kullanan ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde, pek çok alanda enerjinin etkin olarak kullanılması yönünde araştırma ve geliştirme çalışmaları başlatılmış, bu çalışmalara paralel uygulamalar sürdürülmüştür. Bu süreci, "enerji kullanımında ekonomik duyarlılığın gelişmesi süreci" olarak nitelendirmek mümkündür (MMO Çalışma Grubu, 2008). Nitelikli konut birimleri ve çevre düzenlemeleri yapılabilmesi için de, gerekli tasarım öncüllerinden biri, ulusal ve uluslararası araştırmaların bulguları ışığında konutların performans özelliklerinin sürekli yenilenebilir olması; bir diğeri ise ilgili yönetmelikler ve standartlar ışığında konut üretiminin uygun özelliklerde olmasının sağlanmasıdır (DPT, 1996). Bu bağlamda, Enerji Verimliliği Yasası çıkarılmış ve bu yasa hükümlerince ve Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin ve küresel ısınmaya etki eden gazların azaltılması amaçlarıyla, üye ülkelerin zorunlu olarak yerine getirmesini istediği Binalarda Enerji Performansı ile ilgili DIRECTIVE 2002/91/EC doğrultusunda Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği hazırlanmıştır.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, bu araştırmanın konusu, çok katlı konutların tasarım verimlilikleri ile binanın enerji performansı arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve tasarımın enerji performansına olan etkisinin incelenmesi olarak belirlenmiştir. Binalardaki enerji verimliliği kavramı, kaliteli konut üretiminde kritik bir konu olmaktadır. Enerji sadece bir binanın tüketim maliyetinin yüksek oranda göstergesini ifade etmez aynı zamanda kullanıcıların ısı ve görsel konforunun üzerinde de belirgin ve güçlü bir etkisi olur. Enerji teknolojisindeki en yeni gelişmeler binaların enerji tüketimini belirgin derecede düşürmeyi/azaltmayı mümkün kılmaktadır. Böylece konforlu bir yaşam sunan konutlar tasarlanmakta ve çevreye salınan zararlı gazlarda da büyük ölçüde azalma sağlanmaktadır. Evde

kullanılan birçok elektrikli ev aletinin (buzdolabı, çamaşır makinesi, v.s.) enerji verimlilik değerleri kullanıcıların bilgisine sunulmaktadır, ancak kullanıcıların içinde yaşadıkları binanın bağlı enerji tüketimi ve verimliliği hakkında bilgiye ulaşamamaktadır (Santamouris, 2005).

Binaların tasarım verimlilikleri üzerine yapılan çalışmalarda, alan bazlı oranlardan oluşan göstergeler önerilmektedir (Düzgüneş, 1982, Kazanasmaz, 2005, Kula, 2009). Amaç, yapıların ve bunların içinde barındırdığı çeşitli işlevlere yönelik alanların çok daha verimli ve çok daha ucuza mal olacak şekilde tasarlanıp üretilmesini sağlamak için yol göstermektir. Böylece sadece yapım maliyetleri değil kullanıma yönelik işletme maliyetlerinin de optimum seviyelerde olması sağlanır. Bu konuda en etkili olabilecek parametreler genel hatlarıyla; yapının taban alanı; birim iç 'faydalı' alanı; birim iç faydalı hacim; yapı toplam duvar alanı; yapı toplam dış yüzey alanı; yapı pencere alanı; yapı toplam ısıtma yükü olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca tasarlayanların mesleki durumu ve yapının parsel durumunun da tasarım verimliliğine etkisi olduğu düşünülmektedir. Söz konusu alan değerlerinden hesaplanan tasarım verimlilik göstergeleri de şu şekilde ifade edilmektedir; yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü (en/boy oranı), yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranı, yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alana oranıdır.

Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2 Mayıs 2007 tarihinde çıkarılan Enerji Verimliliği Yasası ve sonrasında Bayındırlık Bakanlığı'nın 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile binanın enerji kullanımı değerlendirilmesinin yapılması, buna bağlı olarak sınıflandırılması, mevcut binalar için de minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, 10 yıllık dönem içinde yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binaların enerji performansı değerlendirmelerinin bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın da buna hazırlık olacağı düşünülmüştür.

Uluslararası araştırmalar doğrultusunda, mevcut konutların enerji performansının değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler sunulmaktadır. Bunlar, EuroClass yöntemi(enerji tüketimlerine göre enerji sınıflandırması için bir bilgisayar programı), (Alvarez ve diğerleri, 2005), EPA-ED yöntemi (benzer şekilde enerji değerlendirmesi için geliştirilmiş) (Poel ve diğerleri, 2007), ile istatistiksel yöntemler, EM adı verilen enerji tüketimi tahmin eden bilgisayar programı ve yapay sinir ağ modelleridir (Pedersen, 2007). Türkiye'de ise; "Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM), Enerji Verimliliği Yasası hükümlerince hazırlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çalışmaları içinde, Makine Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan Çalışma Grubu tarafından Haziran 2008'de tamamlanmıştır. Yöntem, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye

yönelik olarak, Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri metotların (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur. KEP-SDM, "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde öngörülen *Binaların Enerji Kimlik Belgesi*'ndeki "Bina Enerji Sınıfı" ve "Bina Emisyon Sınıfı" belirlenmesine ait hesap yöntemidir" (Gökçen ve diğerleri, 2009).

Bu çalışmada, özellikle çok katlı konut yapıları seçilmiştir. Bunun nedeni, Türkiye'de üretilen yapıların büyük çoğunluğunu bu tür yapıların oluşturmasıdır. Petrol krizi ile de enerji duyarlı konut arayışı(enerji tüketiminin az olduğu ve doğal kaynaklardan fazlaca faydalanan konut-enerji etkin konut) başlamış; Türkiye'deki enerji tüketiminin fazla olduğu konutların hem yapımda hem de kullanımda enerji tüketimlerini azaltmak anlayışı gelişmiştir. Bir diğer neden ise Türkiye'nin yapı üretim sürecini ve karakterini belirleyen en önemli etkenlerden biri apartman(çok katlı konut) yapıları üretimidir (Düzgüneş, 1982; Berköz ve Kocaaslan, 1994; Balamir, 1982).

## 1. 2 Çalışmanın amacı

Yukarıda bahsedilen çalışmalar ve gereksinimler dikkate alındığında, bu çalışmanın birincil ve temel amacı, mevcut olan çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin kurulmasıdır. Ayrıca, mevcut konut yapılarının tasarım ve enerji verimliliklerine göre derecelendirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın diğer birincil amaçları şöyledir;

- a) Mevcut çok katlı konut projelerini inceleyerek alan bazlı veriler elde etmek
- b) Alan bazlı veriler kullanarak tasarım verimlilik göstergelerini oluşturmak
- c) İncelenen konut binalarının enerji performanslarını ve enerji ile CO<sub>2</sub> sınıflarını hesaplamak
- d) Oluşturulan göstergeler ile enerji performansları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını araştırmak
- e) Mimari ölçütlerin enerji performansına etkisi olup olmadığını araştırmak
- f) Tasarım verimlilik sınıfları ile enerji performans sınıfları arasındaki etkinlik durumunu göstermek

Diğer taraftan bu çalışmanın ikincil amaçları da şöyle açıklanmıştır. Bu çalışmanın, enerji tüketiminin azaltılması, dolayısı ile sera gazı salımlarının azaltılarak Kyoto protokolü ile AB uyum gerekliliğini yerine getirmek amacıyla yürütülmesi gereken çalışmalardan biri olması ve benzer çalışmalar için öncül nitelikte olması amaçlanmıştır. Bir diğer amaç da enerji etkin bina tasarımı ve inşaatı için öneriler getirmek ve yeni yapılacak binalarda yol gösterici olmaktır. Bu nedenle, İzmir'de örnek olarak seçilecek konutlar için, söz konusu tasarım göstergelerinin, enerji performanslarına olan etkisi incelenecektir. Ayrıca mesleki unvan ve parsel durumlarının da enerji performansına etkisi olup olmayacağı incelenecektir. Bu etki, sadece, enerji verimlilik derecelendirilmesi için değil, aynı zamanda, mevcut binaların enerji performanslarının iyileştirilmesi çalışmaları için de belirgin bir göstergedir. Bu araştırmanın sonuçlarının, söz konusu konularda daha iyi çözümler üretmeyi amaçlayan

tasarımcılar(mimarlar ve mühendisler) için ihtiyaç duyulan geribildirim ve fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Mimarlık alanında, araştırmacılara da yol göstermek amacıyla deneyimsel bir yaklaşımla bir yöntem önerilmektedir.

Bu çalışma ile tasarım aşamasında konutların enerji performansının mümkün olduğu kadar yüksek olmasını sağlayabilmek ve doğru tahmin edilebilmesi için tüm tasarımcılara(mimar ve mühendislere) yöntem önerilmektedir. Sonuçlar, tüm ilgililerin bilgisine ve kullanımına sunulmaktadır.

### **1. 3 Çalışmanın yöntemi**

Bu çalışmada, İzmir merkeze bağlı ilçe belediyelerinde konut bina sayıları ve kat yüksekliklerine ait çalışma sonucunda çok katlı konut binası yapım oranlarının yüksek olduğu Konak ve Karabağlar ilçeleri, ile diğer ilçelerden farklı bir imar düzeni olan ve yeni yerleşim alanlarını imara açan Balçova ilçesi'nde 1970'de (enerji krizi sonrası) ve sonraki yıllarda inşaat ruhsatı almış çok katlı konut yapıları değerlendirilmiştir. Söz konusu belediyelerdeki konutlara ilişkin bir ön araştırmanın ardından çeşitli özelliklerde toplam 148 konut binası(çok katlı konut-apartman) belirlenmiştir. Örnek seçilen konutlar, incelenen belediye sınırları(farklı arazi ve yön özelliklerini temsil edecek şekilde)tespit edildikten sonra; çok katlı (5-13 katlı) olması (çeşitli yükseklikte ve mimari özellikteki binaları temsil edecek sayıda) ve özellikle TS 825 yürürlüğe girdikten sonraki ve önceki dönemlerde inşa edilmiş olması gibi kriterler göz önünde bulundurulurarak seçilmiştir. Söz konusu konutların mimari ve tesisat projelerine ilgili ilçe Belediyesi İmar Müdürlükleri arşivlerinden ulaşılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında; enerji etkin tasarım ölçütleri, konutlarda enerji performansı konularıyla ilgili genel bilgiler ve örnek çalışmalar(yurtdışında yürütülenler ve uygulamalar) incelenmiş, yurtiçinde ve yurtdışında yürürlükte olan ilgili standartlar ve yasal düzenlemeler araştırılmıştır.

İkinci aşamada, konutlarla ilgili istatistiksel bilgi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden elde edilmiştir. Konuyla ilgili basılı literatür takip edilmiştir. İklim özellikleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait verilerle tespit edilmiştir.

Üçüncü aşamada, araştırmada kullanılan materyal çok katlı konutların projeleri olacağı için ilgili Belediye İmar ve Şehircilik Müdürlüğü arşivlerinde yapılan araştırma ile belirlenmiştir. Çalışmanın içerisinde tasarlama verimliliği boyutu olduğundan materyal olarak yapıların kendileri yerine projeleri incelenmiştir. Konuyla ilgili mevcut yapıların inşaatı için gerekli projeler arşivlerde incelenmiştir. Yapı Ruhsatı ve Yapı kullanma İzin Belgeleri incelenerek yapı ile ilgili genel özellikler, enerji performansı değerlendirilmesi aşamasında kullanılmak üzere ön bilgi olarak kaydedilmiştir. İlgili tesisat projeleri de Belediyelerin arşivlerinde incelenmiştir.

Mevcut yapıların projelerinden sağlanan veriler şöyledir; yapım yılı, yapıdaki konut birim sayısı, yapının imar düzeni, yapının yönlendirilmesi, proje yapımıcısının mesleki ünvanı,.yapının taban alanı, konut

birimleri toplam (iç) faydalı alanı, konut birimleri toplam (iç) faydalı hacmi, yapı toplam duvar alanı, konut içi birimlerin faydalı alan toplamları, yapıdaki ortak yerler toplam faydalı alanı, yapı toplam iç faydalı alanı, yapı toplam dış yüzey alanı, yapı pencere alanı, konut birimleri dış yüzey ısı geçirgenlik katsayısı, yapı toplam ısıtma yükü, yapı toplam aydınlatma elektrik yükü, yapıdaki konut birimleri başına düşen ortalama faydalı alan yapıdaki konut birimleri toplam faydalı alanının konut birimi sayısına oranıdır.

Beşinci aşamada, konutların mevcut bilgileri kullanılarak enerji performans değerlendirme Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) ile yapılmıştır. Bu yöntem, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye yönelik olarak, Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri yöntemlerin (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur. KEP-SDM, "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde öngörülen *Binaların Enerji Kimlik Belgesi*'ndeki "Bina Enerji Sınıfı" ve "Bina Emisyon Sınıfı" belirlenmesine ait hesap yöntemidir. Ancak bu çalışmada, yıllık bina enerji tüketim değerleri aralıklarından oluşan "bina enerji sınıfı" kullanılmıştır.

Materyal, KEP-SDM yöntemi ile belirlenen enerji tüketim değerlerine ve bu değerlerden oluşturulan enerji tüketim sınıflarına (bina enerji sınıfı) (çalışmanın ana etmenine) göre incelenmiştir. KEP-SDM yöntemine göre bina enerji sınıfları, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde verildiği gibi düşük tüketimliden yüksek tüketimliye göre ve A, B, C, D, E, ,F ve G olmak üzere 7 sınıftan oluşmaktadır.

Özellikle, yapının dış yüzey alanı, pencere alanı, faydalı alan, faydalı hacim, yapının yönlendirilmesi v.b. gibi doğrudan yapının ısı enerji performansını etkileyen tasarım verileri projelerden hesaplanmış ve tasarım verimliliği göstergeleri belirlenmiştir. Bu göstergeler;

- yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı,
- pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı,
- biçim faktörü(en/boy oranı),
- yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı
- yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranı,
- yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı,
- Yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı,

Bu göstergelerin, yukarıda belirlenen bina enerji sınıflarına olan etkileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Verilerin incelenmesi için çeşitli istatistiksel yöntemlerden (t-test, regresyon, ANOVA, v.b.) faydalanılmıştır. Bu amaçla, verilerin çözümlenmesi için SPSS bilgisayar programı kullanılmıştır. Her bir tasarım verimlilik göstergesi ile bina enerji tüketimleri arasındaki bağlantı, dağılım grafikler (regresyon analizleri) ile incelenmiştir.

Ayrıca yapıları tasarlayanın mesleki unvanına ve yapı için öngörölmüş bulunan imar düzenine (çalışmanın ikincil etmenlerine) göre karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Ülkemizde uzun bir dönem incelendiğinde yapı tasarlama yetkisinde farklı mesleki unvanlar bulunmaktadır (örneğin, mimar, mühendis-mimar, mühendis). Farklı unvanlara sahip tasarımcıların çözümlerinin de farklılık göstereceği düşünülmektedir. Çok katlı konutların tasarımı ve yapımı aşamasında kamu yararı gözetilerek belli yasal düzenlemeler getirilmiştir. Yapının çevresindeki diğer yapılara olan konumunu (ayrık, bitişik ve yanaşık gibi) belirleyen imar düzeni de tasarımı etkilemektedir. İşte bu durumun, araştırılan konu kapsamında anlamlı farklılıklar oluşturup oluşturmadığını anlamak için imar durumu etmen olarak seçilmiştir. Söz konusu etmenlere göre konut grupları oluşturularak, bir önceki aşamada uygulanan istatistik analizler tekrar edilmiştir. Tüm analizler CO<sub>2</sub> salımı değerleri için uygulanmıştır.

Son aşamada, bina enerji sınıfları kullanılarak ve literatür, önceki araştırmaların bulguları ve standartlar doğrultusunda, 'yüksek performanslı, orta performanslı ve düşük performanslı konut grupları oluşturulmuştur. Örneğin, A ve B enerji sınıfı yüksek performanslı konut grubunu, C, enerji sınıfı orta performanslı konut grubunu, D, E, ve F ise düşük performanslı konut grubunu oluşturmuştur. Sonuçta, enerji tüketim değerlerine bağlı olarak binalar tasarım verimlilik değerlerine (düşük, orta ve yüksek verimlilik sınıfları) göre de sınıflandırılmıştır. Tasarım verimlilik göstergelerinin ve mimari özelliklerin enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlik durumları karşılaştırmalı olarak tablolar halinde sunulmuştur.

Bu çalışma ile tasarım aşamasında, konutların enerji performansının çok daha iyi olmasını sağlayabilmek ve doğru tahminler elde edilebilmesi için yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Amaç, şu anda mevcut konut yapılarının konuyla ilgili nesnel bir değerlendirmesini yaparak ortaya çıkan sonuçları tüm ilgililerin bilgi ve kullanımına sunmaktır.

## 2 GENEL BİLGİLER

Ülkemizde konut araştırmalarının, konut sorununa ilişkin çözümler üretilmesi için gerekli bilgilerin oluşturulmasına yönelik olması hedeflenmektedir. Bu amaçla, hem kuramsal hem de uygulamaya yönelik çalışmaları bir arada yürüten üniversiteler ve araştırmacıların yanı sıra, başlıca kurumlar arasında Toplu Konut İdaresi, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), ODTÜ Konut Araştırmaları Merkezi (ODTÜ-KAM) ve TÜBİTAK gelmektedir. TÜBİTAK araştırmalarında konut konusunda, konutların planlama, tasarım, yapım ve değerlendirme boyutları ile enerji etkin tasarım ve yapım teknolojileri konularına önem sırasına göre ilk sıralarda yer vermektedir. ODTÜ-KAM araştırmalarında da konutlarda verimli kullanıma yönelik tasarım, ilgi alanları içindedir (DPT, 1996). TÜİK çalışmalarında ise bina inşaatı istatistiklerine yer verilmektedir. Özellikle, 1974 yılında enerji krizi ile başlayıp günümüze kadar devam eden enerji tasarrufu odaklı dönem dikkate alındığında ise, konutların kullanılmaya başlandıktan sonraki enerji giderlerinin gösterdiği artışlar, bu konuyu incelemeye değer kılmaktadır (Düzgüneş, 1982). Nitelikli konut birimleri ve çevre düzenlemeleri yapılabilmesi için, gerekli tasarım öncüllerinden biri, ulusal ve uluslararası araştırmaların bulguları ışığında sürekli yenilenen



performans özellikleri yaklaşımı olması; bir diğeri ise ilgili yönetmelikler ve standartlar ışığında konut üretiminin uygun özelliklerde olmasının sağlanmasıdır (DPT, 1996).

Bina türleri arasında konut, barınma, korunma, dinlenme ve sosyal statü göstergesi olarak ayrı bir yere sahiptir (Aktüre, 1994). Ülkemizde binaların %60'ını oluşturan konutlar (Kılıç, 2009), sürdürülebilir gelişmenin dört ana koşulu olan insan, çevre, enerji ve ekonomi göz önüne alındığında işlevsellik, güvenlik ve verimlilik açısından teknik donanımlara sahip olmalıdır. Fakat Dünya' da ve Türkiye' de farklı iklim tiplerinde aynı tipolojide gördüğümüz konut yapımı göstermektedir ki konutun insan hayatı ve sürdürülebilir çevre için önemi yeteri kadar algılanamamıştır (Soysal, 2008). Bu da konutlar için ekolojik mimari kavramını kaçınılmaz hale getirmektedir (Aktüre, 1994; Coşkun ve diğerleri, 2008). Ekolojik mimarlık kavramının felsefesi enerji ve kıt kaynaklarda tutumlu olmak, insan ve doğaya saygılı yaklaşmak, dayanıklı ve doğaya saygılı malzeme seçimidir (Soysal, 2008). İnsan yaşamında önemli bir yere sahip olan konutlar bu özelliklerinin yanında işlevsellik bakımından kullanışlı, enerji bakımından verimli, psikolojik ve fizyolojik açıdan sağlıklı mekanların organize edildiği binalar olarak tasarlanmalıdır. Bu amaçla Dünya'da ve Türkiye'de binalarda enerji tüketiminin azaltılması için çeşitli yasal düzenlemeler getirilmekte ve sertifikalandırma sistemleri ile ekolojik mimari tasarım bilinci yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde mevcut bina stoğunun önemli bir kısmını oluşturan konutlar, enerji tasarruf potansiyeli en yüksek ve bahsedilen sertifikalandırma sistemlerinin kullanılacağı en önemli bina grubudur.

Dünya' da 18. yüzyıldan sonra giderek artan sanayileşme ve teknolojik gelişmenin, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri 20. yüzyıldan itibaren görülmeye başlanmıştır. Geleneksel bina yapımındaki iklimsel verilere uygun, yapım teknolojisi ve taşıma koşulları açısından çevreyle uyumlu malzeme kullanımı ile bina yapım süreci tekrar gözden geçirilmiştir. Artan konfor koşulları ve sağlıklı bir çevre isteği ekolojik mimari ve enerji etkin tasarım kavramlarını ortaya çıkarmıştır. "Tasarlanacak yapının yeri, topografyası, yönlmesi, güneş verileri, hakim rüzgar yönü ve şiddeti gibi doğal çevre etmenlerinin yanı sıra iç ortam tasarım elemanları binaların enerji etkinliğini belirler" (Soysal, 2008).

## **2. 1 Enerji Etkin Konut Tasarım Ölçütleri**

Bina yapımı süresince dikkate alınan enerji etkin konut tasarım ölçütleri, doğaya, insana ve ekonomiye yararlı etkide bulunmayı hedefler. Bu ölçütler, enerjinin daha az ve verimli kullanımı ile insan için gerekli konfor koşulları (görsel, ısıl konfor) sağlanarak daha sağlıklı mekanlar tasarlanmasını ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ile çevreye olan zararlı etkinin en aza indirilmesini kapsar (Esin ve Yüksek, 2009).

Bu bölümde, adı geçen ölçütlerden binanın konumu, biçimi, yapı kabuğunun özellikleri ve malzeme, pencereler ve gölgelendirme elemanlarının belirlenmesi, mekan organizasyonu tanıtılacaktır.

### 2.1.1 Binanın Konumu

Yapının bulunduğu konum binanın enerji performansını etkileyecek çeşitli faktörler içermektedir. Arazinin güneş ışınım miktarı, hava akışı, sıcaklık ve nem miktarı gibi iklimsel veriler yapı içindeki konfor koşullarının belirleyicisidir (Yılmaz, 2005). Bulunulan yerin güneş ışınım miktarı binanın ısıtılması ve doğal aydınlatma bakımından önemlidir. Sıcak bölgelerde ise güneş kontrolü ile soğutma yükleri azaltılabilir. Rüzgar ise soğuk iklim bölgelerinde binanın ısı kayıplarını arttırmakta iken, sıcak iklim bölgelerinde buharlaşma ile serinletici etkiye sahiptir. Bağıl nem miktarı hissedilen sıcaklığı önemli ölçüde etkiler, bu nedenle önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişmesine rağmen ısı konfor için istenilen bağıl nem aralığı %40-60 arasındadır (Soysal, 2008). Bu bilgilerin yanında doğal bitki örtüsü hem bahsedilen iklimsel verilerinin, çevre ve ses kirliliğinin kontrolünde hem de kullanıcıların psikolojik olarak rahatlamaları için gereklidir. İklimsel ve doğal bitki örtüsü verilerinin bilinmesi ve yapı tasarımında uygun bir şekilde bu bilgilerden faydalanılması dışında; yörede bulunan doğal yapı malzemelerinin kullanılması ve bu malzemelerle yapı inşa edebilecek iş gücünün varlığı harcanacak enerji miktarını azaltacak faktörlerdir (Soysal, 2008; Esin ve Yüksek, 2009; Borden et al., 1991). Binanın konumlanacağı toprağın çeşidi de ısı performans açısından önemlidir. Kuru toprak çabuk ısınıp soğuyabilen bir yapıya sahip olmasından dolayı havalandırma için ön ısıtma veya soğutma gerçekleştirebilir. Islak toprak ise yavaş ısınır, buharlaşma nedeniyle ısı kayıplarının fazla olduğu toprak çeşididir. Bu nedenle bu toprak çeşidi üzerinde kurulu binaların zemininde yalıtım şarttır. Toprak, duvarlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılabilmesi gibi aynı zamanda toprak kaynaklı ısı pompası ile depoladığı ısı enerjisinden yararlanılabilir. (Borden et al., 1991).

### 2.1.2 Binanın Biçimi

Binanın biçimi bina ısı kayıp ve kazançlarını etkileyen önemli bir parametredir. Binanın plan alanı, uzunluğu, hacmi, çatı ve cephe eğimi, açıklıkları ve çıkmalarının tümünün meydana getirdiği geometrik şekil yapının biçimidir. Bina yüzeyinin bina hacmine oranı ( $A/V$ ) enerji verimliliği açısından ısı kayıplarının en aza indirilebilmesi için göz önüne alınmalıdır. Isı kayıplarının en az olduğu biçim küre, daha sonra sırasıyla silindir, küp ve dikdörtgen prizmasıdır (Soysal, 2008). Bina formu ve ısı yükleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada kare formu bir konut ile dikdörtgen formu bir konut karşılaştırılmış, yıllık ısıtma yükünün %8,2-%26,7 arasında değişerek arttığı görülmüştür (Floridesa et al., 2002). Soğuk iklim bölgeleri için fazla hareketli kontura sahip cepheler gereksiz ısı kaybına neden olurken daha kompakt biçimler bu bölge için daha avantajlıdır. Tüm iklim bölgelerinde doğu-batı yönünde yerleştirilen binalar kuzey cephelerde ısı kaybını en aza indirdiği gibi geniş güney cephesinde kontrollü güneş kazancı sağlar (Borden et al., 1991). Plan şeması ve cephe kadar binanın boyunun artması da ısı kaybını etkileyen bir parametredir. "İdeale en yakın çözümde yükseklik ve derinlik oranı 1/4 'tür" (Soysal, 2008).

### **2.1.3 Binanın Büyüklüğü ve Kullanım Şekli**

Bu iki parametre binalar, insan ihtiyaçları ve harcanacak enerji arasındaki ilişkiyi temsil etmektedir. İnsanların ihtiyaçları doğrultusunda binanın büyüklüğü ve tipolojisi tasarlanmalı buna göre de kullanılacak aydınlatma, ısıtma sistemleri ve bina yapım maliyetleri hesaplanmalıdır. Yapının küçük olması, enerji ve maliyeti azaltırken uygun olmayan malzeme seçimi ve uygun bir şekilde hesaplanmamış yüzey alanı/hacim oranı, daha büyük bir binanın harcayacağı enerjiden daha fazla enerji tüketmesine neden olur (Smeds and Wall, 2007). Kapalı gruplar halinde tasarlanan binalar ısı kaybını azaltırken iç mekan konforu için gerekli gün ışığı miktarı (görsel konfor için) ve doğal havalandırma (iklimlendirme için) etkisini azaltmaktadır. Bu sebeple farklı ihtiyaç tiplerine göre tasarlanacak binalar iç mekan konforunun sağlanıp sağlanmadığı, kullanılacak sistemler ve harcanacak enerji miktarı düşünülerek inşa edilmelidir (Borden et al., 1991).

### **2.1.4 Binanın Yönlenmesi**

Yönlenme yerel, topografik koşullara uyum, mahremiyet, gürültüden kaçma, manzaraya açılma gibi çeşitli ihtiyaçlar dışında binanın güneş ve rüzgar yönüne bağlı olarak güneş kazancı, doğal aydınlatma ve doğal havalandırması için de önemlidir. Böylece doğal yollarla istenilen iç makro iklim koşulları sağlanarak ek enerji kullanımı azaltılabilir. Güneşten maksimum yarar sağlanabilmesi için binanın ana cephesinin güneye yönlendirilerek ve diğer cephelere oranla daha büyük pencereler kullanılarak ışık ve ısı kazancı sağlanır (Smeds and Wall, 2007) Güneş kırıcılarla ışık kontrollü bir şekilde içeri alınır. Özellikle soğuk iklim bölgeleri için kuzey cephede ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik iyi yalıtılmış duvar ve küçük, çok katmanlı camlar kullanılmalıdır. Batı ve doğu cephelerde ise güneş kontrolünün zor olması sebebiyle ana cephenin bu yönde yer almaması, açıklıklarda ise güneş kırıcıların kullanılması gereklidir. Hakim rüzgar yönü dikkate alınarak binanın rüzgardan korunması sağlanıp kışın soğuk rüzgarın ısı kaybını arttırması önenebilir. Yazın ise rüzgarın serinletici etkisinin binanın içine alınması ve doğal havalandırma ile ek enerji sistemlerine ihtiyaç azalır (Soysal, 2008; Esin ve Yüksek, 2009; Borden et al., 1991).

### **2.1.5 Bina aralıkları ve yükseklikleri**

Gerek imar planlarında gerek grup bina yapımında bina aralıkları ve yüksekliklerinin karar verilmesinde güneş ışınımı ve rüzgar göz önünde bulundurulmalıdır. Rüzgarın etki edeceği ısı kaybı miktarı düşünülerek hakim rüzgar yönüne göre bina aralıklarına karar verilmelidir. Soğuk iklim bölgelerinde güneş ışığı ve ısısından maksimum yarar sağlayabilmek için binalar arası mesafe, komşu binaların en uzun gölge boyuyla orantılı olarak eşit ya da büyük olmalıdır (Soysal, 2008). Sıcak iklim bölgesinde yer alan Körfez bölgelerine yönelik yapılan bir simülasyon çalışmasında da komşu binaların güneş ışınım miktarı azalmasıyla beraberinde soğutma yükleri için harcanan miktarda azaldığı görülmüştür (Numan, et al. 1999). Arazi eğimi, yönü ve yerleşme yoğunluğu dikkate alınması gereken diğer etkenlerdir.

### **2.1.6 Binaların Konumlandırılması**

İmar planları hazırlanırken, yüksek binaların alçak binaların güneşini kesmemesi aynı zamanda binaların güneş enerjisinden faydalanmaları dikkate alınmalıdır. Rüzgara açık alanlarda ısı kaybını en aza indirmek için bitişik nizam uygulaması iyi bir öneridir. Sıcak bölgelerde soğutma yükünü hafifletmek için ise bloklar şaşırıtmalı yerleştirilerek rüzgardan maksimum yarar sağlanırken şiddetli rüzgardan da kaçınılabilir. Farklı biçimde bir araya gelmiş toplu konut örneklerinde ısı kayıp oranları değişmektedir (Soysal, 2008).

### **2.1.7 Bina Kabuğunun Özellikleri ve Malzeme Seçimi**

Enerji etkin malzeme, hammaddesi doğadan elde edilen, dayanıklı ve aynı zamanda enerjinin verimli halde kullanımına yardımcı olan malzeme anlamına gelmektedir. Hammaddenin binanın bulunduğu çevreden elde edilmesi taşıma için harcanacak enerjiden tasarruf sağlarken, ürettiği atık miktarı ile çevre sorunlarına neden olmamalıdır. Hammaddenin yerel olmasının yanında hızla yenilenebilir olması, teknolojisinin ve inşa edilebilirliğinin uygun olup olmadığına bakılmalıdır (Borden et al., 1991). Ahşap, bambu, ayçiçeği sapı gibi yenilenebilir malzemeler daha az enerji ve işçilikle işlenebilirler ve yerel olarak temin edilebilirler. Dayanıklı, kolay sökülebilen ve tekrar kullanıma olanak veren malzemeler daha az bakım gerektirmekte, işçilikten ve malzemedeki tasarruf sağlamakta, doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır. Yapı kabuğu iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli; duvar, döşeme, pencere, kapı gibi elemanlardan oluşan yapı ögesidir (Esin ve Yüksek, 2009). Yukarıda bahsedilen enerji etkin malzeme seçimi faktörlerinin, iç mekan kalitesini artırıcı ve ısıtma, soğutma, aydınlatma sistemlerinde kullanılacak enerjiyi en aza indirilmesi gerekmektedir. Yapı malzemelerinin ısı iletim özellikleri, hava sızdırmazlık düzeyi, saydamlık oranı, binanın korunma durumu, pencerelerin konumu, doğrama malzemesi, camların renkleri ile yansıtma katsayıları parametreleri dikkate alınarak istenen aydınlatma ve ısı performans sağlanmalıdır (Smeds and Wall, 2007; Soysal, 2008; Borden et al., 1991).

### **2.1.8 Pencereler ve Gölgeleme Elemanları**

Bina kabuğunda bulunan camlı yüzeylerin büyüklüğü, yönü, geçirgenliği, çerçevesinin geçirgenliği binanın ısı ve ışık bakımından enerji verimini artırıcı ya da tam tersi rol oynarlar. Sıcak iklimlerde, pencereleri boyutlandırırken, pasif soğutma ilkelerinden sonra pasif ısıtma ilkelerine dikkat edilmelidir. Isıl kütlelerinin ve yalıtımın iyi tasarlanması ve doğru bir yönlendirme ile ısınma problemi çözülebilmektedir (Al-Sallal, 1998). Persson, et al.(2006)'un çalışmasında ise pencere boyutlarının, kışın ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli bir etkisi olmadığı ancak, yazın soğutma ihtiyacıyla çok bağlantılı olduğu görülmüştür. İç mekanda oluşabilecek aşırı sıcaklık riskini engellemek ve soğutma için harcanan enerjiyi azaltmak için güney cephelerdeki pencerelerin boyutları optimum seviyede olmalıdır. Cam yüzeyin alanı ve yönü kadar camın çeşidi de önemlidir. Güneş kontrolü ve ısı korunumu amacıyla yaygın olarak kullanılan camlar; ısı soğuran (renkli) camlar (heat absorbing-tinted glass),

yansıtıcı (reflektif) camlar, düşük emissiviteli (low-e) camlar, seçici geçirgen (spectrally selective) camlar, polyester film kaplamaları, ısı aynası (heat mirror) cam, camlar arası boşlukta asal gaz kullanımı, akıllı camlar (smart, switchable glazing) dır (Smeds and Wall, 2007; Soysal, 2008).

İç mekanda istenen aydınlatma ve sıcaklık, cam ile birlikte kullanılacak gölgeleme elemanları ile sağlanır. Gelen güneş ışığının arzu edilen oranda yansıtılması için mevsimlik güneş yörünge ve açıları önemlidir. Esnek ve hareketli elemanların güneş kontrol performansı daha fazladır. “Güneş kontrol elemanları olarak, değişik performanstaki güneş kırıcılar, kepenkler, storlar, yalıtımlı kepenkler, tenteler, jaluziler ve perdelerin yanı sıra derin balkonlar, yatay saçaklar, dikey güneş kırıcıları – kanat duvarları, yatay ve dikey elemanların birleşimi olan kompozit elemanlar kullanılmaktadır” (Soysal, 2008).

### **2.1.9 Mekan Organizasyonu**

Enerji verimliliği göz önüne alınarak tasarlanmış bir planda odaların birbirine uzaklığı, ısıtılan ve ısıtılmayan hacimlerin yerleri doğru olarak düzenlenmeli, (Borden et al., 1991) ortak özellik ve konfor koşullarını gösteren hacimler bir arada toplanmalı, (Esin ve Yüksek, 2009) mekanların kullanım şekillerine göre büyüklükleri farklı tasarlanmalı ve oranlanmalıdır (Wan and Yik, 2003). Örnek olarak ısıtılmayan hacimlerin, servis ve dolaşım alanlarının bir arada kuzeye yerleştirilmesi güneyde yer alan ısıtılan mekanlara tampon bölge oluşturur. Kuzeyde ısı kaybı en aza indirilerek güneyde yer alan mekanların korunması sağlanır. Merdiven ve koridorlar ise kapılarla kontrollü kullanılabilir ve ısı kaybı azaltılabilir. Sıcak iklim bölgelerinde ise çapraz havalandırma ile soğutma için gerekli enerjiden kazanç sağlanabilir. Karşılıklı pencerelerde rüzgar 90°'lik düşük bir açı ile pencerelere geliyorsa daha iyi havalandırma sağlanır. Bitişik konumda yer alan duvarlardaki açıklıklarda ise rüzgar tam 90° iken daha fazla hava sirkülasyonu olmaktadır. Mekanların organizasyonunda yönlenme dikkate alındığında, ısıtılan mekanlar güneye yerleştirilerek, günün erken saatlerinde kullanılan odalar ise doğuya yerleştirilerek daha fazla kazanç sağlanabilir (Borden et al., 1991).

## **2. 2 Tasarım Ölçütleri ile Enerji Etkin Tasarım Araştırmaları**

Konutların tasarım kriterlerinin farklı değişkenlere göre etkisi çeşitli araştırmalarla incelenebilmektedir. Örneğin, konutların, depremde aldıkları hasar derecelerine planimetrik(mimari) konfigürasyon parametrelerinin etkisi konulu araştırmada benzer şekilde yöntem geliştirilmiş, yapıların geometrisi ve düşey taşıyıcı elemanların yerleşimi gibi etmenler ile faydalı kullanım alanının yapı taban alanına oranı, yapı dış yüzey alanının yapı toplam alanına oranı, taşıyıcı sistem yatay kesit alanının yapı toplam alanına oranı, yapı dış sınırlarının birbirine oranı ve yapı yüksekliğinin derinliğe oranı, göstergelerinin hasar derecelerine olan etkisi incelenmiştir (Kazanasmaz, 2009).

Benzer şekilde, mimari etmenlerin binaların ısıtma ve iklimlendirme enerjisi yüklerine etki ettiği bilinmektedir. Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri (dış duvar ısı geçirgenlik katsayısı, saydamlık oranı), hacimlerin ve binaların yönelmeleri, binanın formu, bina biçim faktörü, bina alan hacim oranları, bina aralıkları, arazinin (konut alanı) yönü, eğimi v.b. tasarım değişkenleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. İnanıcı ve Demirbilek (2000), konutların ısı performansını açısından, güney cephe pencerelerinin boyutlarının ve binaların biçim faktörünün (plan düzlemindeki en/boy oranlarının) optimum değerlerinin bulunması üzerine bir araştırma yürütmüştür. Bilgisayarda simulasyon (benzetim) yöntemi kullanılan çalışmada beş farklı şehir için sonuçlar elde edilmiştir. Ankara'da incelenen bir örnekte ise, güney pencere ölçüsü ve yalıtım kalınlığının birlikte artması, sadece yalıtım kalınlığının %50 artmasına göre daha iyi sonuç vermiştir. Fakat, güney cephedeki pencerelerin oranının %50' yi geçmesi durumunda; yalıtım kalınlığını 1.5 cm'den 2.1 cm'e ve güney pencereyi %60 arttırmak yerine, güney penceresini %50'de iken yalıtımı 2.1 cm'e arttırmak çok daha iyi ısı performans ile sonuçlanmaktadır (İnanıcı ve Demirbilek, 2000).

Başka bir çalışmada, bina formunun, ısı yükleri üzerindeki etkisinden bahsedilir. Kare formulu bir konut ile karşılaştırıldığında, dikdörtgen formulu (elongated shape) konutun yıllık ısıtma yükünün %8,2 ile %26,7 oranları arasında değişerek arttığı görülmüştür. Yönlenme dikkate alındığında uzun cephenin güneye baktığı durumun en avantajlı durum olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çatı ve duvar yüzeylerinin ısı geçirgenlikleri ısı kütle performansları amacıyla incelenmiş, gölgeleme elemanı olan saçak ile farklı tip cam kullanımının etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, araç olarak yine bir bilgisayar programı kullanılmıştır (Floridesa ve diğerleri, 2002). Yüksek enerji performanslı konutlardaki en temel tasarım kriterleri arasında, binanın geometrisini ifade eden alan hacim oranı, pencere alanları ve bina kabuğunun özelliğini belirleyen binanın geometrisine de bağlı olan ısı yalıtımı olmaktadır (Smeds and Wall, 2007). Manioğlu ve Yılmaz (2008), plan formları farklı olan geleneksel bir yapı ile dikdörtgen formulu modern bir konutun ısı değerlendirilmesini karşılaştırmalı olarak çalışmışlardır. Ayrıca bina kabuğunun özellikleri incelenmiştir.

"Türkiye'de enerji ve kaynak tüketiminin büyük bir bölümünün konutların yapma(aktif) olarak ısıtılmasına yönelik olduğu belirlidir" (Berköz ve Kocaaslan, 1994). Enerji ve kaynak tüketimini azaltan konut tasarımı önem kazanmaktadır. Özellikle, binaların pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri olarak tasarlanmaları için mimari etmenlerin bir bütün olarak ele alınması gerekir. Bütüncül bir yaklaşımla yapı elemanları ve hacimler birlikte incelenmelidir. Yürütülen bir çalışmada, biçim faktörü, çatı türü, eğimi, dış duvarların yönelimi, dış duvar alanlarının termofiziksel ve optik özellikleri gibi tasarım etmenleri İstanbul yöresi için incelenmiş, her bir değişken için farklı koşullar denenerek bina kabuğundan kaybedilen ısı miktarlarının değişimi karşılaştırılmıştır (Berköz ve Kocaaslan, 1994). Konutta kaliteli bir iç ortamın sağlanmasının başlıca koşutu ısı konforunun sağlanması olmaktadır. Aynı zamanda konut dış iklim koşullarıyla da dengeli olmalıdır. Örneğin, kış aylarında daha az enerji ile konfor sağlanırken, yaz aylarında oluşacak aşırı ısınmaya engel olunmalıdır (İmamoğlu, 2003). Başka bir çalışmada, biçim faktörleri 2/1 ve 1/1 olan iki hacimden ilkinin ısı geçirme katsayısı  $1.39 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$  ve saydamlık oranı 0.18 iken ikincisinin  $0.75 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$  ve 0.44' tür. ısıtma süreleri karşılaştırıldığında, enerji korunumu ve ısıtma ekonomisi açısından ilkinin, biçim faktörü 2/1 olanın, biçim faktörü 1/1 olandan daha kısa

ısıtma süresini gerçekleştirdiği ve tercih edilen hacim olduğu sonucuna varılmıştır (Berköz ve Kocaaslan, 1994).

Bina kabuğunun ve yapı bileşenlerinin de binaların enerji performansı ve konforuna olan etkisi çeşitli araştırmalarla vurgulanmıştır. (Oral ve diğerleri, 2004; Ünver ve diğerleri, 2004; Yılmaz, 2007; Smeds and Wall, 2007; Oral ve Yılmaz, 2002). TS 825 de, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlaması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla yayımlanmış ve kullanılmaktadır (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2000). Ancak TS 825, sadece ısıtma enerjisi tasarrufu üzerine kurulu ve derece-gün ilişkisine dayandırılmış olan bir yönetmeliktir. Örneğin, sıcak-kuru iklimlerde, enerji verimliliği için bina kabuğuna yalıtım yapmak yerine bina kabuğunun ısı depolama kapasitesinin yüksek olması gerekliliği göz ardı edilmektedir (Yılmaz, 2007).

Pencerelerin boyutlandırılması üzerine yürütülen çalışmada, pasif(edilgen) yöntemlerle soğutma, ısıtma ve doğal aydınlatma sistemleri için uygun ölçülerde pencere tasarlaması gerektiğinden bahsedilir. Güneye bakan pencerelerin fazla olması ısıtma yükünde enerji tasarrufu olmasını sağlasa da, yaz aylarında ısı kazancının fazla olması negatif etki yaratmaktadır. Pasif soğutma sistemlerini etkisizleştirmektedir. Ancak, SSF(Solar saving fraction-güneş tasarruf oranı)' nin % 65'ten %60 a düşmesi pasif ısıtma sistemlerinin etkinliğini azaltmamaktadır. Sıcak iklimlerde, tasarım aşamasında pencereleri boyutlandırırken, pasif ısıtma ilkelerinden önce pasif soğutma ilkelerine dikkat ederek tasarıma başlamak gerekir. İyi ve doğru bir yönlenme, ısı kütlelerinin uygun tasarlanması ve yalıtım ısınma problemini büyük oranda çözebilmektedir (Al-Sallal, 1998). Güney cephelerdeki pencerelerin boyutlarını küçülterek ve kuzey cephelerdekileri büyüterek düşük enerjili konutlarda enerji tüketimini ve sıcaklıkları 23-26°C'de sabitlemek için gereken azami ısıtma gücünü nasıl etkileyeceğini araştırmak için bir çalışma yürütülmüştür. Farklı yönlenmeler ve pencere tipleri denenmiştir. (Persson, et. al., 2006). Pencere boyutlarının, kışın ısıtma enerjisi ihtiyacında belirgin ve önemli bir etkisi olmadığı ancak, yazın soğutma ihtiyacıyla çok bağlantılı olduğu görülmüştür. iç hacimde oluşabilecek aşırı sıcaklık riskini ve soğutma için harcanan enerjiyi azaltmak için güney cephelerdeki pencerelerin boyutları optimum seviyede olmalıdır (Persson, et. al., 2006; Smeds and Wall, 2007).

Bu konuyla ilgili bir çalışmada, Basra Körfezi bölgesinde hüküm süren iklim şartlarında yer alan konut binasının bilgisayar simülasyonu yapılmış ve enerji performansı gözlenmiştir. Körfez bölgesi sıcak ve nemli bir bölge olduğu için binayı havalandırmak ve soğutmak çok önemlidir. İklimin dikkate alınmadığı modern binaların inşasıyla elektrik için harcanan enerji sürekli artmaktadır. Binanın enerji performansını bina kabuğu, plan oranları, yönlenme, cam oranı ve bina gruplarının organizasyonu gibi geometrik parametreler üzerinden değerlendirmiştir. Bina orta gelirli bir aile için tasarlanmış standart özelliklere sahip müstakil bir evdir. Farklı yönlere bakan farklı plan boyutları ve farklı cam oranları denenmiştir. Körfez bölgesi için en uygun yönlenme kuzey veya güney  $\pm 15^\circ$  belirlenmiş ve şehir planlaması ve konut tasarımına yardımcı olması öngörülmüştür. Plan şemasının en boy oranının ise 2:1 oranından az olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Tüm cephelerin cam ile kaplanması yerine iki cephede açıklıkların bulunmasının daha uygun olduğu ve bu yönlerin kuzeydoğu ve güney batı olması gerektiği

tavsiye edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre çevre binaların güneş ışığını engellemesi ise soğutma yüklerinin azaltılmasında önemli bir orana sahip olmaktadır (Numan, et al., 1999).

Hong-Kong da yüksek katlı konutların bina tasarımı ve enerji kullanımlarına bilgi edinme amaçlı yapılmış bir çalışma yürütülmüştür. Tasarım parametreleri olarak kat taban alanı, mekanların taban alan oranları, pencere-duvar oranı, pencere tipleri ve gölgeleme elemanları değerlendirilmiştir. Enerji verileri, elektrik, ısıtma-soğutma, havalandırma enerjisi, sıcak su ve kullanılan aletlerin tipi ve sayısını içermektedir. Bu çalışma, Hong-Kong'un yüksek konutlarına ait daha önce yapılan bir çalışmanın devamı şeklindedir. Bir önceki projede fotoğraflar üzerinden cam oranları, dış cephe renkleri ve ayrıca cam ve duvar kalınlıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada ise iki yöntem izlenmiştir. Anket olan birinci kısmında sorularla birlikte eve ait faturalar da istenmiştir. İkinci kısmında ise 1970-2000 yılları arasında yapılmış 15 bloğa ait mimari çizimler elde edilmiş ve değerlendirilmiştir. Binaların %90'ı Hong-Kong Property Review'e göre A-C sınıfları arasında çıkmıştır ve metrekareleri 40 ile 69.9 arasında değişmektedir. Yaşama alanlarının yemek odasına oranı ortalaması 0.44 iken yatak odasının toplam alana oranı ortalama 0.15'tir. Binalar ortalama olarak 25 kattır ve %36' sını 32 kattan yüksektir. Camların %86' sını 6mm kalınlığında tek paneldir. Pencere alanının duvar yüzey alanına oranı salon ve yemek odasında ortalaması 0.34 iken yatak odasında bu oran 0.27' dir. Ortalama 15cm duvar kalınlığı mevcuttur ve dış cephede mozaik ve boya kullanılırken iç duvarlarda duvar kağıdı kullanılmıştır. Yer döşemesi olarak ahşap veya granit kaplanmıştır. İstatistiklerden elde edilen sonuçlara göre; elektrik kullanımının kamu ve özel konut binalarının enerji tüketiminde baskın bir yeri olduğu görülmektedir. Klima veya elektrikli su ısıtma sistemi kullanılıp kullanılmaması bu tüketim miktarını etkilemektedir. Klima kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ortalama enerji tüketimi yıllık 30000 MJ iken ortalama gaz tüketimi ise 15800 MJ' dir. Yıllık elektrik tüketim miktarı ise 110 kWh/m<sup>2</sup> 'dir. Klima kullanımının ise bu tüketimdeki payı 40-45 kWh/m<sup>2</sup> 'dir (Wan and Yik, 2004).

Asya ülkelerinde çok katlı konutlar gün geçtikçe artmaktadır. Yeşil bina, ekolojik mimarlık gibi konuların önem kazanmaya başladığı günümüzde yüksek katlı bu konutların enerjini verimli kullanabilmesi ve kullanıcıya sağlıklı bir ortam sunabilmesi için birkaç öneri verilmektedir. Cephe tasarımında yönlerin etkisi bilinmektedir. Ancak günümüz yüksek katlı konutlarında tek yöne bakan ve eğrisel şekle sahip cam yüzeyler popüler olmaktadır. Bu da güneşlenme miktarından dolayı soğutma sisteminin fazla tüketim yapmasına yol açmaktadır. Güneş kırıcı kullanımı farklı bir yöntem olmakla birlikte güneşi fazla kırması ve manzarayı engellemesi gibi dezavantajları vardır. Farklı cam kullanımı ve motorlu akıllı cephe tasarımları yeterli güneş ışığı için daha uygun yöntemlerdir. Binanın iç mekan kalitesi için diğer önemli bir parametre havalandırma değildir. Hava kirliliği pencerelerin açılmaması neden olmaktadır ve bu sorun pencerelerde hava tahliyesi tasarımlarını ortaya çıkarmıştır. Hava basıncına göre belli derecelerde hareket eden ve havalandırma sağlayan tasarımlar bu sorunun çözümü için uygundur. Asya'nın sıcak iklime sahip ülkelerinde soğutma yükünü azaltabilecek diğer bir yöntem de cephede uygulanacak olan renktir. Cephedeki renk bazen kullanılacak yalıtımdan bile daha iyi etki edebilir. Balkon tasarımı mimari açıdan insanın dış çevre ile bağlantısını kurabilmesi için kullanılan önemli bir elemandır. Ancak yüksek katlı konutların bulunduğu bir çevrede balkona çamaşır asmak görgüsüzlük olarak nitelenmektedir ve çamaşır içeride kurutmaya yönlendirmektedir. Bu da iç ortamın nem



miktarını arttırmakta ve gereksiz enerji tüketimine yol açmaktadır. Klima kullanımı merkezi sistemden daha az verimli olmasına karşın hala en yaygın biçimde kullanılan ısıtma ve soğutma aracıdır. Bunun nedenleri arasında ucuz tamir ve kişisel kontrol edilebilirliği yer almaktadır. Bina kabuğu malzemeleri insan sağlığı açısından çok tehlikeli olabilmektedir. Radon gazı salgılayan granit ve beton çok yaygın kullanılmaktadır ancak döşemede ahşap kullanımının betonun radon gazı salgılamasını engellediği bulunmuştur. Malzemelerin salınım miktarlarına ait ulusal ve uluslararası testler yapılabilmektedir. Binaların birbirleriyle ilişkili konumları yeterli hava kalitesine yakalayamama, güneş ışığından faydalanamama gibi sorunlara yol açmaktadır. Yükselen konutlarda ise bu sorun yeşil çatı, ara katlarda bahçe gibi yeşili üst kotlara taşıma ile gölgeleme rüzgar ve havalandırma sağlanarak çözülebileceği öngörülmektedir (Niu, 2004).

2001 yılında İsveç'in Gothenburg kentinde pasif konutlar olarak inşa edilen 20 teras evin simülasyonu ve ölçümleri yapılmıştır. Tahmin edilen ve gözlemlenen enerji performansları karşılaştırılmıştır. Pasif konut standardına göre yaşam alanı için harcanan ısıtma enerjisinin  $10 \text{ W/m}^2$  yi geçmemesi gerekmektedir. Bu sebeple 40-50 cm kalınlığında iyi yalıtımlı duvar kullanılmış, pencereler için low-e cam çeşidi seçilmiş ve her konuta ait mekanik %80 geri dönüşümlü ısıtma sistemli havalandırma sistemi yerleştirilmiştir. Konut başına %40' lık sıcak su ihtiyacını karşılayan  $5\text{m}^2$  lik güneş kolektörü yerleştirilmiştir. Tasarım aşamasında DEROB-LTH programı ile simülasyon yapılmıştır. Simülasyonlara göre iç ortam sıcaklığını  $20-26^\circ\text{C}$  ler arasında değiştiği varsayıldığında ortalama  $7.5 \text{ kWh/m}^2$  lik bir enerji ihtiyacı ortaya çıkarken  $20^\circ\text{C}$  lik sabit bir sıcaklığa ayarlandığında  $12.9 \text{ kWh/m}^2$  lik ısıtma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni ısı kütlenin gece ve gündüz tüm gün boyunca ısı depolayamamasıdır. Güneş ışınımından kazançlara bakıldığında ortalama  $7.5 \text{ kWh/m}^2$  lik ısıtma ihtiyacına sahip bir mekan güneşten kazanım olmadığı takdirde  $14.1 \text{ kWh/m}^2$  lik ısıtma enerjisi harcanmaktadır. Pencere tipleri dikkate alındığında çift cam, üçlü cam, üç katmanlı ve low-e camdan opak cama doğru ısıtma için harcanacak enerji miktarı artmaktadır. Bina özellikleri ile beraber kullanıcı sayısı da önemlidir. Kullanıcıdan kaynaklanan iç kazançlar da hesaplanmalıdır. Simülasyona göre 4 kişilik bir aileden  $4.3\text{W/m}^2$  'lik bir kazanç sağlanırken 2 kişilik bir aileden  $3.4 \text{ W/m}^2$  'lik bir kazanç sağlanmaktadır (Wall, 2006).

Günümüzde inşa edilen konutlarda insan sağlığı için yeterli iç mekan kalitesi sağlanamamakta ve bu da daha fazla enerji kaybına yol açmaktadır. Kerala Hindistan'ın nemli ve sıcak iklim bölgesinde yer alan bir eyalettir. Kerala'da yer alan yaklaşık 500 yıllık geleneksel konut yapısı ekoloji bakımından incelenmiş ve mekan kalitesine dair ölçümler yapılarak değerlendirilmiştir. Yazları oldukça sıcak ve gece-gündüz nemli ve yağışlıdır. Kışın ise yağmursuz, gündüzleri ılık geceleri ise soğuk geçmektedir. Bu bölgede yer alan konut yapıları Vaastushastra denilen ve bölgeden bölgeye farklılık gösteren bir sisteme göre inşa edilmektedir. Form olarak kare veya dikdörtgen, avlulu ve çevresinde dört blok bulunan bir yapıdır. Avlunun üstü açık diğer kapalı kısımların ise üstü eğimli çatı ile örtülüdür. Bu şekilde avludan ışık sağlanırken pencere boyutları ve konumları ile temiz ve serin havanın içeri alınması ve avludan ise pis havanın dışarı çıkması sağlanmaktadır. Malzeme olarak kil ile sıvanan laterit blokları kullanılmaktadır. Ahşap duvarlarda kolonlarda çatılarda, granit ise temellerde kullanılmaktadır. Bina formu ve mekan organizasyonundaki esneklik, yılın değişik dönemlerine göre

aktivite alanlarının değişmesine imkan vermektedir. Nemli ve kuru günlere göre avlunun kullanım şekli değişmektedir. Konutun yönlenmesi geleneksel güneşin yönü ve gölge oranlarına göre tasarlanır. Binanın girişı güney veya doğuya bakarken gündüz kullanılan mekanlar kuzey ve güneyde, gece kullanılan mekanlar ise batıda yer almaktadır Yaşam alanı, yarı açık bir şekilde havalandırma için tasarlanan açıklıkları ile güneye bakmaktadır. Mutfak ise kuzeydoğuya yönelirken rüzgar güney batıdan esmektedir. Bu organizasyon mutfaktaki sıcaklığın diğer odalara dağılmasını önlemektedir. Binanın cephesinde bulunan çok sayıdaki pencere, çatıda ve duvarlarda yer alan küçük açıklıklarla hava sirkülasyonu sağlanmaktadır. Dış duvarlarda iki tabakadan oluşan laterit bloğu ve bu iki tabaka arasında yer alan boşluk kum bulunur. Ölçüm için yaklaşık 300 yıllık, 3 avlulu, 2 avlusunun çevresi tek katlı, 1 avlusu ise tek katlı olan bir konut seçilmiştir. Dış sıcaklık, iç sıcaklık, iç mekanların ve avlunun bağıl nemi, iç hava hareketi ve rüzgar kaydedilmiştir. Yer döşemesi olarak ahşap veya granit kaplanmıştır. Dış mekanda sıcaklık 22 ile 34°C derece arasında değişirken iç mekan sıcaklığı 26-30°C arasında değişmektedir. Avlu ise dış sıcaklığa göre 5°C daha serindir. Gece dış sıcaklık 22°C'nin altına düşse de iç sıcaklık 26°C ölçülmüştür. Dış sıcaklık 30°C ye ulaştığında iç mekandaki bağıl nem miktarının %77 olduğu görülmüş, dış mekanda %100lere varan nem miktarında ise iç mekandaki nem miktarı %84-88'dir. Hava hareketi ölçümlerinde iç mekanda sürekli bir hava akımının olduğu tespit edilmiş ve dışarıda 3.5 m/s olan rüzgarda içerde 0.5m/s lik hava akımı hissedilmektedir. Bu ölçümler Kerala' nın geleneksel konut yapım özelliklerinin sağladığı iç mekan kalitesinin kanıtlar niteliktedir (Dili ,et al., 2010).

## 2. 3 Sertifika Sistemleri ile Konutların Değerlendirilmesi

Sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin, 20. Yüzyıldan itibaren görülen, çevre ve insan üzerindeki olumsuz etkileri ile bina yapım süreci tekrar gözden geçirilmiş ve ekolojik mimari kavramı oluşmuştur. Ekolojik mimari kavramının felsefesi enerjiyi daha az ve verimli kullanmak, insana ve doğaya saygılı yaklaşmak, sağlıklı mekânlar yaratmak, dayanıklı ve doğaya saygılı malzeme seçmektir. Günümüzde ise bu felsefenin çevre, ekonomi, sağlık ve üretkenlik faktörlerini binanın ömrü boyunca geleneksel yapılara oranla daha fazla öne çıkarmak üzere inşa edilen ve sertifika almış yapılar yeşil bina olarak adlandırılmaktadır. Yeşil binaların tasarım aşaması, kapsamlı bir tasarım yaklaşımı ile binaların çevresel açıdan verimli olmasına imkân sağlar. Binaların çevreye ve bina kullanıcılarına olan olumsuz etkisi azalır. Bina üretiminde ve sonrasında işletiminde ortaya çıkan sera gazı salımları en az seviyeye indirilir. Yeşil binalar, sağlıklı bir iç mekânda olması gerekli konfor koşullarını, enerjiyi daha az ve verimli kullanarak sağlar. Yeşil binalar; enerji etkindir, su tasarrufu sağlar; dayanıklı, zehirli olmayan, geri dönüşümlü malzemeler kullanır ve iyi kalitede mekânlar içerir (Ali ve Alnsairat, 2009; Esin ve Yüksek, 2009; Soysal, 2008).

Sertifika sistemleri, binaların çevresel performansını değerlendirmek için ve sürdürülebilir gelişmeyi bina tasarım ve yapım faaliyetleri ile bütünleştirmek için etkin bir kapsam sunar. Bu sistemler, sürdürülebilir tasarımın öncelikleri ve hedeflerini geliştirerek ve sürdürülebilir tasarıma destek olacak

performans ölçütlerini belirleyerek bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Aynı zamanda, çevresel konuları tasarım, yapım ve işletim aşamaları boyunca düzenlediği ve yapılandırdığı için de bir yönetim aracı olarak da kullanılabilirler. Günümüzde kullanımı yaygınlaşmaya başlayan, çeşitli sertifika sistemleri, yeşil bina bilincini yaygınlaştırmak ve yeşil bina tasarım ölçütleri dikkate alınarak inşa edilmiş bir yapının enerji performansını ve çevreye etkilerini somut ve objektif bir şekilde sunmak için hazırlanmaktadır. Öncelikle, 90'lı yıllarda İngiltere'de BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) (Breeam, 2009) sertifika sisteminin oluşturulmasıyla başlayan bu süreç daha sonra çeşitli ülkelerin iklim ve kaynaklarına göre çeşitli sertifika sistemlerinin üretilmesi ile devam etmiştir. Uygulanabilirliği ve anlaşılabilirliği ile dünya genelinde hızla yayılan sertifika sistemleri kullanıcı için yeterli konfor koşullarının sağlandığının ve enerjiden tasarruf edildiğinin kanıtı olmaktadır. Ayrıca binanın ekonomik olarak da daha değerli hale gelmesinde yatırımcı için yol göstericidir. Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan sertifika sistemlerinin birçoğunda bina türleri arasında barınma, korunma, dinlenme ve sosyal statü göstergesi olarak ayrı bir yere sahip olan konutların, diğer binalardan farklı bir şekilde değerlendirildiği görülmektedir. Değerlendirme ölçütleri binanın yaşam döngüsüne dayandırılır, böylece bina sahipleri ve kullanıcılar için uzun vadeli fayda sağlanabilir (Ali ve Alnsairat, 2009; Sev ve Canbay, 2009).

Dünya Yeşil Bina Konseyi'nin kabul ettiği, üç farklı kıtada üretilen ve en yaygın biçimde kullanılan sistemler ise BREEAM (İngiltere), LEED (Amerika) ve CASBEE (Japonya)'dır (Sev ve Canbay, 2009). Ayrıca dünyada SBTool (Uluslararası), EcoProfile (Norveç), PromisE (Finlandiya), Gren Mark for Buildings (Singapur), HK-BEAM ve CEPAS (Hongkong), GreenStar (Avustralya), SBAT (Güney Afrika) ve Environmental Status (İsveç) gibi çok sayıda yeşil bina değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Bu sertifika sistemlerinin amacı binaların çevreye ne kadar duyarlı olduklarının standartlara bağlı olarak ölçülendirilmesidir (Arısoy, 2009).

Ülkemizde konut sayısı bina sayısı toplamının %60'ını oluşturmaktadır [6]. Nüfus artışı, kaliteli yaşam ve barınma ihtiyacının yanı sıra aynı zamanda diğer sektörler göre pahalı hale gelmesi konutu bina üretiminde önemli kılmaktadır. Bu sebeple gerek insan hayatındaki gerek ise ekonomik anlamda önemi göz önüne alındığında konut işlevsellik, güvenlik ve verimlilik açısından yeterli teknik donanıma sahip olmalıdır. Konutların insan hayatı ve sürdürülebilir çevre için öneminin yeteri kadar algılanabilmesi için yeşil bina ölçütlerine uygun tasarlanması önemlidir. Bu bölümde, BREEAM, LEED, CASBEE sertifika sistemlerinde ekolojik mimari tasarım ölçütleri açıklanacak, ve özellikle LEED ve BREEAM konut bazında incelenerek Türkiye'deki konutlara uygulanabilirliği tartışılacaktır.

### **2.3.1 LEED ve LEED-Konut (LEED-H)**

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikalandırma sistemi 2000 yılında Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından oluşturulmuş bir programdır. İnşaat sektöründe binaların tasarımında, yapımı sırasında uygulanan yöntemde ve malzemede sürdürülebilirlik ve doğaya en az zarar veren bina standartlarını belirlemek ve kontrol etmek amacı ile geliştirilmiştir. ABD'de uygulanmaya başlanan bu sertifika sisteminin kullanımı daha sonra Avrupa'da Çin'de yaygınlaşmıştır.

LEED, ASHRAE (Amerikan Isıtma Soğutma İklimlendirme Mühendisleri Derneği) tarafından yayınlanan ASHRAE 90.1 standardını esas alır. Türkiye’de de ilgi görmektedir (Kalataş, 2009). Leed Yeşil binayı sürdürülebilir alan planlaması, suyun verimli kullanılması, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, malzeme ve kaynakların kullanılması, iç ortam kalitesi şeklinde beş ana ölçüt altında değerlendirmektedir. Ayrıca binaları kullanım çeşidine göre kategorilere ayırmaktadır. Konut binaları LEED-Homes kategorisi altında; tasarım süreci ve yaratıcılık, lokasyon, sürdürülebilir alanlar, suyun verimli kullanılması, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç mekân hava kalitesi, eğitim ve farkındalık olarak sekiz ana kritere göre değerlendirilmektedir (USGBC, 2011).

LEED sisteminin ekonomik faydaları dışında insan için sağlık, güvenlik ve konfor, toplumsal yapı için kanalizasyon, trafik ve alt yapıya getirdiği avantajlar ve konutların sigorta değerlerinin daha düşük hesaplanması kullanıcıların bu binaların tercih edilmesine sebep olmaktadır (Kalataş, 2008). LEED’in uygulanması Amerika’nın bazı eyaletlerinde zorunlu olmakta, zorunlu olmayan yerlerde uygulandığında ise teşvik ve vergi indirim yapılmaktadır. BREEAM sertifika sisteminde olduğu gibi proje tipine ve kullanım şekline göre uyarlanmış farklı LEED sertifikaları bulunmaktadır. Konutlar, LEED-Konut (LEED for Homes, LEED-H) (USGBC, 2007) sertifika sistemi ile 8 ayrı kategoride değerlendirilmektedir. Konut değerlendirmesine özgü önerilen ölçütler, tasarım süreci ve yaratıcılık, lokasyon, sürdürülebilir alanlar, suyun verimli kullanılması, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç mekân hava kalitesi, eğitim ve farkındalıktır. Bu kategorilerden elde edilen puanlara göre, konutlar, 130 puan üzerinden değerlendirilmektedir. 45-59 puan alan konutlar sertifikalı, 60-74 puan alanlar gümüş, 75-89 puan alanlar altın ve 90-128 puan alanlar da platin olarak derecelendirilmektedir.

**Tablo 1.** LEED -H ve LEED-NC kategorilerinin ölçütlerinin karşılaştırması (Issa et.al. 2010; USGBC, 2007).

LEED ölçütleri	LEED-H Puanları	LEED-H sertifika sistemindeki ağırlıkları (%)	LEED-NCsertifika sistemindeki ağırlıkları (%)
Tasarım süreci ve yaratıcılık	9	7	7
Lokasyon	10	8	-
Sürdürülebilir alanlar	21	16	20
Suyun verimli kullanılması	15	12	7
Enerji ve atmosfer	38	29	25
Malzeme ve kaynaklar	14	11	19
İç mekân hava kalitesi	20	15	22
Eğitim ve farkındalık	3	2	-

LEED-H sisteminde tasarım süreci ve yaratıcılık 9 puan, lokasyon 10, sürdürülebilir alan 21, su verimliliği 15, enerji ve atmosfer 38, malzeme ve kaynaklar 14, iç mekân kalitesi 20, eğitim ve farkındalık ise 3 puan üzerinden değerlendirilmekte ve bu performans ölçütlerinin alt ölçütleri bulunmaktadır (Department for Communities and Local Government, 2006). Konut kategorisini (LEED-H) en çok tercih edilen yeni binalar kategorisi (LEED for New Construction, LEED-NC) (USGBC, 2008).ile karşılaştırdığımızda ölçütlerin yüzdelik olarak ağırlığının farklılaştığı görülmektedir. Tablo

1'de, LEED-H ile su verimliliğinin, enerji ve atmosfer ölçütlerinin öneminin arttığı, lokasyon, eğitim ve farkındalık gibi farklı ölçütlerin ortaya çıktığı ve konutlar için değerlendirildiği anlaşılmaktadır.

### **2.3.2 BREEAM ve BREEAM-Eko Konut**

İngiltere Çevre Konseyi tarafından 1990 yılında binaların çevresel ve enerji performanslarının değerlendirilmesi için doğru ölçütleri belirlemek amacı ile ilk sertifika sistemi olan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) oluşturulmuştur. İngiltere koşulları düşünülerek geliştirilen bu sistemin, BREEAM International, BREEAM Europe, BREEAM Gulf gibi farklı versiyonları da kullanılmaya başlanmış ve tüm dünya geneline yayılması sağlanmıştır. Sistem, farklı tipolojilerdeki binaları, çeşitli kategoriler ve puanlama sistemi ile değerlendirmektedir. Konut sektörü için "BREEAM-Eko Konut (EcoHomes)" (Department for Communities and Local Government, 2006) değerlendirme yöntemi oluşturulmuş, 2007 yılında ise bu yöntem "Sürdürülebilir Konut Kanunu (Code for Sustainable Homes)" adını alarak yasalaşmıştır. Bu kanun, konutları sağlık ve refah, enerji ve CO<sub>2</sub>, su, malzeme, yüzey suyu, atık, kirlilik, ekoloji ve binanın yönetimi ölçütleri üzerinden değerlendirmektedir. Kanunda belirtilen performans ölçütleri, 1 ile 6 yıldız arasında puanlandırılarak değerlendirme yapılmaktadır. Tablo 2' de Breeam sertifika sisteminde minimum standart ve aranan ölçütler görülmektedir. Buna göre 1 yıldız geçer, 6 yıldız ise en yüksek derece olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen sertifika geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve olağanüstü olarak derecelendirilmektedir. İncelenen konutun, su ve enerji performansı kategorilerinde her derece için ayrı bir minimum standardı sağlaması gerekirken, malzeme, yüzey suyu ve atık kategorilerinde minimum standart olarak geçer derecesini sağlaması yeterli olarak görülmektedir. Diğer dört ölçütte ise minimum standart aranmamaktadır. Sonuç olarak sistemde minimum standartları sağlaması gereken ve ek puan sağlayan ölçütler yer almaktadır. Bu sertifikasyon sistemi ülkeye, bölgeye ve projeye uygun farklı kurallar getirmekle beraber bu kurallar tasarımcı ile beraber belirlenmekte ve projeye adaptasyonu zorlaşabilmektedir (Department for Communities and Local Government, 2006; Somalı ve Ilıcalı, 2009).

**2.3.3 CASBEE** (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) ise Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu ve Yeşil Bina Konseyi tarafından 2001 yılında Japonya ve Asya'da yer alan diğer ülkeler için hazırlanmış bir sistemdir. Binaları yapım aşamalarına göre kategorize eden bu yöntem dört ana araç olan tasarım, yeni yapılar, mevcut yapılar, yenileme altında toplanmaktadır. Tasarım öncesi, tasarım ve tasarım sonrası şeklinde mimari süreçle ilişkili bir şekilde geliştirilmiştir. İç mekan ve çevresi servis kalitesi, arsada dış mekan kalitesi, enerji, kaynak ve malzemeler, arsa dışında çevre kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Fonksiyon olarak sadece müstakil konutlar ve geçici yapılar için iki ayrı sürümü bulunmaktadır (Tönük ve Köksal, 2010).

**Tablo 2.** BREEAM sertifika sisteminde minimum standart ve aranan ölçütler (Department for Communities and Local Government, 2006).

<b>Düzyey</b>	<b>Kategori</b>	<b>Minimum standart</b>
1(♦) 2(♦♦) 3(♦♦♦) 4(♦♦♦♦) 5(♦♦♦♦♦) 6(♦♦♦♦♦♦)	<b>Enerji/CO<sub>2</sub></b> Hedeflenen salım oranı (Bina Standartları Yasası, 2006)	%10 %18 %25 %44 %100 0 karbon konut (Isıtma, aydınlatma, sıcak su ve diğer enerji kullanımı)
1(♦) 2(♦♦) 3(♦♦♦) 4(♦♦♦♦) 5(♦♦♦♦♦) 6(♦♦♦♦♦♦)	<b>Su</b> Günde kişi başına düşen içilebilir su tüketimi (litre/kişi sayısı/gün)	120 (l/k/g) 105 (l/k/g) 105 (l/k/g) 105 (l/k/g) 80 (l/k/g) 80 (l/k/g)
1(♦)	<b>Malzeme</b> Malzemenin çevresel etkisi	5 strüktür elemanından en az üçü BRE Yeşil Rehber 2006' daki koşulları sağlamalıdır. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Çatı strüktürü</li> <li>• Dış duvarlar</li> <li>• Üst katlar</li> <li>• İç duvarlar</li> <li>• Pencere ve kapılar</li> </ul>
1(♦)	<b>Yüzey Suyu</b>	yüzey suyunun arazinin binanın yapımından önce arazideki su miktarını aşmaması gerekmektedir.
1(♦)	<b>Atık</b> Arazi atığı Yapı atığı	Arazi atık yönetim planı Her konut için atık depolama alanı

### 2.3.4 Konut Örnekleri

Dünya üzerinde yapılmış yeşil konutlardan biri olan Altın LEED sertifikalı Idea House, Amerika'nın Carolina eyaletinde, bir ailenin yaşayabileceği örnek bir yeşil konut modeli teşkil etmesi için Southern Living isimli bir dergi tarafından inşa ettirilmiş bir yapıdır (Şekil1). Yaklaşık 20 milyon okuyucusuna ulaştığı düşünülen bu konutu, ilk açıldığında 15.000 kişi ziyaret etmiştir. 287 m<sup>2</sup>'lik bu çiftlik evi ile okuyucular sağlıklı, konforlu yeşil bir binanın avantajlarını görmekle beraber LEED sertifikası hakkında bilgi edinmişlerdir. Konutun konumlandığı arazideki erozyonu önlemek için saman balyaları kullanılmış ve yağmur hendekleri açılmıştır. Çevre düzenlemesinde, binanın yer aldığı bölgeye ait ve diğer bitkilere göre %80 daha az sulama gerektiren bitkiler kullanılmıştır. Çatıda ise yağmurun akışını kesen ve toplayan sistem hem yalıtım sağlarken hem de tuvaletlerde kullanılmak üzere gri su sağlamaktadır. Su verimliliğini sağlamak üzere yapılan bu uygulamalar sertifika sisteminde bu ölçütten 15 üzerinden 10 puan almasını sağlamıştır. Enerji ve atmosfer kriterinden 38 puan üzerinden 21 puan almasının nedenleri; binanın sıcak suyunun ve ısıtmasının güneş kolektörlerinden sağlanması, güneş pilleri ile elde edilen elektriğin fazlasının yerel elektrik şirketine satılması ve ısıtma-soğutma sistemlerinin

zonlandırılarak mekanlar için harcanacak enerjinin azaltılmasıdır. Çevreye bırakılan atığın az olması için binanın duvarları fabrikada paneller halinde hazırlanmış ve kullanıcıların sağlığı için az uçucu organik boya kullanılmıştır. Havalandırma için ise taze havayı filtreleyen mekanik havalandırma sistemi kullanılmıştır. İç mekan konforunu sağlamaya yönelik yapılan malzeme ve ısıtma, havalandırma seçimi konutun 21 puan üzerinden 16 puan kazanmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak bu konut enerjisi geleneksel bir konuta göre %43 daha verimli kullanırken sulama için %80 daha az su kullanmaktadır. İnşaat atıklarının %50'si ise arazi doldurmada kullanılmıştır (USGBC, 2009).



**Şekil 1.** Idea House projesinin görünüşleri (USGBC, 2009).

LEED sertifikalı bir diğer konut projesi ise Amerika'nın California eyaletinde yer alan Vista Dunes konutlarıdır (Şekil 2). 80 konuttan oluşan bu projenin amacı kullanıcıların ihtiyacını karşılayabilen aynı zamanda su ve enerji tasarrufunda örnek olacak bir proje olmasıdır. Konutların 1,2 ve 3 odalı olarak tasarlanması %30-50'sini orta gelirli ailelerin kullanmasına imkan vermektedir. Sakin bir yaya yolu üzerinde kurulan bu toplu konut projesinin çevresinde kullanıcıların sosyal ve sportif aktiviteleri için alanlar tasarlanmıştır. Site yakınında bir otobüs durağı ile site içerisinde bisiklet kullanımı için yollar ve bisiklet parkı tasarlanmıştır. Bu uygulamalar konut projesinin lokasyon ölçütünden 10 üzerinden 9, sürdürülebilir alanlar kriterinden ise 21 üzerinden 17 puan almasını sağlamıştır. Çevre düzenlemesinde kuraklığa dayanıklı az sulama ihtiyacı duyulan bitkiler kullanılmıştır. Yüzeylerden süzülen yağmur suları göletlerde toplanarak sudan tasarruf edilmektedir. Konut içinde de su tasarruf cihazları ile %25-30 arası tasarruf edilmektedir. Böylelikle konut LEED sertifika sisteminin su verimliliği ölçütünden 15 puan üzerinden 9 puan almıştır. Konutların birbirine gölge sağlayacak şekilde yerleştirilmesi ile soğutma için harcanacak enerji azaltılmaktadır. Arazide ve konutlarda kullanılan malzemelerin renkleri çöl ikliminin sıcak etkisini önleyecek şekilde seçilmiştir. Aynı zamanda bu malzemeler yapım aşamasında ortaya çıkacak atık miktarını azaltma için geri dönüştürülebilir malzemelerden seçilerek önceden hazırlanarak inşaa alanına getirilmiştir. Soğutma yükünü azaltmaya yönelik konut yüzeylerinde kafesler ve bitkiler tasarlanmış, çatı ve kaldırımlarda ise ısıyı geri yansıtıcı malzemeler kullanılmıştır. Bina içerisinde ise gün ışığı ve havalandırma konusunda yardımcı eleman olarak rüzgar bacası tasarlanmıştır. Her konutun çatısında enerji üretimine katkı sağlayan 16 fotovoltaik panel yer almaktadır ve bu paneller bina için gerekli olan elektriğin %70'ini üretmektedirler. Enerji tasarrufuna yönelik bu uygulamalar 38

puan üzerinden 18 puan toplamasına yardımcı olurken malzeme seçimindeki özen 14 puan üzerinden 10 puan almasını sağlamıştır (USGBC, 2009).



**Şekil 2.** Vista Dunes projesinde çevre düzenlemesi ve konutların konumu (USGBC, 2009).

### 2.3.5 LEED VE BREEAM Sertifika Sistemlerinin Türkiye’de Uygulanabilirliği

LEED ve BREEAM sertifika sistemleri, temelde aynı düşünceyle ortaya çıkmalarına rağmen farklı ülkelerde geliştirilmiş olmaları sebebiyle farklı ölçütler kullanmaktadırlar. Örnek olarak BREEAM sertifika sisteminin bol yağış alan ve yeşil alanı diğer bölgelere göre daha fazla yer kapladığı İngiltere’de ortaya çıkması sebebi ile yeşil alan ve su tasarruflu peyzaj kullanımına dikkat çekmediği, Amerika’da yayımlanan LEED sertifika sisteminde ise NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> salımlarının azaltılmasına yönelik bir çalışma olmadığı görülmektedir (Somalı ve Ilıcalı, 2009). Tablo 1 ve 2’deki değerlendirme ölçütleri birlikte incelendiğinde, LEED sertifika sisteminin sürdürülebilir alanlar (21 puan), enerji ve atmosfer (38 puan) ve iç ortam kalitesi (20 puan) ölçütleri ile kullanıcıların konfor ve sağlığına önem verdiği, BREEAM sertifika sisteminin ise, enerji ve atmosfer, ekoloji, atık, kirlilik, yüzey suyu ölçütleri ile binanın çevre üzerindeki kötü etkisini en aza indirmeye çalıştığı anlaşılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde hazırlanan sertifika sistemlerinde kullanılan ölçütlerin, gelişmekte olan ülkelere farklılık göstermesi ve puanlama sistemindeki ağırlıkların değişmesi kaçınılmazdır. Bu değerlendirme sistemlerinin ölçütleri, uygulanacağı ülkede geçerli olan standartlar ile karşılaştırıldığında, eğer standart değerler, ölçütün tariflediği minimum değerlerden daha uygun ise standart uygulanmaktadır. Her ülkenin de kendi koşullarına özgü standartları mevcuttur. Bu bakımdan, farklı ülke ve bölgelerde, sertifika sistemlerinin uygulanabilirliği esnek olmaktadır. Ancak BREEAM gibi Türkiye için yeni bir sertifika sisteminin oluşumunda temel alınan standartlar ile ülkemizde uygulanan standartlar henüz karşılaştırılmamıştır. LEED ve BREEAM’ in, ASHRAE 90.1 (ASHRAE, 2007) gibi uluslararası bir standarda gönderme yapması nedeniyle, bu standardın Türkiye’de kullanımının yaygın ve bilinir olması gerekmektedir. Bu konu hakkında bilgi sahibi kişi sayısı az olduğu için Türkiye’deki uygulamalarda zorluklar yaşanacağı düşünülmektedir (Somalı ve Ilıcalı, 2009).



Türkiye’de enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin azaltılması, çevrenin korunması ve enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2 Mayıs 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Yasası(2007) ve sonrasında Bayındırlık Bakanlığı’nın 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte binalar, enerji performansı açısından mimari, proje tasarımı ve mimari uygulamaları, ısı yalıtımı, asgari hava sirkülasyonu ve sızdırmazlık, ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımı ve uygulaması, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve uygulaması, sıhhi sıcak su hazırlama ve dağıtım sistemleri, otomatik kontrol, elektrik tesisatı ve aydınlatma sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, ısı pompası ve kojenerasyon sistemleri, işletme, periyodik bakım ve denetimi ve yıllık enerji ihtiyacı gibi konular dikkate alınarak değerlendirilecektir. Bu amaçla, ulusal hesaplama yöntemi geliştirilmekte ve buna göre binaların enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> salım miktarı ve bunların derecelendirilmesi söz konusudur. Konutlar, bu yönetmelikte yer alan ölçütlerden bazıları dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Örneğin, BREEAM, Enerji ve CO<sub>2</sub> kategorisinde, 0 karbon salımı olan konutlar 6 yıldız almakta, yakıt ve enerjinin %10’undan tasarruf eden konutlar 1 yıldız, % 18 tasarruf edenler ise 2 yıldız, %25 tasarruf edenler 3 yıldız, %44 tasarruf edenler ise 4 yıldız almaktadır. Son olarak da enerjiden % 100 tasarruf edenler 5 yıldızla en iyi düzeye erişmektedir. Yönetmelik kapsamında, CO<sub>2</sub> salım miktarına göre binalar, A ‘dan G’ ye kadarki bir referans aralığında, kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketimine göre de, benzer şekilde, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılır. BREEAM, malzemenin çevreye olan etkisini kategori olarak ele almakta; ancak yönetmelik, malzemenin sadece ısı iletim özelliğini enerji tüketimini hesaplamak için kullanmaktadır. BREEAM ve LEED için yukarıda bahsedilen ölçütlerin her biri ayrı ayrı puanlanarak değerlendirilmekte; yönetmelik kapsamındaki konular için genel olarak standartlara uyulması zorunlu kılınmaktadır. Örneğin, yönetmeliğe göre, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında TS 3419 standardına uyulur; havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin %50 verimliliğe sahip olması zorunludur. Ayrıca, bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metodlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans ölçütlerine ilişkin iş ve işlemleri kapsar. Örneğin, mimari uygulamalar için “Binaların ve iç mekânların yönlendirilmesinde, güneş, rüzgâr, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınarak oluşturulan mimari çözümler aracılığı ile istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları asgari düzeyde tutulur”, denilmekte ama herhangi bir yön, ısı kazancı veya kaybı açısından sayısal olarak değerlendirilmemekte, öneride bulunulmamaktadır.

Konutlar için hazırlanan sertifika sistemleri incelendiğinde, binanın konumu, yerel malzeme temini ve kalitesi, su ve enerji verimliliği, iç ortam kalitesi gibi konulara da önem verildiği görülmektedir. Ülkemizdeki bina sayısının %60’ını oluşturan konutların tasarımı ve inşası da inşaat sektöründe önemini sürdürmektedir (Kılıç, 2009). LEED ve BREEAM gibi sertifika sistemleri, ülkemizde yayımlanan yönetmelik dikkate alınarak incelenmeli ve ülkemiz koşullarına uyarlanmalıdır. Böylece, ülkemizdeki konutlar için, çevreye ve insan sağlığına yönelik daha duyarlı çözümler üretilebileceği ve enerji tasarrufu sağlanmasına yönelik de çeşitli önlemler alınabileceği düşünülmektedir. Sertifika sistemlerinin Türkiye’deki konutlara uygulamasında dikkat edilebilecek ve puanlama sisteminde ağırlığı

farklılaşması gereken ölçütler bulunmaktadır. Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizdeki problemlerden biri yeşil bina konusundaki eğitimsizliktir. İncelenen sertifika sistemlerinde kendi ülkelerinde oluşturulan bilinç ve eğitim ile bu ölçütün ağırlığı diğer ölçütlere göre daha azdır. Bu ölçütün, değerlendirme yüzdesi olarak ağırlığının ülkemizde diğer ülkelere göre daha fazla olması önerilir. BREEAM, malzeme kategorisinde, çatı, dış duvarlar, üst katlar, iç duvarlar, pencere ve kapılar gibi yapı elemanlarından en az üçü için koşulları göstermekte ve malzemenin çevresel etkisine dikkat edilmektedir (Department for Communities and Local Government, 2006). LEED' te de malzeme ve kaynaklar kategorisi, konutlar için %11 ağırlığında önemlidir. Ülkemizde de yerel malzeme yerine çevreye zararlı aynı türden malzeme kullanımının önüne geçilmesi için malzeme kullanımına dikkat edilmelidir. Bu nedenle, değerlendirme sisteminde adı geçen malzeme kategorisinin yüzde olarak ağırlığının fazla olması önerilir. İç mekan hava kalitesi, LEED-H'de % 15 ağırlığında önemlidir (USGBC,2007). Ülkemizdeki binalarda kullanılan malzemelerin seçiminde, insan ve yapı sağlığı ve yapı ürünlerinin etkileşimi konusunu içeren yapı biyolojisi dikkate alınmalıdır. Yapı iç havasının kirlenmesi, malzemeden (yapı ürünü) kaynaklanabilir. İç ortama yayılabilecek insan sağlığını olumsuz etkileyen malzeme kaynaklı zararlı gazların (karbon monoksit, nitrojen oksitleri, sülfür, uçucu organik bileşikler-formaldehit gibi, ve radon, ozon gibi gazlar) salımına engel olunabilir (Vural ve Balanlı, 2005). Bunun yerine doğal ve insan sağlığını bozmayan ekolojik malzeme kullanımı teşvik edilebilir. Bunun da iç mekan kalitesinin iyileşmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. LEED'te de bahsedilen sürdürülebilir alanlar kategorisine ülkemizde de dikkat çekilmeli ve ağırlıklı olarak değerlendirmeye alınmalıdır. Böylece, ülkemizde çevre düzenlemesi (oyun alanları, yeşil alanlar, bisiklet yolu ve park yerleri v.b.) ve sürdürülebilir bina ve çevre tasarımına verilecek önem ile daha sağlıklı yaşam alanları yaratılabilir.

## **2. 4 Bina Enerji Performansı Değerlendirme Çalışmaları**

Bu bölümde, CEN standartları, Avrupa'da görülen binaların enerji performansı değerlendirme çalışmaları ile ülkemizde hazırlanan enerji verimliliğine ilişkin yasal düzenlemeler derlenmiştir. Günümüzde enerji, dolayısı ile de kaynak tüketiminin hızla artması, yenilenemeyen fosil yakıtların fiyatlarındaki dalgalanmalar ve çevresel etkileri, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına olan ilgiyi artırmakta, 2025 yılına kadar Dünya elektrik enerjisi üretiminin %10-15'lik bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir (Altaş, 1998). Türkiye'nin hedefi ise 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının en az %30'a ulaşmasıdır (DEK-TMK, 2009).

Fosil yakıtlar geçmişten günümüze enerji üretiminde en çok kullanılan kaynak olmuştur. 2007 yılında Dünya toplam enerji üretiminin %81'i (%26 kömür + %34 petrol + %21 doğalgaz) fosil yakıtlardan, %6'sı nükleer enerjiden, %13'ü ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Aynı yıl Dünya elektrik üretiminin %68'i (%40 kömür + %7 petrol + %20 doğalgaz) fosil yakıtlardan, %14'ü nükleer enerjiden, %18'i ise yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir (IEA, 2009; Çengel, 2010). Fosil

yakıt kullanımının yaygın olması sera gazı emisyonlarının artışına neden olmaktadır. 1973 yılında yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 15,6 milyar ton iken 2004 yılında %63 artışla 29,0 milyar tona çıkmıştır. Bu da küresel iklim değişikliği krizini ve dünyanın geleceği ile ilgili kaygıları artırmaktadır (IEA, 2009). Bu kaygıların sonucunda Türkiye'nin de içinde yer aldığı 160 ülkeyi kapsayan ve sera gazı emisyonunu azaltmayı hedefleyen Kyoto protokolü hazırlanmıştır (Kyoto Protokolü, 1997). Avrupa'da CO<sub>2</sub> emisyonunun %40'ını gerçekleştiren 160 milyon bina, enerji talebinin de %40'lık bölümünü oluşturduğundan binalarda enerji verimliliği çalışmaları diğer sektörler için daha önemli hale gelmiştir. 1970'li yılların ortalarından itibaren başlayan binalarda enerji verimliliği çalışmaları Kyoto Protokolü ile birlikte bütün dünyada daha da önem kazanmıştır. Türkiye'de ise enerji tüketiminin %38'i bina, %36'sı sanayi, %20'si ulaşım sektöründe gerçekleşmekte (Bolattürk, 2006) ve enerji tasarruf potansiyeli en yüksek sektör olarak binalar görülmektedir (DEK-TMK, 2009).

Avrupa Birliği ülkeleri 1990'lı yılların başından itibaren enerji tüketiminin dolayısı ile de sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla yasal düzenlemelere gitmişler, binalarda enerji performansının belirlenmesi için 14 adet direktif çıkarmışlardır. Bunlardan sonuncusu ve üzerinde en fazla çalışılan Binalarda Enerji Performansı Direktifi olan 2002/91/EC (2002), Avrupa Birliği ülkelerinde mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerjinin daha verimli kullanılması için belirli standartlar geliştirilmesi ve ortak bir değerlendirme oluşturulması amacıyla 2003 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Direktif ana hatlarıyla; her bir üye ülkenin bina enerji performansı hesaplaması için ulusal bir yöntem geliştirmesi, yeni binalar ve büyük onarım görececek binalar için minimum enerji performansının belirlenmesi, binalarda enerji sertifikalandırması, merkezi sisteme sahip binalarda ısıtma giderlerinin tüketim ile ilişkili paylaşımı ve sıcak su kazanları ve iklimlendirme sistemlerinin periyodik denetimlerini öngörmektedir.

2007 yılında gerçekleştirilen Avrupa Birliği Zirvesi'nde enerji güvenliği, çevre kirliliğinin önlenmesi amaçlarıyla ortak politik kararlar almışlardır. Bu bağlamda 2020 yılına kadar toplam enerji tüketiminde %20 enerji tasarrufu sağlamayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimindeki oranını %20'ye çıkarmayı ve sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine göre %20 oranında azaltmayı hedeflemektedirler (Keskin, 2007).

#### **2.4.1 CEN standartları**

Bu bölümde , binaların enerji performansına ilişkin geliştirilen Direktifin uygulanabilmesi için kullanılan CEN Standartları (Roulet ve Anderson, 2006) tanıtılmaktadır.

Binalarda enerji performansı Direktifi, AB üye ülkelerindeki binaların enerji performansı hesaplamak için bir yöntem kurmayı gerektirir. Buna göre, binaların enerji tüketimi, binanın özellikleri ile aktif ve pasif güneş enerjisi sistemleri ve yüklü enerji sistemlerini içeren bir çerçeve içinde ele alınır. Üye ülkeler, enerji tasarrufu önlemlerini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yaygın olarak kullanılmasını teşvik ederek binaların enerji kullanımını azaltmayı amaçlayan bu yöntemde dayalı

yönetmelikleri uygulamak zorundadır. CEN Avrupa birliği direktifini kolaylaştırmak için binaların enerji performansını belirleyen yöntemleri gösteren (ölçüm ya da hesaplamayla) çeşitli standartlar yayınlamıştır. Enerji performans ihtiyaçlarını gösterir ve sertifikasyon yöntemini belirler.

Direktifin uygulanması ile hem mevcut hem de yeni binalarda enerji verimliliğinin artması düşünülmektedir. Üye ülkelerdeki yeni ve büyük mevcut binaların enerji performansı asgari şartlara tabi olacaktır ki bu konu en önemli yeniliktir. Binaların, ısıtma sistemine ait kazan muayenelerinin ve klima sistemlerinin enerji sertifikası olacaktır.

EPBD uygulayan Avrupa ülkelerine yardımcı olmak için toplam 30 adet Avrupa standardı (EN) ve 24 adet uluslararası (EN ISO) standardı oluşturulmakta ve revize edilmektedir. Bu standartlar ve ilişkileri "Umbrella Document" başlığı altında sunulmaktadır. Direktifte belirtilen dört ana bileşen; hesaplama yöntemi, minimum enerji performansı gereksinimleri, enerji performansı sertifikası, kazanların ve klima sistemlerinin denetimleridir. Diğer konular ise üç ayrı standartta ele alınır. Bunlar;

- prEN 15378: Kazan denetimleri
- prEN 15240: Klima denetimleri
- prEN 15239: Havalandırma sistemi denetimleri

Hesaplama yöntemi EPBD ekinde belirtilen çerçeveyi takip etmektedir. Standartların çoğu hesaplamaların yapı kayıpları, hava değişimi, aydınlatma ihtiyaçları, sistem performansları gibi belirli yönleri ile ilgilenecektir. Bunlara iki standartla birlikte bakılacaktır.

- prEN ISO 13790: Isıtma ve soğutma için binanın enerji ihtiyaçları (bir dengeye dayalı ısı kayıp ve kazançları)
- prEN 15203/15315: Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri, sıcak su ve aydınlatma, sistem kayıpları ve yardımcı enerjiler için enerji kullanımı ve birincil enerji, CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji fiyatları ve diğer terimler açısından enerji derecelendirme tanımını içeren ulusal enerji politikası için. Enerji performansı ve ihtiyaçlarının yanı sıra enerji performans sertifikaları içeriklerinin ve biçimlerinin ifade yolları prEN 15217 içerisinde ele alınmaktadır. Bu standartların temel amacı üye devletlerin direktifi uygulamalarını kolaylaştırmaktır.

Pr EN15217 standardı, ise enerji sertifikası oluşturmak için enerji performansını ifade etme yöntemleri, kurallar için ihtiyaçların belirlenmesi ile enerji performansı sertifikalarının içerik ve formatı ele alınır.

Standartların temel amacı, Direktifin hayata geçirilmesi için üye ülkelere yardım etmektir. Standartlar, enerji değerlendirmesi için tek bir tanımlı veya enerji performansının ifadesini belirtmez fakat seçeneklerin sayısına bir sınır getirmektedir. Benzer denetimler üzerine öğeler, denetimin çeşitli aşamalarını sunmaktadır. CEN'in teknik komitesinin hazırladığı standartların kapsadıkları:

- CEN/TC 89 Binaların termal performansı ve yapı elemanları
- CEN/TC 156 Binalar için havalandırma
- CEN/TC 169 Işık ve aydınlatma
- CEN/TC 228 Binalardaki ısıtma sistemleri
- CEN/TC 247 Bina otomasyonu, kontrolleri ve yönetim binası

Süreç CEN/BT WG 173, binaların enerji performansı proje grubu tarafından denetlenmektedir ki bu çalışmalar farklı gruplarca uygun yollar içerisinde yapılarak doğruluğu alınmaktadır.

Binalarda toplam enerji kullanımı ile ilgili standartlar binalar için teslim enerji ve enerji performans göstergeleri arasında bağlantı sağlayacaktır. Genellikle bir bina birden çok enerji çeşidi (gaz ve elektrik gibi), kullandığından, binada enerji çeşidine göre farklı enerji kaynakları toplanmaktadır. Toplam enerji derecelendirmesi yoğun kullanılan enerjilerin ağırlıklı toplamına dayanmaktadır. Enerji performansının hesaplanması sonucu, elde edilen bulgu, ağırlıklı değerlerin örneğin ana enerji kaynağı ve ya CO<sub>2</sub> salınımına ilişkin olmasına bağlıdır. Sertifikada prEN 15217 enerji performansını ifade etme biçimlerini ve enerji performansı ifade gereksinimleri yollarını ortaya koyuyor. Yeni ve mevcut binalar için prEN 15203/15315 dikkate alınması gereken enerjinin kullanılabilirliğini tanımlar ve enerji performans derecelerini değerlendirme metotlarını belirtir.

Tüketilen enerjinin hesaplanması ile ilgili standartlar, bir binanın enerji ihtiyaçları ve havalandırma, sıcak su ve ışık için enerji gereksinimleri ile beraber ortam ısıtması ve soğutması için gereken enerji arasındaki ilişkiyi sağlar. Bu standartların tümü uygun yerde yenilenebilir enerji kaynaklarını hesaba katar.

- Ortam ısıtması-prEN 15316-1, prEN'nin parçaları (ısıtma sisteminin çeşitlerine bağlı); kayıplar ve denetim görüşleri ve gömülmüş sistemler için prEN 15377'yi içerir. Hesaplama için girdiler prEN ISO 13790'nın sonucudur.
- Ortam soğutması-prEN 15243; kayıpları ve denetim görüşlerini ve eğer uygulanabilir ise nemlendirme ve nemini giderme için enerjiyi içerir.
- Sıcak su-prEN 15316-3'ün parçaları; sıcak suyun sağlanabilmek için gereken enerji ihtiyacının hesaplamasını ve binanın farklı tipleri için sıcak suyun gereksinimlerini belirtilmesini içerir.
- Aydınlatma-prEN 15193-1; kurulu ışık gücüne ve bina tiplerine göre yıllık kullanımlara dayanır.
- Havalandırma-prEN 15241; kurulu fan gücü ve kontrollerini, eğer uygulanabilir ise nemlendirme ve nem alma için gereken enerjiyi, hava için enerji ihtiyacını sağlar ve çıkarır.
- Entegre bina otomasyonu ve kontrolleri-prEN 15232; interdisipliner kontrol fonksiyonları ve alan ısıtma, havalandırma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma için uygulamaları temel olarak ilave enerji iyileştirmelerini hesaba katar.

Isıtma ve soğutma için bina enerji ihtiyacının hesaplaması için prEN ISO 13790 iki yol tanımlar.

1. Basitleştirilmiş yöntemler aylık ve saatlik hesaplamaları ve binanın basit tanımını (U değerleri bakımından) temel alır.

2.Sayısal hesaplamaların ayrıntıları. Ayrıntı hesap prosedürü standartların içinde belirtilmemiştir. Bilgisayar programlarının onaylaması için testler ile beraber takip edilmesi gerekir ki prEN 15265 kriterleri sağlasın (gerçi testler sadece basit durumları kapsamaktadır ve sistemleri kapsamamaktadır).

Ulusal seviyede yapılmış bir hesaplama yöntemi, seçilen yöntem olarak uygulanır. Bu bir binanın kullanımına (konut, ofis gibi), onun sistemlerine ve/veya karmaşıklığına ve uygulamalarına (düzenleyici gereksinimleri, enerji sertifikası, yeni binalar, eski binalar gibi) bağlı olacaktır. Farklı hesaplama yöntemlerinin kullanılması için kurallar, onların arasındaki geçimliliği ve uyumluluğu sağlar. Örneğin bağlayıcı durumlar ve fiziki girdi değerleri için seçilen hesaplama yaklaşımı hususunun genel kurallarını, standart destekler. Hesaplamalar kontrol görünüşlerinin, binanın iç sıcaklığı, havalandırması ve güneşsel korumaları gibi ısı kazanç ve kayıpları, etkilerini hesaba katar.

Binalarda enerji çeşitlerinin net kullanımına karar vermek için hesaplama yöntemi kullanılır, enerji sertifikası için miktarlara ihtiyaç vardır. Hesaplama bir binanın özelliklerine ve onun kurulu ekipmanlarına bağlıdır ve üç seviyede yapılandırılır

1. Havalandırma, sıcak su ve aydınlatma ile birlikte ısıtma ve soğutma için binanın enerji ihtiyacının hesaplaması:

Isıtma ve soğutma için binanın net enerjisi prEN ISO 13790 ve prEN 15265 kullanılarak hesaplanır. Hesaplamaların bu kısmı sadece binaların özelliklerini göz önüne alırken ısıtma/soğutma sistemlerinin hepsini göz önüne almaz. Bu binaların enerji ihtiyaçları içindeki sorunlardır (ısı yarıcılar tarafından yayılan enerjiyi veya klimalı ortamlardan elde edilen enerjiyi, sırayla belirtilen iç sıcaklığı korumak için). Çoğu binalarda enerjinin büyük miktarı ısıtma ve soğutma için kullanılır. prEN ISO 13790 kışın bina için gerekli ısı miktarını hesaplamak için, ısı kaybını, iç ısı kazançlarını ve pasif güneş kazançlarını dikkate almak için ve yazın binadan ısı miktarını çıkarmak için, binalardaki tüm ısı kaynaklarını ve kaçakları hesaplamak için gerekli yöntemleri sağlar. Bunu sağlamak için üç farklı hesaplama seviyesi vardır:

- basitleştirilmiş saatlik hesaplama;
- basitleştirilmiş aylık hesaplama;
- ayrıntılı hesaplamalar;

Binaların karmaşıklığı, çeşitleri ve görevleri ve/veya yeni veya eski binalar gibi ilgili kriterlere göre seçilebilir. Hesaplamalar iç hava (prEN 15251) ve dış hava sınır koşulları temeline dayanır. Basitleştirilmiş hesaplama yöntemleri tamamıyla prEN ISO 13790 içinde belirtilir. Yöntemlerin hesaplama ayrıntıları tamamıyla prEN ISO 13790 içinde belirtilmemektedir, fakat prEN 15265'nin içindeki kriterlere göre yasa geçerli kılınmaktadır.

İç iklim gereksinimleri, iç ısı kazançları, bina özellikleri ve dış hava durumlarına hesaplama değerlerini yerine getirmek için ihtiyaç vardır, ve bunlar standartlarda ele alınır. prEN ISO 13790, karmaşık bir binayı hesaplayabilmek için yapıyı parçalara ayırma işleminde rehberdir.

## 2. Binanın dağıtılan enerjisinin hesabı

Isıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma sistemlerinin özellikleri, denetimlerin ve bina otomasyonlarının kapsadıkları enerji dağılımı hesaplamasında hesaba katılırken, prEN 15316-1, prEN 15377, prEN 15243, prEN 15316-3, prEN 15193-1, prEN 15241, prEN 15232 standartları da kullanılır. Farklı amaçlar için kullanılan enerjinin ayrı ayrı kaydı yapılır. Hesaplamalarda ısı yayılımı, dağıtımını, depolanması ve soyu ile fanlar, pompalar gibi cihazlar için enerji ihtiyaçları hesaba katılır.

Birinci ve ikinci basamaklar arasında bir bağlantı kurulur çünkü hesaplamanın bina parçaları için, sistem kayıplarının bazıları göz önünde tutulur. Hesaplamalar yerine getirilirken, ısıtma ve soğutma ihtiyaçları ilk önce bilinmezse bu kazançlar tahmin edilemez. Sistemlerden ilk hesaplamada kazançlar net enerji hesaplamasında atlanır, ikinci hesaplamada dahil edilir.

## 3. Genel enerji performans göstergelerinin hesabı (birincil enerji, CO<sub>2</sub> salınımı gibi).

Binaların enerji performansı ile ilgili düzenlemelerinin kurulmasını etkinleştirmek için; binalara sertifika verilmesi ve enerji derecelendirmesinin tanımlanmasına olanak sağlanması için; binaların enerji performansını artırmak amacıyla hükümetlerin, bina tasarımcılarının, mal sahiplerinin, operatörlerin ve kullanıcıların teşvik edilmesi için binaların enerji ihtiyaçlarının ifade edilmesi gerekir.

### 2.4.1.1 Binaların enerji sertifikası

Enerji sertifikası, hem yeni hem de eski binalar için uygulanabilir bir yöntem gerektirir ve eşdeğer bir şekilde onlara davranır. Bu yüzden yöntemde, eşdeğer yol bulmak için değerlerin farklı verilişlerinin de ele alınması önerilmiştir. Bir yöntem "eksik" değerleri tahmin edebilmeli ve alan ısıtması, soğutması, havalandırması, sıcak su ve aydınlatma için bir "standart" enerji kullanım hesabını sağlamalıdır. prEN 15203/15315 (Bu numara geçicidir. Taslak hazırlanan CEN/TC89 (prEN 15203) ve CEN/TC228 (prEN 15315) iki belge tarafından birleştirilir) yeni ve mevcut binalar için enerji performans oranları hesabının, yöntemlerle desteklenerek ve dikkate alınarak enerjinin kullanımlarını tanımlar.

Bu, ayrıca gerçek enerji değerleri ile karşılaştırmalı bina hesaplama modelinde güven sağlamak için ve olası gelişmelerin enerji etkinliğini değerlendirmek için bir yöntem sağlar.

Aslında enerji derecelendirmesinin iki türü önerilmiştir:

- bina çizimlerinden veya bir site ölçümlerinden elde edilen değerler ve 1'in içinde tanımlanan yöntem kullanılarak hesaplanmış bir enerji oranı, ve
- gerçek enerji tüketiminden elde edilen ölçülmüş enerji oranı.

Hesaplanan standart enerji oranı (varlık oranı) etiketleme için önerilendir. Doluluğun, iklimin, çevrenin ve kullanımın standart durumları için enerji oranı hesaplanır. Ölçülmüş oran ölçülü enerji tüketimine bağlı olarak önerilmiştir. Ölçülmüş enerji tüketimi gerçek koşullarda ve tüm amaçlar için kullanılan enerjiyi içerir. Standart durumların altında varlık oranı hesaplanır ve EPBD'na göre sadece ısıtmayı, soğutmayı, sıcak suyu ve havalandırmayı içerir. Aydınlatma çoğu bina için dahildir fakat konut için ihmal edilebilir. Bu nedenle ölçülen ve varlık oranları karşılaştırılmaz. Eğer hesaplar aydınlatmayı ve diğer enerji kullanımlarını içeriyorsa (elektrikli cihazlar gibi) ve doluluk, iklim, çevre ve kullanım için gerçek durumlar altında hesaplanıyorsa, ölçülen ve hesaplanan oranlar karşılaştırılabilir.

Böyle bir karşılaştırma hesaplar için kullanılan girdi değerlerini düzeltmeye yardımcı olur, böylece hesaplar için kullanılan modelin güvenilirliği artar ve ondan sonra onaylanır. Onaylanan model sadece oranın hesaplaması için değil yenilenen senaryonun etkisinin tahmini için de kullanılır.

Enerji oranının sonucu, net enerji çeşitlerinin miktarının listesidir ve enerji sertifikası için tek değer kullanılmalıdır. Yakıtların miktarı (litre, metre küp, ton gibi) enerji birimleri içerisinde kullanılan brüt ısı değerlerine dönüştürülür. Elektriğin, odunun, kömürün, gazın ve yağın kilowatt-saatleri eşit değilken, kullanılan enerji çeşitlerinin tümünün ağırlık olarak toplamı enerji oranında ifade edilir. Ağırlık, birincil enerji faktörleri ve CO<sub>2</sub> üretim katsayısından birini bu toplam için kullanır. Fiyat veya ulusal enerji politikasıyla ilgili faktörlerde kullanılabilir.

#### **2.4.1.2 Enerji performansının tarifi**

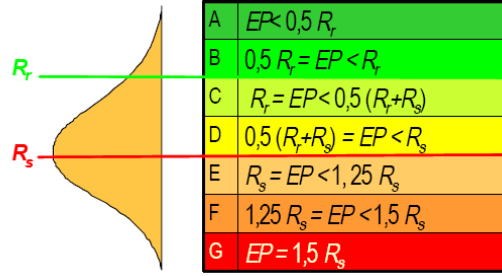
Sertifikanın amacı için yukarıda bahsedilen oranlar tanımlanarak, prEN15203/15315'e göre karar verilen:

- öngörülen enerji oranı, belirli bir ölçüdeki durumların şartları altında kullanılan enerji hesaplamasını temel alır
- işlemsel enerji oranı, ölçülen enerjiyi temel alır.

Bu enerji oranları prEN 15217'nin içinde bina boyutları ve mümkün olan iklim, kullanım gibi diğer parametrelerle beraber binanın enerji performansını ifade etmek için kullanılır, prEN 15217 küresel enerji performans göstergelerini, binaların bölünmüş zemin alan durumlarının enerji oranlarından biri olarak tanımlar. Enerji performans göstergesi olarak bina kullanımı, şekil faktörü, iklim parametresi gibi değişkenlerin fonksiyonu göz önüne alınarak tasarlanmış yeni binaların veya yenilemiş eski binaların enerji ihtiyaçları limit değerinden daha küçük olacaktır. Binaların enerji performans göstergelerinin kıyaslanması için standart çizelgenin iki çeşidini önermektedir: devam eden çizelge ve sınıflandırması.



Devam eden çizelge bir tarafta en iyi uygulama (sıfır enerjili bina gibi) ve diğer tarafta en kötü durum tarafından verilen çizelgeyi basit bir şekilde tanımlar. Belirli bir bina enerji performans göstergesine göre, bu ölçekte yerini bulur. Aynı zamanda binalara A dan G ye sıralanarak yedi sınıftan oluşan bir sınıf sistemi önerir (Şekil 3).



Şekil 3. Binaların derecelendirilmesi için prEN 152172'deki öneri.

Her bina tipi için, sınıflar arasındaki eşikler mevcut bina stokunun averaj enerji oranı,  $R_s$  ve yeni binalar için ulusal limit,  $R_f$  temeline dayanır. Diğer enerji sertifika programlarında olduğu gibi her sınıf yeşil (A) dan kırmızı (G) ye kadar olan renklere karşılık gelmektedir. En iyi binalar A sınıfı içindedir, A ve B sınıflarındaki binaların standartlar doğrultusundaki enerji performansları, C ve D sınıflarındaki ortalama değerlerden daha iyidir, E ve G sınıflarındaki diğer binaların, aynı türde olan binalar için yapı stokunun ortalaması ile kendi performansına bağlıdır.

Ayrıca prEN 15217'nin tanımladıkları:

- Referans değerlerini ve kriterleri tanımlamak için prosedürleri
- Enerji sertifika şemalarını tasarlamının yollarıdır. Son kısım ağırlıklı olarak üye ülkelerin ihtiyaçlarına en uygun yaklaşımı seçmelerini sağlayan kılavuzdur.

Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde Türkiye'de de binaların enerji performanslarının belirlenmesi amacıyla bir dizi standart geliştirilmiş, yasal düzenlemeler yapılmış, performans belirleme yöntemleri çalışmaları gerçekleştirilmiş ve çalışmalara devam edilmektedir. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile ilgili Türk Standartları Listesi şöyledir.

<b>TS 825</b>	Binalarda Isı Yalıtım	2008
<b>TS EN ISO 10211-1</b>	Bina İnşaatlarında Isıl Köprüler - Isı Akışları ve Yüzey Sıcaklıkları - Bölüm 1: Genel Hesaplama Metotları	2000
<b>TS EN ISO 10211-2</b>	Bina Yapımında Isıl Köprüler- Isı Akışlarının ve Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması- Bölüm 2: Doğrusal Isıl Köprüler	2001
<b>TS EN ISO 14683</b>	Bina İnşaatı-Isıl Köprüler-Linear Isıl Geçirgenlik-Basitleştirilmiş Metot ve Hatasız Değerler	2000
<b>TS EN ISO 6946</b>	Yapı bileşenleri ve yapı elemanları - Isıl direnç ve ısı geçirgenlik	2007

	hesaplama metodu	
<b>TS EN 12207</b>	Pencereler ve kapılar - Hava geçirgenliği - Sınıflandırma	2004
<b>TS EN 13829</b>	Binaların Isıl Performansı- Binaların Hava Geçirgenliğinin Tayini- Fan Basıncı Altında Tutma Deneyi	2001
<b>TS 2164</b>	Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları	1983
<b>TS 11389</b> <b>13384-1</b>	<b>EN</b> Bacalar – Isı ve akışkan dinamiği hesaplama metotları – Bölüm 1: Tek ısıtma tertibatına bağlı bacalar	2006
<b>TS 11388</b> <b>13384-2</b>	<b>EN</b> Bacalar – Isı ve akışkan dinamiği hesaplama metotları – Bölüm 2: Birden çok ısıtma tertibatına bağlı bacalar	2006
<b>TS 2192</b>	Kalorifer Tesisatı Yerleştirme Kuralları	1976
<b>TS EN 378-1</b>	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Güvenlik ve çevre kuralları - Bölüm 1: Temel kurallar, tarifler, sınıflandırma ve seçim kriterleri	2007
<b>TS EN 378-2</b>	Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Güvenlik ve çevre kuralları- Bölüm 2: Tasarım, yapım, deney, işaretleme ve dokümantasyon	2004
<b>TS EN 378-3</b>	Soğutma Sistemleri ve Isı Pompaları - Güvenlik ve Çevre Kuralları- Bölüm 3: Tesis Yeri ve Personel Koruma	2002
<b>TS EN 378-4</b>	Soğutma Sistemleri ve Isı Pompaları- Güvenlik ve Çevre Kuralları- Bölüm 4: İşletme, Bakım, Onarım ve Geri Kazanım	2001
<b>TS 3419</b>	Havalandırma Ve İklimlendirme Tesisleri - Projelendirme Kuralları	2002
<b>TS 5895</b>	Merkezi Klima (İklimlendirme) ve Havalandırma Tesislerinin İşletme ve Bakım Kuralları	1998
<b>TS 3420</b>	Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerini Yerleştirme Kuralları	1979
<b>TS EN 1507</b>	Havalandırma-Binalarda-Kanal Şebekesi-Dikdörtgen Enkesitli Sac Metal Hava Kanalları-Dayanım ve Sızdırmazlık-Özellik ve Deneyler	2006
<b>TS EN 12237</b>	Binalarda havalandırma – Kanal şebekesi – Dairesel sac metal kanallar – Dayanım ve sızdırmazlık	2006
<b>TS EN 14336</b>	Isıtma sistemleri - Binalar için - Su esaslı ısıtma sistemlerinin tesisi ve işletmeye alınması	2007
<b>TS EN 26</b>	Ani Su Isıtıcılar (Şofbenler)-Gaz Yakan, Atmosferik Brülörlü	2006
<b>TS EN 89</b>	Isıtıcılar – Gaz yakan – Ev tipi – Sıcak su üretimi için depolu su ısıtıcılar	2008
<b>TS EN 12975-1</b>	Isıl güneş enerji sistemleri ve bileşenleri-Güneş enerjisi kolektörleri-Bölüm 1:Genel Kurallar	2008
<b>TS 3817</b>	Güneş Enerjisi - Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları	1994
<b>TS EN 215</b>	Radyatör vanaları – termostatik –Özellikler ve deney metotları	2007

<b>TS EN 832</b>	Binaların Isıl Performansı – Meskenlerde Isıtma Amacıyla Kullanılan Enerjinin Hesaplanması	2007
<b>TS EN 834</b>	Isı Maliyet Bölüştürücüleri - Radyatör Isı Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan - Elektrik Enerjisi İle Çalışan	1997
<b>TS 4041</b>	Kazanlar- Anma Isı Gücü Ve Verim Deneyleri Esasları	1983
<b>TS ISO 9459-1</b>	Güneş Enerjisiyle Isıtma-Konut Su Isıtma Sistemleri-Bölüm 1:İç Ortam Deney Metotları Kullanılarak Performans Değerlendirme İşlemi	1999
<b>TS ISO 9459-2</b>	Güneş Enerjisi Konut Su Isıtma Sistemleri Bölüm 2: Sadece Güneş Enerjili Sistemlerin Yıllık Performans Tahmini Ve Sistem Performans Karakteristikleri İçin Dış Ortam Deney Metodu	2000
<b>TS ISO 9459-3</b>	Güneş Enerjisiyle Isıtma Konut Su Isıtma Sistemleri Bölüm 3 : Güneş Ve İlâve Isıtıcı Sistemlerin Performans Deneyi	1999

#### **2.4.2 Avrupa Ülkelerinde Uygulanan Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri**

Dünyada 1992 yılından buyana binalarda enerji performansı belirleme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu kapsamda en yaygın çalışma Avrupa Birliği ülkelerinde yapılmış, bina enerji performansı belirleme çalışmalarını düzenleyen 14 adet direktif yayınlanmıştır. Bu direktiflerin sonuncusu olan ve 2002'de yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Direktifi (DIRECTIVE 2002/91/EC), her üye ülkenin binaların enerji performansının hesaplanması için bir yöntem geliştirmesini öngörmektedir (Warren, 2003; Miguez, 2006). Geliştirilecek yöntem, direktifin ekinde yer alan aşağıdaki hususları göz önüne alan genel çerçeveye oturtulmalıdır.

1. Binaların enerji performansının hesaplanması metodu en az aşağıdaki hususları içermelidir:
  - a. Binanın (kabuğunun, iç bölmelerinin, vs) ısı ve hava sızdırmazlık özellikleri,
  - b. İzolasyon karakteristikleriyle birlikte ısıtma ve sıcak su donanımı,
  - c. İklimlendirme donanımı,
  - d. Havalandırma donanımı,
  - e. Aydınlatma donanımı (özellikle konut dışı binalarda),
  - f. Binanın bulunduğu yerin dış hava koşulları ile birlikte pozisyonu ve yönü,
  - g. Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma sistemleri,
  - h. Doğal havalandırma,
  - i. İç hava koşulları ve tasarımı.
2. Hesaplamanın uygun adımlarında aşağıdaki pozitif etkiler göz önüne alınmalıdır:

- a. Aktif güneş enerjisi sistemleri ve yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer elektrik ve ısıtma sistemleri,
  - b. Kojenerasyon ile üretilmiş elektrik enerjisi,
  - c. Merkezi veya bölgesel ısıtma sistemleri,
  - d. Doğal aydınlatma.
3. Enerji performans hesaplamaları için binalar aşağıda örneklendiği gibi sınıflandırılmalıdır:
- a. Bağımsız (tek) konutlar,
  - b. Apartman blokları,
  - c. Ofisler,
  - d. Eğitim binaları,
  - e. Hastahaneler,
  - f. Otel ve restoranlar,
  - g. Kapalı spor tesisleri,
  - h. Toptan satış binaları,
  - i. Enerji tüketen diğer binalar.

2002/91/EC direktifi 2010 yılında yenilenmiş ve Directive 2010/31/EC (2010) adıyla yayınlanmıştır. Yenilenen direktif, ısıtma sistemi ve havalandırma gibi bina sistemlerinin bölgesel ihtiyaçlarını daha kapsamlı bir biçimde değerlendirmektedir.

Danimarka enerji denetçiliğinde ve enerji derecelendirmesinde diğer Avrupa ülkelerine referans olmakta ve öncülük etmektedir. 1985 yılında konut satımı esnasında enerji belgesi zorunlu hale gelmiştir. “Binalarda Su Korunumu ve Enerji Performansını Artırma Yasası” 1996 yılında çıkıp, 1997 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Bu yasa büyük, küçük ve endüstriyel binalarda enerji denetçiliği kavramını ülkeye getirmiştir. Böylece binalar enerji denetimi olmadan satılamamaktadır. Danimarka’da denetim sonunda kullanıcılara verilen bilgilendirme üç kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım bina enerji performansının derecelendirilmesidir. Denetçiler binalarda enerji sınıflandırılması, enerji ve su tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu olarak üç ana başlık altında yapmaktadırlar. Bu inceleme sonucunda binalara A1 ve C5 arasında sınıflandırılmaktadır. Aynı zamanda bu uygulamayla 25 yıllık dönemler için su ve enerji ihtiyacı belirlenmektedir. İkinci kısım ise kullanıcılara binanın enerji planının çıkarılmasıdır. Bu plan tahmini olarak binanın yıllık su ve enerji tüketim miktarını içermektedir. Son kısım ise enerji sınıfına göre binanın metrajını, ısıtma sistemini, enerji tüketimini ve ısıtma için gereken harcamaları göstermektedir. Danimarka’da bazı mevcut sistemler için ayrı ayrı standartlar bulunmaktadır. Örneğin su ısıtıcıları ve tesisatı için DS: 439-2000, ayrıca binalardaki enerji ihtiyacını hesaplama methodunda da prEN15316-4-3 (2005) standardı kullanılmaktadır. Bu uygulamayla Danimarka’da enerji tüketiminin yılda %20 oranında düştüğü raporlanmıştır (Miguez, 2006). Aynı zamanda Danimarka aydınlatma için CFL lamba kullanımını zorunlu kılarak ve ısıtma sistemlerini denetleyerek binalarda 2008 yılı için %42 enerji tasarrufu sağlamıştır (Hamilton, 2010).

İngiltere’de 1995 yılında yayınlanan ve HECA (Home Energy Conservation Act) olarak adlandırılan konutlarda enerji tasarrufu kanunu ile yerel yönetimlere kendi bölgelerindeki konutların daha verimli hale getirilmesi amacıyla; izleme, değerlendirme ve raporlama yetki ve sorumluluğu verilmiştir. Aynı yıl konutlarda enerji performansı belirleme yöntemi SAP (Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings) ve yakıt tasarrufu ile yasası (PART L) zorunlu hale gelmiştir. SAP 2005 yılında enerji tüketimi değerlerinin azaltılması yönünde geliştirilmiştir ve yeni ve büyük onarım gören binalarda ısıtma, aydınlatma, sıcak su kullanımına ait enerji tüketimini içerir (SAP2005, 2008), soğutma enerji tüketimi dikkate alınmamıştır.

Fransa ulaşım ve konut bakanlığınca düzenlenen 2000-1153 sayılı yönetmelik endüstriyel olmayan yeni binalar için zorunludur. Bu yönetmelik ile ısıtma için harcanan enerji tüketimi, sıcak su, havalandırma, aydınlatma gibi parametreler bölgeden bölgeye değişen referans değerlerinden yüksek olamamaktadır. Parametre sınırları ise dış duvarlar için minimum ısı yalıtımı, iklimlendirme sistemleri için nem değerleri, ısı ve sıcak su üreten sistemler incelenerek tanımlanmaktadır. Yine iç ortam sıcaklığı referans değerden yüksek olmamalıdır. Kompleks ve basit olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. İkinci yöntem sadece 220 m<sup>2</sup>’den küçük binalara uygulanabilmektedir (Policy, 2009). Fransa’da binalarda enerji performansı hesaplama methodu olarak 2008 yılında Methode de Calcul Th-C-Ex (2008) yürürlüğe girmiştir.

İrlanda’da binalarda enerji tüketiminin azaltılması amacıyla 1992 ve 1997’de HER (Isı enerji oranı) ve ERBM (enerji oranı kriterleri) başlıklı yönetmelikler çıkarılmış ancak zorunlu tutulmayıp yeni binalara isteğe bağlı olarak uygulanmıştır. ERBM aynı zamanda mevcut binalara da uygulanabilmekte, m<sup>2</sup> başına düşen enerji tüketimini ve yıllık karbondioksit emisyon miktarını rapor etmektedir. Resmi bir sertifika olmamasına rağmen bina kabuğu ve ısıtma sistemleri için iyileştirme önerileri getirmektedir (Miguez, 2006). İrlanda binalarda enerji performansı değerlendirme metodu olan DEAP (2006) yıllık enerji kullanımı, CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları ile enerji maliyetlerinin hesaplanmasını kapsamaktadır. Hesaplama kullanılan faktörler; bina geometrisi ve boyutu, binanın yapı malzemeleri, havalandırma sistemi, ısıtma sistemi verimliliği, güneş kazançları, binanın ısı kapasitesi, ısıtma ve havalandırma sistemleri için gereken yakıt miktarı ve yenilenebilir ve alternatif enerji kullanımınıdır.

Almanya’da enerji verimliliği çalışmalarına 1982 yılında başlanmış olmasına rağmen ilk yasa 2001 yılında “Enerji Korunumu Yasası” adıyla çıkarılmıştır. Yasa, yeni ve büyük onarım gören binalar için zorunludur ve yakıt tüketimini 7 litre(mazot)/m<sup>2</sup> olarak sınırlandırmıştır. Aynı zamanda 1978-2006 arası imal edilen eski kazanların değiştirilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Almanya’da Şubat 2007’de Türkiye’deki karşılığı “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” olan “Enerji Tasarrufu Yönetmeliği” enEV (2009) yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikle, binalarda ısıtma enerji tüketiminin azaltılması için bina ve ısıtma sistemleri ile ilgili düzenlemeler getirilmiştir (Hegner, 2004).

Hollanda’da yeni yapılacak olan binalar ve mevcut binalar için ayrı yönetmelikler kullanılmaktadır. EPB (Enerji performans standardı), yeni binalar için 1995 yılından, EPA (Energie Prestatie Advies-Enerji

Performans Çalışması) ise 2000 yılından bu yana mevcut binalar için kullanılmaktadır (EPB, 1995; EPA, 2000).

Belçika'da 1997 yılında NBN B62-002 ve NBN B62-004 standartları yürürlüğe girmiştir (NBN B62-002, 2008). Yeni ve mevcut konutlara ek olarak Flanders bölgesinde endüstriyel binalar için de geçerlidir. Yeni binalar için K55 adı verilen sınır katsayısı belirlenmiştir. K55'e göre bina kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısı  $0,55 \text{ W/m}^2\text{C}$ 'den büyük olamaz. Ancak bu sınır katsayıları bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir (Santamouris, 2005).

Bir konutun enerji sınıflandırması(--energy rating--derecelendirilmesi), binanın bağıl enerji verimliliği ve tüketimi hakkında kendine özgü bilgi sağlamaktadır. Bu amaçla, bu konuda uzmanlaşmış profesyoneller tarafından bazı deneysel protokollere bağlı kalınarak standart ölçümler yürütülmektedir. Bina kabuğuna yönelik ölçümler, (yalıtım değerleri, pencere verimliliği) aydınlatma, havalandırma, ve binanın ısıtma soğutma sistemlerinin verimlilik ve enerji tüketim değerleri bu kapsamda ölçülmektedir. Sonuçlar, 1 ile 100 arasında değişen skorlarla derecelendirilir ve performans skalasına göre de sınıflandırılabilir (Santamouris, 2005).

Enerji derecelendirmesi çalışmaları, enerji krizinin (1974) hemen sonrasında gündeme gelmiştir. Özellikle yapı sektöründeki yüksek enerji tüketimi ile ilgili gelişmiş ülkelerin düşüncesi, konutlardaki enerji tüketimini rasyonelleştirmek için programlar ve önlemler almak olmuştur. Esas amaç, verimli enerji kullanımını teşvik etmek ve ısınma için harcanan enerjiyi azaltmak olmuştur. İlk on yıllık dönemde, iyileştirme önlemleri isteğe bağlı olarak uygulanmıştır. İlk yıllarda, binaların özelliklerini değerlendirmek ve enerji tasarrufunu tahmin etmek için çalışmalar yapılmıştır. Amaç, enerji faturalarından ve binaların teknik özelliklerinden elde edilen verilere dayanarak, çeşitli iyileştirme yöntemlerine göre ortalama enerji tasarrufunu tahmin etmektir. Çalışmanın ikinci aşamasında, istatistiksel olarak seçilen örnek binalar üzerinde, enerji koruma önlemlerinin deneysel ve teorik değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Üçüncü aşamada ise, Enerji barometresi (the Enerji Barometer-EP) fikri geliştirilmiş; buna göre, sürekli olan enerji ve iklimsel ölçümlere bağlı olarak binanın enerji kullanımının gelişimi için izleme (monitoring) yöntemi uygulanmıştır. Kısa bir süre içinde binanın enerji kullanımının gösterdiği değişiklikler kaydedilmektedir (Santamouris, 2005).

"Türkiye aynı zamanda Avrupa Birliği sürecinde yasalaşmış olan 2002/91/EC 'Binaların Enerji Performansı' Yönergesine, enerji verimliliği konusunda mevzuat uyumunun sağlanması ve enerji tasarrufuna yönelik uygulamaların geliştirilmesi konularında yükümlüdür. Bu yönerge, net bir şekilde (a) yapıların enerji performanslarının belirlenmesi, (b) yeni binalar için en az performans gereksinimlerinin belirlenmesi, (c) mevcut binaların en az performans gereksinimlerini sağlayacak biçimde yenilenmesi üzerine metotlar tanımlamaktadır (Directive 2002/91/EC, 2003).

2002/91/EC, mevcut binaların kapsamlı yenilenmesi için projelendirme ve uygulama sırasında seçilecek yapı malzemeleri ve bina kabuğunun enerji performans kriterlerinin de dikkate alınmasını

beklemektedir. (Hegner 2004). Avrupa Birliği ÷lkelerinde, yapıların enerji verimliliğini artırma amaçlı iyileştirme çalışmaları hiç yalıtımı olmayan veya yetersiz yalıtım kullanılmış yapılar ile inşa tarihi 20. y÷zyıl başlarına dayanan yapı stoku üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar, yapı stokunun mevcut durumunu ortaya koyma amaçlı envanter çalışmaları ya da yapıların enerji-verimli hale getirilmesi için yapılacak iyileştirmeler için metodolojiler geliştirilmesi üzerinedir (Rey, 2004; Lopes et.al., 2005). EPIQR ve BRITA in PuBs gibi Avrupa Birliğince desteklenen projeler ve International Energy Agency tarafından hazırlanan raporların hemen hemen hepsi bu yönde çalışmalardır. EPIQR (Energy Performance and Indoor Environmental Quality Retrofit)-Enerji Performansı ve İç Ortam Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi ile, yapıların enerji verimliliği açasından değerlendirilmesinde kullanılabilir bir metodoloji ve yazılım aracı sunmaktadır. Özelleşmiş olarak konut yapıları için geliştirilmiş olsa da bu metodoloji ve yazılım, yapı elemanlarının (bina kabuğu ve mekanik sistemler gibi) mevcut durumunun tespit edilmesi ile mevcudun enerji tüketimi ve iç ortam kalitesine etkilerinin araştırılması açasından, bu alandaki çalışmalar arasında önemli bir yere sahiptir (Flourentzou ve diğerleri, 2007; Balaras ve diğerleri, 2000).

International Energy Agency tarafından yayınlanan Integral Building Envelope Assessment Program: Annex 32 (Yapı Kabuğu Değerlendirmesi Programı) yapıların enerji verimliliğini artırmayı ve iç mekan konfor şartlarının düzenlenmesinde tasarım ve değerlendirme sürecinin yönetilebilmesini sağlayan bir metodoloji sunmaktadır. İki ana bölümde yayınlanan bu çalışmanın Subtask A isimli birinci bölümde, yapı kabuğunun optimizasyonu için bir metodoloji önerilmektedir. Subtask B isimli ikinci bölüm ise örnek iyileştirmeler üzerinden bu metodolojinin test edilmesi ve değerlendirilmesi çalışmasını içerir (IEA, 2003). Uluslararası düzeyde, mevcut konutların enerji performansının değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler sunulmaktadır. Bunlar, EuroClass yöntemi(enerji tüketimlerine göre enerji sınıflandırması için bir bilgisayar programı), (Alvarez ve diğerleri, 2005), EPA-ED yöntemi (benzer şekilde enerji değerlendirmesi için geliştirilmiş) (Poel ve diğerleri, 2007), ile istatistiksel yöntemler, EM adı verilen enerji tüketimi tahmin eden bilgisayar programı ve yapay sinir ağ modelleridir (Pedersen, 2007).

### **2.4.3 Ülkemizdeki Yasal Düzenlemeler ve Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri**

Ülkemizde de enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanımına yönelik araştırmalar, kurumsal çalışmalar ve yasal düzenlemeler vardır (Aykal, 2009; Çalıkoğlu, 2004; Kavak, 2005; Moltay, 2010; Turan, 2004; Yaman, 2009).

#### **2.4.3.1 TS 825 Standardı**

Türkiye'deki duruma göz atıldığında, 1999 yılında çıkarılan ve 2000 yılında yürürlüğe giren ve uygulanması zorunlu olan TS 825 standardının amacı, binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmaktır. Standart, bina enerji ihtiyacının

hesaplanması yöntemini ve iklim bölgelerine göre belirlenmiş minimum kriterlere uyulup uyulmadığının belirlenmesini içerir. Standardın kullanımı ile yeni yapılacak binaların uygun malzeme ve sistem seçimi ile standartta belirlenen enerji tüketim aralıklarının içinde kalması sağlanabilir. Ayrıca mevcut bir binaya tadilat yapılmadan önce uygulanacak enerji tasarruf önlemlerinin sağlayacağı tasarruf miktarı belirlenebilir. Standart ısıtılan tüm binaları kapsar ve yeni inşa edilecek binalarda bina kabuğundan olan yıllık ısı kayıplarının yarı yarıya azaltılmasını hedeflenmiştir. Statik basit bir yöntemdir ve binayı tek bir zon, zon sıcaklığını da 19°C olarak alır. Yapı kabuğunun ısı depolama özelliğini, ısıtma sistemini dikkate almaz ve ısı bölgelerine ait meteorolojik verileri kullanır. TS 825, 2008 yılında yapı kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısını düşürecek, dolayısı ile de binanın enerji tüketimini azaltacak şekilde revize edilmiştir (TS 825, 1999).

#### **2.4.3.2 Isı Yalıtım Yönetmeliği**

Bu yönetmelik ile (2008 yılında yayınlanan) binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Belediyeler dahil bütün yerleşim birimlerindeki tüm binalarda uygulanmaktadır. Isıtılmaya gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl ve benzeri binalarda bu yönetmelik uygulanmaz. Bu yönetmelikle binalar, ısı kayıpları bakımından çevre şartlarına ve ihtiyaçlarına uygun olarak yalıtılacaktır. Yönetmelik kapsamında, aylık ortalama dış sıcaklık değerleri meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda yenilenmiş ve bu doğrultuda özellikle soğuk bölgelerde ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıkları artırılmıştır. Binaların hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bölgelere göre verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerini aşamayacaktır (Bayındırlık bakanlığı, 2008). Bu yönetmelik hükümleri uyarınca TS 825 standardında belirtilen hesap metoduna göre yetkili makina mühendisi tarafından hazırlanan “ısı yalıtımı projesi” imara ilişkin mevzuat gereğince yapı ruhsatı verilmesi aşamasında tesisat projesi ile birlikte ilgili idarelerce istenir (Eriş, 2009).

Yönetmeliğe göre Türkiye 4 iklim bölgesine ayrılmış ve bu iklim bölgelerinde tüketilecek maksimum enerji miktarları belirlenmiştir. İnşa edilecek veya mevcut binaların ısıtma enerjisi tüketim miktarının bu değerlerin altında olması istenmektedir. Ayrıca yönetmelikte bina kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısı ile ilgili de sınırlamalar getirilmiş, yapı elemanlarının ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde tasarlanması istenmiştir. Bu yapı elemanlarının ısı yalıtım detay çizimleri mimari projede kesit detayı olarak verilir. Binanın kabuğundaki açıklıkları, yönler göre duvar-pencere oranı gerek ısıtma gerekse aydınlatma için önemli bir parametredir. Döşemenin toprakla teması ve nasıl yalıtım uygulanacağına dikkat edilmelidir. Mimari kriterlerden bir diğeri ise yüzey alanına hacim oranıdır. Yönetmelik binaya ait tasarım kriterleri dışında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve çözüm önerilerini mimara bırakmaktadır.

#### **2.4.3.3 Enerji Verimliliği Yasası ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği**

Enerji Verimliliği Yasası “enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda



enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esasları” belirlemek amacıyla ve Bayındırlık Bakanlığının 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, “dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” amacıyla yayımlanmıştır, 5 Aralık 2009 tarihinde ise yürürlüğe girecektir (Bayındırlık Bakanlığı, 2007; Bayındırlık Bakanlığı, 2008). Kanunda çeşitli amaçlar için kullanılan binalarda; mimari tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki standartların, asgari performans ölçütlerinin, bütünlük bir yaklaşımla binalarda enerji performansının iyileştirilmesini, ülkemize uygun bir enerji performans hesap yönteminin geliştirilmesini kapsayacak şekilde Bina Enerji Performansı Belgesi uygulaması öngörülmüştür (Keskin, 2007).

Yönetmelik; konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tiplerindeki mevcut ve yeni binaları kapsar ve Binaların Enerji Kimlik Belgesi’ndeki “Bina Enerji Sınıfı” ve “Bina Emisyon Sınıfı”nın belirlenmesine ait hesap yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda Bölüm 14, Madde 2’de “*Bu Yönetmelik kapsamında ihtiyaç duyulan enerji performansı hesaplama yöntemleri ile ilgili konulardaki tebliğler, Bakanlık tarafından, Yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren bir yıl içinde çıkarılır*” hükmünü içerir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde, binanın enerji performansı açısından mimari proje tasarımlarında dikkat edilmesi gereken hususlar madde madde açıklanmıştır. İlkinde, imar ve ada/parsel durumu dikkate alınarak ısıtma, soğutma, doğal havalandırma, aydınlatma ihtiyacının asgari seviyede tutulması; doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından azami derecede yararlanılması önerilmektedir. Ancak, söz konusu olgular için somut veya sayısal önerilerde bulunulmamaktadır. Binaların ve iç mekanların yönlendirilmesinde, o iklim bölgesindeki güneş, rüzgar, nem, v.b. meteorolojik veriler dikkate alınarak binalarda istenmeyen ısı kazanç ve kayıpların engellenmesi mimari projelerde amaç olmalıdır. Yönetmelikte “bina içerisinde sürekli kullanılacak yaşam alanları, güneş ısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan optimum derecede faydalanacak şekilde yerleştirilmelidir” denilmektedir. Söz konusu optimum derecenin sayısal ifadesi için ve optimum konumların tespit edilmesi için öneriler vardır ancak detaylı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **2.4.3.4 Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP HY)**

BEP Yönetmeliği kapsamında konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tiplerindeki mevcut ve yeni binaları kapsayacak bir yöntem geliştirme (BEP-HY) ve ilgili bilgisayar programının oluşturulması (BEP-TR) çalışmaları başlatılmış ve halen

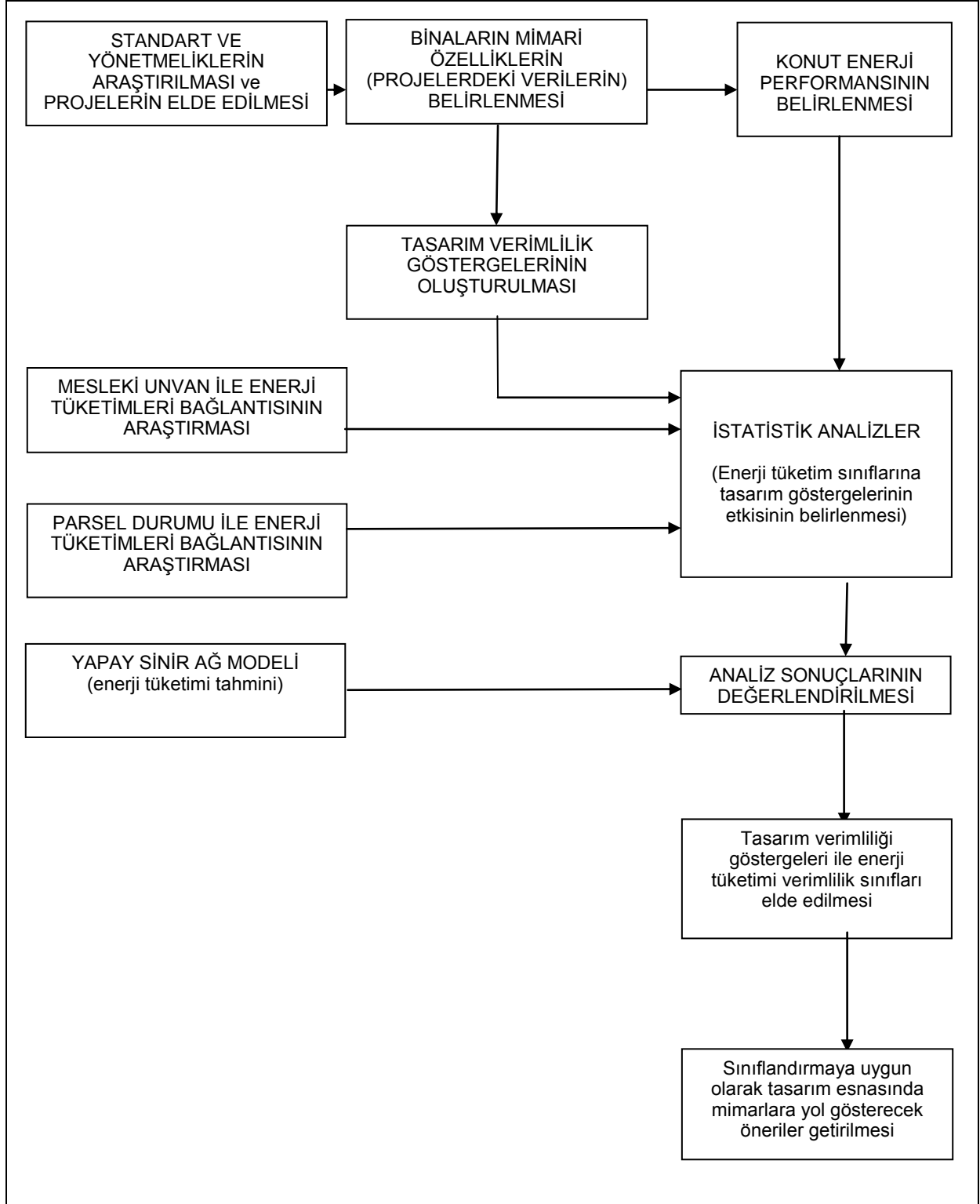
devam etmektedir. Bu hesaplama yöntemi, proje aşamasındaki binalar için çeşitli tasarım alternatiflerinin, enerji performanslarının karşılaştırılmasında, mevcut ve yeni yapılacak binaların enerji performansının standartlaştırılmış seviyesinin gösterilmesinde ve mevcut binalarda enerji ihtiyacının yolu ile enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanması ve uygulanmaması durumlarının değerlendirilmesinde de faydalı olacaktır. Ayrıca bu yöntem, bina enerji performansını değerlendirirken binaların ısıtılması ve soğutulması için gereken net enerji miktarının hesaplanmasını, net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları, sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma ve havalandırma enerji tüketiminin belirlenmesini, binalarda gün ışığı etkilerini ve sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

Bu hesaplama yöntemi, ilgili AB standartları ile gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmaktadır. Yöntemi basit saatlik dinamik bir yöntemdir. Basit saatlik dinamik yöntem, binanın ısıtma-soğutma için gereken net enerji ihtiyacını ve bu ihtiyacın karşılanacağı sistemlerin tüketimini saatlik olarak hesaplar. Hesaplama sonucunda binanın yıllık ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma, havalandırma tüketimleri birincil enerji olarak belirlenir. Bu tüketim değerlerine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı da hesaba katılmaktadır. Binanın hesaplanan enerji tüketim miktarı ve CO<sub>2</sub> emisyonu referans binanın değerleri ile karşılaştırılır. Referans binanın özelliklerini belirlerken bölgenin konumu ve iklim verileri, binanın geometrisi, bina kabuğu, mevcut mekanik sistemler, aydınlatma sistemi, sıcak su sistemleri, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemleri dikkate alınır ve mevcut bina ile referans bina kıyaslanarak binanın enerji sınıfı belirlenir ve enerji kimlik belgesi oluşturulur (Hastekin ve diğerleri, 2010).

“Ülkemiz iklim değişikliğini önlemek ve değişikliği tetikleyen unsurları azaltmak konusunda etkili ve bütünsel politikalar oluşturmalı , ‘enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak yoluyla enerji tüketimini azaltmak’ için kapsamlı ve koordineli önlemler alınmalıdır. Ülkemizin mevcut ekonomik problemleri, enerji ihtiyacı ve çevre sorunları göz önünde alındığında, mevcut yapıların enerji-verimli durumunun tespit edilmesi konusunda araştırmalar yapılmasının bir gereklilik olduğu açıktır”. Türkiye’de üretilen yapıların büyük çoğunluğunu çok katlı konut yapıları oluşturmaktadır. Bir diğer neden ise Türkiye’nin yapı üretim sürecini ve karakterini belirleyen en önemli etkenlerden biri apartman (çok katlı konut) yapıları üretimidir (Düzgüneş, 1982, Balamir, 1982). Enerji verimliliği kavramı da, kaliteli konut üretiminde kritik bir konu olduğu için ve sadece binanın tüketim maliyetinin göstergesi değil aynı zamanda kullanıcıların ısı ve görsel konforunun da belirleyicisi olmaktadır.

**Bahsedilen tüm konular ışığında, Türkiye’de proje konusunda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği’ne göre mevcut binalar 10 içinde enerji sertifikası almak zorundadır.. Bu nedenle, bu proje çalışmasında mevcut çok katlı konutların tasarım verimlilik değerleri ile enerji performansları arasında ilişki araştırılmıştır. Mevcut konutların enerji performansları değerlendirilmiş ve tasarım verimliliklerine göre sınıflandırılmıştır. Konunun çok yönlü incelenmesi için geliştirilecek araştırma yöntemi de benzer bilimsel çalışmalara yol gösterecek nitelikte olmaktadır.**

### 3 GEREÇ VE YÖNTEM



Şekil 4. Araştırma Yönteminin Akış Şeması

### 3. 1 İzmir’de İncelenen Konut Binaları

İzmir, Türkiye’nin batı bölgesinde 38° 30' kuzey enlemi ile 27° 1' doğu boylamında yer alan ve Ege Denizi’ne kıyısı olan bir ilimizdir. Bölgesel iklim tipi nemli yarı-tropik olarak tanımlanır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, İzmir’in ortalama sıcaklık değerlerinin 8.9-28.1 °C aralığında değiştiği, 1975 ile 2000 yılları arasında en yüksek sıcaklık değerinin 43.0°C, en düşük değerin ise 22.4 °C olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5 ‘te ortalama sıcaklık, ortalama en yüksek sıcaklık, ortalama en düşük sıcaklık, ortalama güneşlenme süresi, ortalama yağışlı günler sayısı ve yağış miktarı verilmektedir (Şekil 5).

İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler												
İZMİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.9	9.4	11.8	16.0	20.9	25.7	28.1	27.6	23.6	18.9	13.8	10.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.6	13.4	16.5	21.0	26.1	31.0	33.3	32.8	29.1	24.0	18.3	13.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.0	6.2	8.0	11.6	15.7	20.2	22.8	22.7	18.8	14.8	10.5	7.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.4	5.0	6.5	7.5	9.9	11.7	12.2	11.7	10.0	7.4	5.4	4.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.8	10.5	8.8	8.1	5.0	2.3	1.8	1.4	3.4	5.9	8.7	12.0
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m <sup>2</sup> )	114.8	104.7	79.3	46.3	25.7	9.8	6.0	3.9	22.1	52.5	105.8	130.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	23.8	30.5	32.2	37.5	41.3	42.6	43.0	40.1	36.0	29.0	25.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.0	-5.0	-3.1	0.6	7.0	10.0	16.1	15.6	10.0	5.3	0.0	-2.7

Şekil 5 İzmir iline ait meteorolojik veriler(Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

İzmir’de 1960’lı yıllardan günümüze kadar geçen süre boyunca inşa edilmiş olan yapı stoğu incelendiğinde mimari arayışlar ve konut tipolojileri bağlamında ilginç bulgulara ulaşılmaktadır. (Güner, 2006) Örneğin, İzmir’de çimento ve inşaat demiri gibi gelişmiş yapı malzemelerinin ancak 1960’lı yılların sonunda sıkıntı çekilmeden bulunabildiğini görmekteyiz. Ancak bu tarihlerden sonra yapı sektörünün sunduğu imkânların arttığını; Kat Mülkiyeti Yasa’sının bina yapımına etkisi olduğunu; yapı üreticisi olarak mimarların yanı sıra ustalar, kalfalar ve sonrasında da müteahhitlerin olduğunu; buna rağmen ekonomik sıkıntıların da zaman zaman sektörü etkilediğini okumaktayız. “1960’lardan itibaren İzmir hızla büyüyerek, metropoliten kent niteliğine bürünür” olduğu görülmektedir. 1970’li yıllarda ise İzmir Nazım Planı’nın hazırlanması ve Karabağlar-Cumaovası (Menderes) aksında kentinin güney bölgesinin büyümesini görülmektedir. 1980’li yıllarda ise kentin her yönünde büyümeye rastlanmaktadır.

“1960’lardan itibaren kentin kontrolsüz büyümesine neden olan barınma sorununa çözüm bulmak amacıyla 1980’lerde devletin bir aktör olarak yapı üretim sürecine girişi, yalnızca mimarların piyasa içindeki konumlarını dönüştürmekle kalmamış, inşaat sektöründe ve hatta kentin morfolojisinde de büyük yapısal dönüşümlerin yaşanmasına neden olmuştur”.(Güner, 2006)

“1980’lerin başında İzmir, körfez boyunca kıyılarda yoğunlaşan konut yerleşim kuşağını dışarıdan saran enformel bir yapılaşma örüntüsü ile, gecekondu ve kaçak yapılar ile kuşatılmış durumdaydı”. (Güner, 2006)

Bu yıllarda, düzenli toplu konut alanları oluşturulması amaçlanmış, yapı denetim mekanizmaları olması, devletinde yapı üretim sürecinde etkin rol almaya başlaması, yurtdışından yapı malzemeleri ithal edilmesi ve yapı malzeme çeşitliliğinin artması 1980’li yıllarda baskın olarak yapı sektörünü etkileyen faktörlerdir.

“1990’lı yıllar, uzun dönem konut üretiminden uzaklaşan mimarların bu patlayan müstakil konut taleplerine ve iç mimarlık etkinliğine cevap verme çabaları ile belirginleşti”. (Güner, 2006)

“1999 Düzce depremi ardından inşaat sektöründe yapılan bir dizi yapılanma ve sigortacılık düzenlemelerinin ardından çıkan Yapı Denetimi Hakkında Kanun,13 bir dönem yapı üretimi miktarında m<sup>2</sup> bazında düşüşler yaşanmasına neden olmuşsa da asıl sorunlar, yasada yapılamayacağı belirtilmesine rağmen bazı Yapı Denetim şirketlerinin proje ilişkilerinde yer almalarında, mimarların yapı ile ilişkilerinin kopmasında ve bürokratik işlemlerin uzamasında yaşanmıştır”. (Güner, 2006)

“2001 ekonomik krizini takiben, 2002’den itibaren IMF ile yapılan stand-by sözleşmeleri ve hükümetin bankacılık sektöründe yaptığı düzenlemeler ve sermaye piyasasında benimsediği sıkı para politikası sonucunda faiz oranlarının düşmesi, gayrimenkule olan yatırımları arttırmış, kentsel rantın büyük ölçüde yükselmesine neden olmuştur”. (Güner, 2006)

### **3.1.1 Binaların belirlenmesi ve özellikleri**

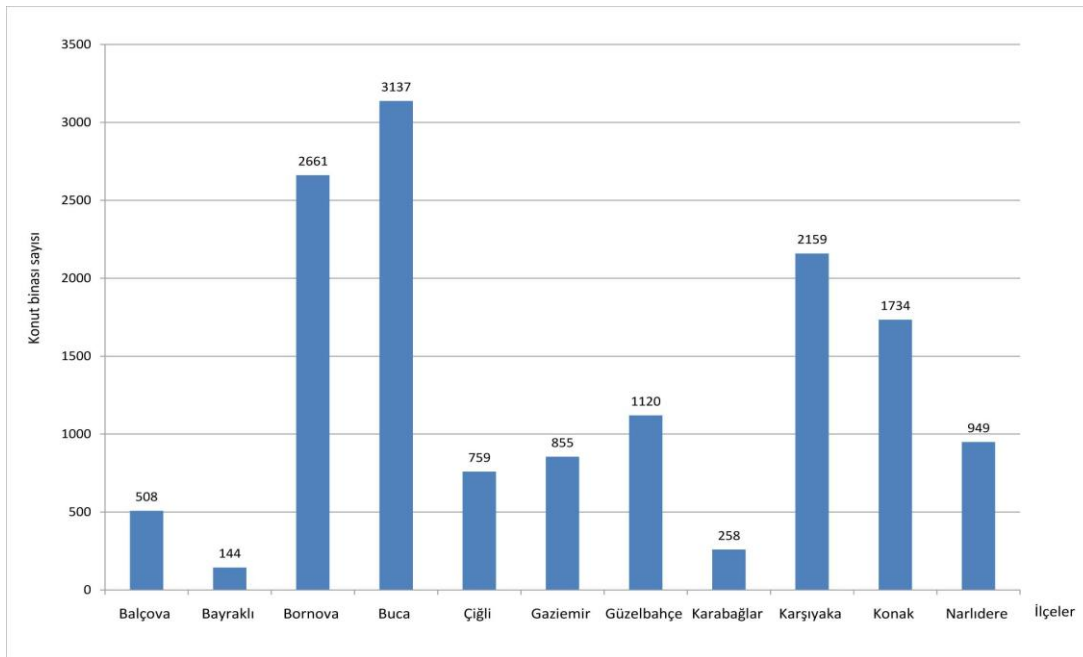
Konut yer ve sayılarının belirlenmesi için öncelikle Türkiye İstatistik Kurumu Bina İnşaatı İstatistikleri (2000) incelenmiş, İzmir’de ve ilçe belediyelerinde yapımı tamamlanan ve projeleri onaylanmış konut sayıları, konutlara ait ısıtma sistemleri, yakıt cinsi, binanın taşıyıcı sistemi ve kullanılan yapı malzemesi, binanın oturduğu taban alanı ile ilgili bilgiler derlenmiştir. İlçe bazında verilere ulaşılamamıştır.

Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığından, 2000-2008 yıllarında Konak, Karabağlar, Bornova, Buca, Karşıyaka, Çiğli, Balçova, Gazimir, Narlıdere, Güzelbahçe, Bayraklı ilçelerinde yapımı tamamlanan

konutlar (kooperatif, ev ve apartman) için yıl bazında (her yıl için ayrı ayrı) aşağıdaki bilgiler temin edilmiştir.

- 1.Yapımı tamamlanmış konut binası sayıları
- 2.Yapımı tamamlanmış konut binalarının taban alanı
- 3.Kat adedine göre yapımı tamamlanmış konut sayıları
- 4.Daire adedine göre yapımı tamamlanmış konut sayıları
- 5.Isıtma sistemleri ve yakıt cinsine göre yapımı tamamlanmış konut sayıları
- 6.Yapım malzemesi ve tekniğine göre yapımı tamamlanmış konut sayıları

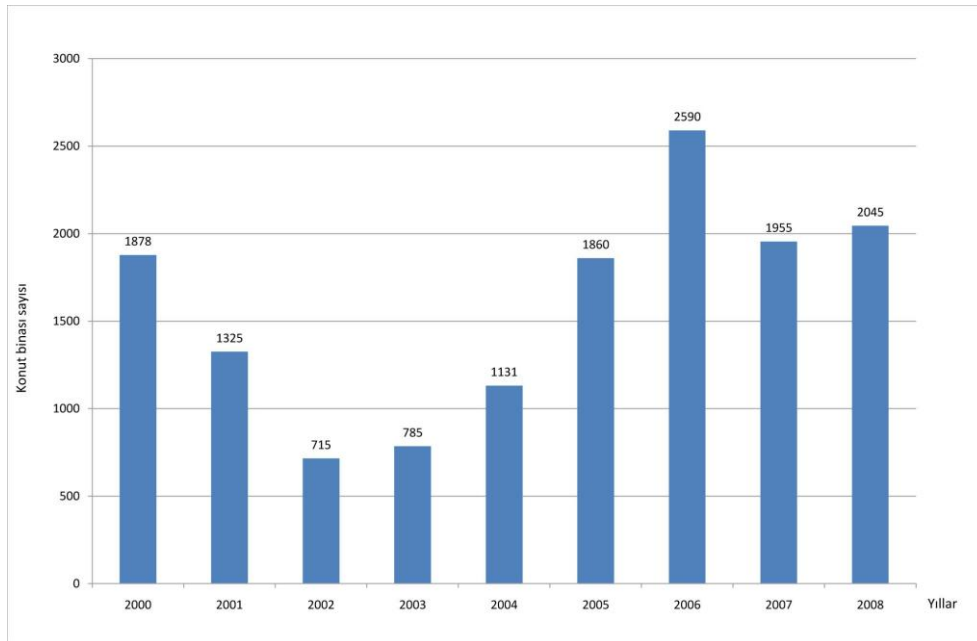
Şekil 6' da İzmir'deki merkez ilçelerde 2000-2008 yılları arasında inşa edilen toplam konut binası sayıları verilmiştir. Buna göre merkez ilçelerde toplam 14.248 konut binası inşaatı tamamlanmıştır. En fazla konut Buca ilçesinde (3137 adet) yapılmıştır. Buca'yı 2661 konut ile Bornova, 2159 konut ile Karşıyaka takip etmektedir. Buca'da görülen konut yapım sayısındaki hızlı artış, ilçenin imar planında toplu konut alanlarının açılması ve ilçe sınırlarında bulunan üniversite kampüsü ile ilçenin nüfus artışına bağlanabilir. Bornova'da da benzer durum geçerlidir. İzmir 3 boyutlu Kent Rehberi (2010) ve belediyelerle yapılan görüşmelerden edinilen bilgiye göre eski bir yerleşim birimi olan Konak'ta konut dışında işyeri yoğunluğu oldukça fazladır ve Konak'ta özellikle son yıllarda yapılan konut sayısı bu üç ilçeye göre daha azdır. Narlıdere ve Balçova, çok katlı konutlar ile müstakil olanların yerleşiminin bir arada olduğu semtlerdir. Ayrıca imar planında çevre düzenlemesi yer almakta ve bitişik nizam yerine binalara ait bahçeler düzenlenmektedir. Bahsedilen özellikler nedeniyle, diğer dört ilçeden (Buca, Bornova, Karşıyaka, Konak) farklılaşmaktadır. Karabağlar ve Bayraklı belediyeleri ise 2008 yılından itibaren faaliyete geçmişlerdir. Bu tarihten önce Konak belediyesi ilçe sınırlarına dahil olan alanın bir kısmı Karabağlar belediyesinin sınırları içine alınmıştır. Bu nedenle, yapımı tamamlanan konut sayıları diğerlerine göre çok düşük kalmıştır.



Şekil 6 İlçe belediyelere göre 2000-2008 yılları arası yapılan konut binaları sayısı.

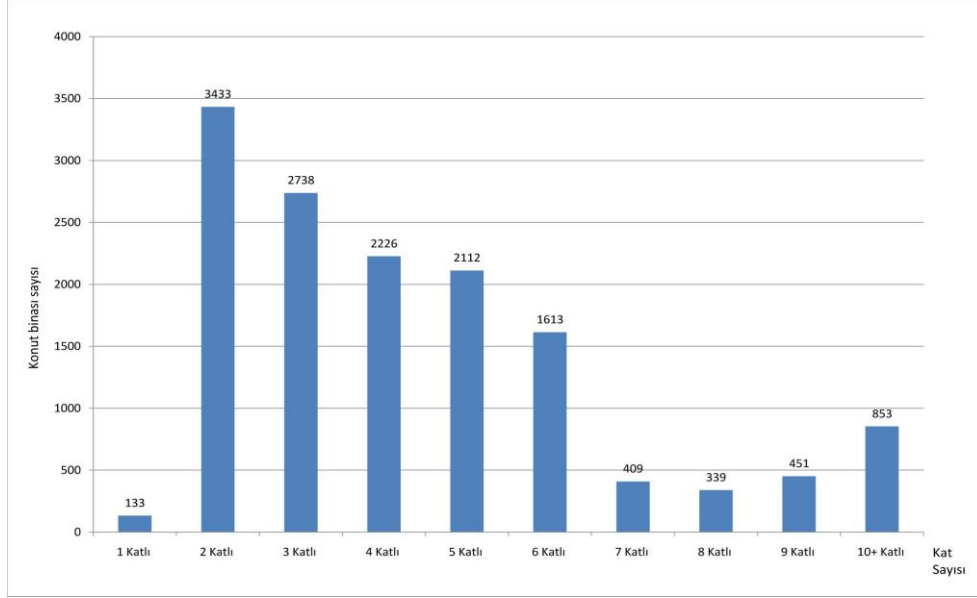
Şekil 7’ de, İzmir merkez ilçelerinde 2000-2008 yılları arasında inşa edilen konutların yıllara göre dağılımı verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi konut yapımı 2002 yılından başlayarak artış göstermekte, 2006 yılında en yüksek sayıya ulaşmaktadır. 2007 yılında % 24'lük bir azalma olmuş, 2008 yılında yine artış trendine geçmiştir. 2002 yılında konut inşaat maliyetlerinin TL bazında %28 oranında artması en düşük konut yapımının 2002 yılında görülmesine neden olmuştur. 2004 yılında konut inşaat maliyeti artış oranı %14 iken 2005 yılında %12,5' a düşmüş ve buna bağlı olarak bina yapım hızı artmıştır (TOKİ, 2006). 2007 yılında konut yapım sayısının azalması aynı yıl artan inşaat metrekare maliyetleri ile açıklanabilir. Yılın ilk dokuz ayında Türkiye genelinde, belediyelerce yapı ruhsatı verilen bina sayısında % 11.4, daire sayısında da % 4.3 düşüş yaşanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'na göre, Türkiye genelinde “Yapı ruhsatları kapsamında 2006 yılının ilk 9 ayında 73.596 olan "konut" tipi bina sayısı, bu yılın aynı döneminde yüzde 12,1 düşüşle 64.661'ye gerilemiştir” (Dünya Gazetesi, 2007). 2007 yılı dünyada da inşaat sektörünün büyümesinin hız kestiği, ve Kuzey Amerika'da emlak piyasasında “sub-prime mortgage” krizinin ve de buna bağlı olarak küresel ekonomik krizin başladığı bir dönem olmuştur (Sektörel Dernekler Federasyonu, 2009). İzmir'de 2007 yılında konut yapım sayısı da bahsedilen gelişmelerden etkilenmiştir.

Bina yapımı ile ilgili yasal gelişmelere bakıldığında, 2000 yılında “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”, 2001 yılında “Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği”, 2008 yılında ise “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” yayınlanmıştır.



Şekil 7 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında yıl bazında toplam bina sayıları.

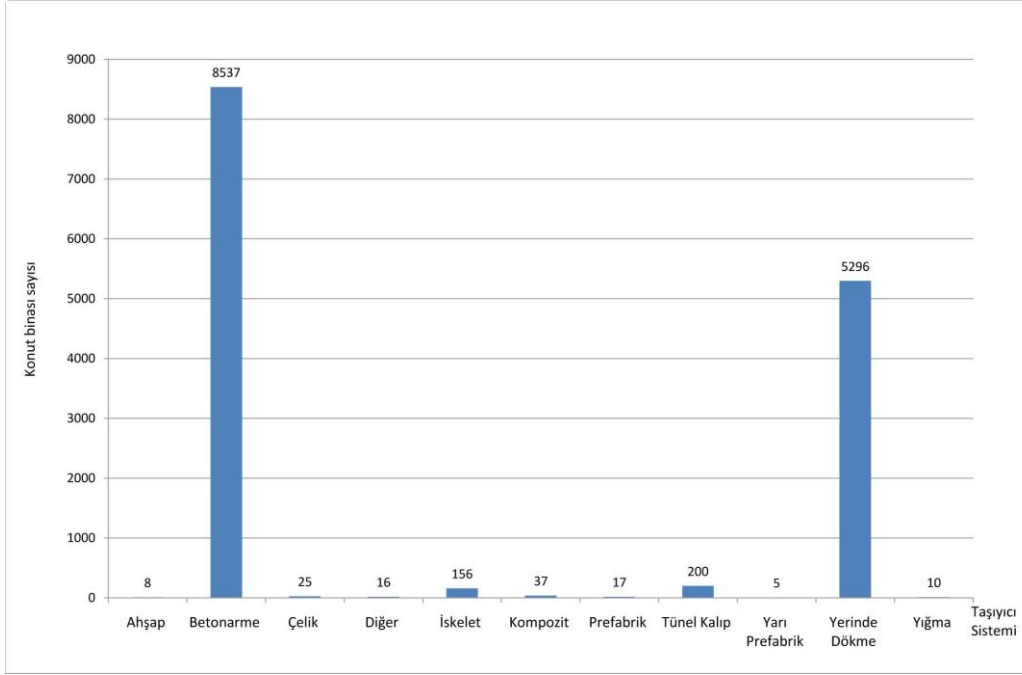
İzmir’de 2000-2008 yılları arasında inşa edilen konut binalarının kat adetlerine göre dağılımı Şekil 8’de verilmiştir. Şekilde, 5 kat ve üzeri yapıların sayısının, yapımı tamamlanan toplam konut binası sayısının %40’ını oluşturduğu görülmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü’nün (TÜİK) 2003 yılı verilerine göre Türkiye genelinde “1990 yılında toplam yapı sayısının yaklaşık %32’sini apartmanlar (çok katlı konut) oluşturmakta iken 2003 yılında bu oran %40’a kadar çıkmıştır” (DİE, 2003). İzmir’deki durum da benzerlik göstermiştir. Nüfus artışı ve arazi maliyetlerinin yükselmesi, buna bağlı olarak toplu konut talebinin karşılanması gerekliliği, çok katlı konut yapımında artışa neden olduğu düşünülmektedir.



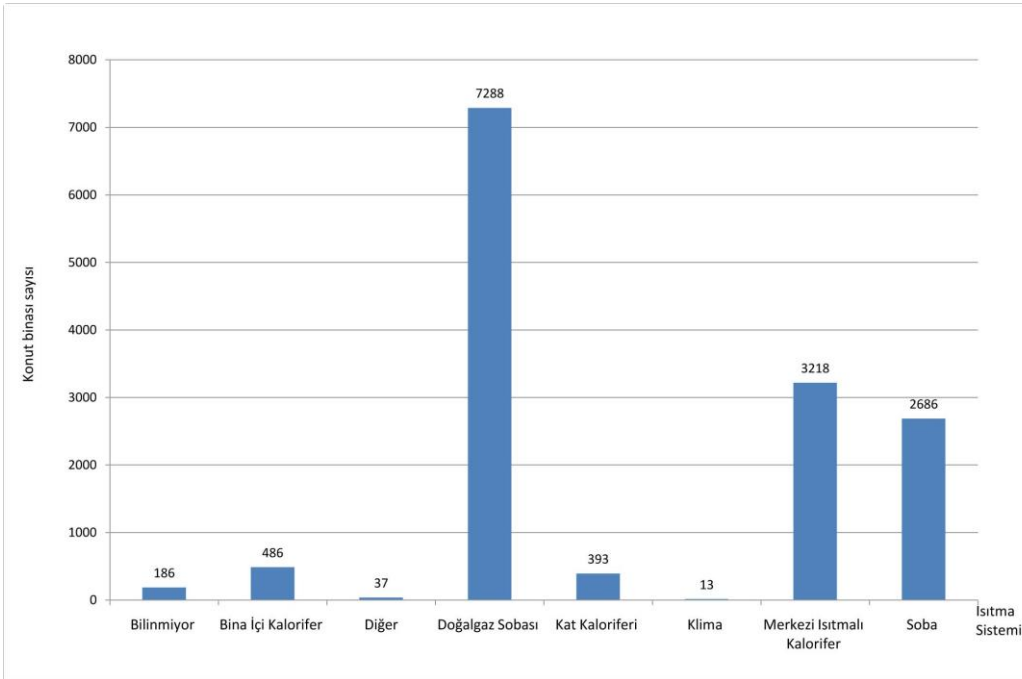
Şekil 8 İzmir’de 2000-2008 yılları arasında kat adedine göre bina sayıları.

Şekil 9’de taşıyıcı sisteme göre bina sayıları verilmiştir. Toplam konut binalarının %60’ı betonarme iskelet sistemine sahiptir. Konutların ısıtma sistemlerine göre dağılımı ise Şekil 10’ da verilmiştir. Ülkemizde kişisel ısıtma sistemleri (soba, kat kaloriferi, klima) çoğunlukla tercih edilmektedir. İzmir’de de toplam binaların % 77’si kişisel ısıtma sistemleri, %23’ü de merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. İzmir Akdeniz iklimine sahip olduğu için kış mevsimi uzun değildir, ısıtma ihtiyacı soğutma ihtiyacına göre daha azdır. Bu nedenle, merkezi ısıtma sistemleri tercih edilmemektedir. 2005 yılında İzmir’e doğalgazın gelmesiyle merkezi ısıtma sistemleri kullanımda artış olabileceği düşünülmüştür. Ancak istatistiklerden elde edilen bulgulara göre 2000-2004 yılları arası merkezi ısıtma sistemi kullanımı yaklaşık %53,7 iken 2005-2008 yılları arasında bu oran %1’e düşmüştür. Özellikle kişisel ısıtma cihazlarından doğalgazlı kombi üretimi ve kullanımının yaygınlaşması bu durumun nedeni olarak görülmektedir.





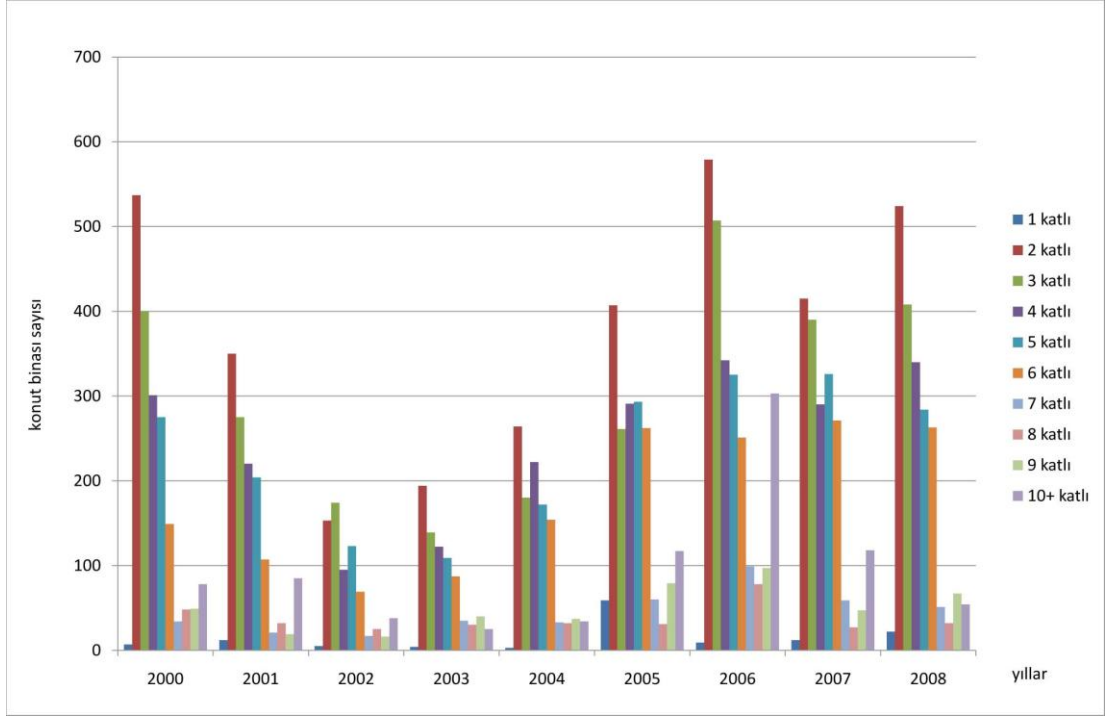
Şekil 9 Taşıyıcı sisteme göre bina sayıları.



Şekil 10 Isıtma sistemine göre bina sayıları.

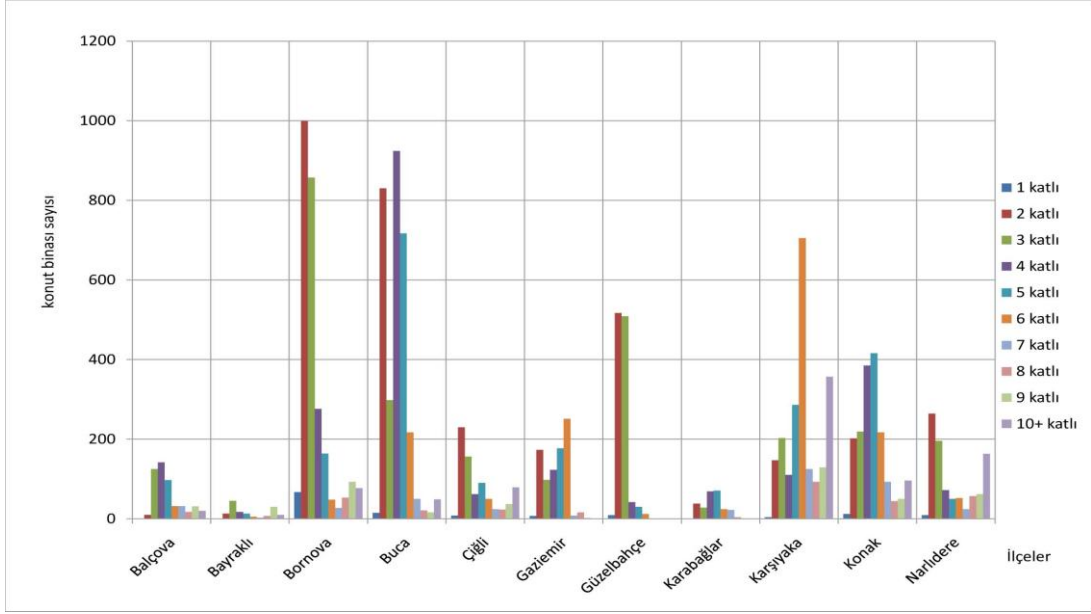
İlçe belediyelerde yıl bazında ve kat adedine göre yapımı tamamlanmış konut binası sayıları Şekil 11'de verilmiştir. Şekilde, 5 ve üzeri konut binası sayılarının toplam konut binası sayısına oranının %40'ın üzerinde olduğu görülür. Bu oran 2000 yılında %52, 2001 yılında %55, 2002 ve 2003 yıllarında %63, 2004 yılında %66, 2005 yılında %75, 2006 yılında %76, 2007 yılında %70, 2008 yılında ise %60

olmuştur. Bu da İzmir ilçelerinde 2000 yılından 2006 yılına kadar çok katlı konut yapımının hızla arttığını, 2006 yılından sonra artış hızının bir miktar düştüğünü göstermektedir. Konut yapımının artması nedenleri arasında nüfus artışı, imar planlarındaki düzenlemeler ile arazilerin bina inşaatları için ayrılması ve toplu konut talebinin artması gösterilebilir. 2006'dan sonra görülen konut yapım hızındaki düşüşün nedeni 2007 yılında inşaat metrekare maliyetlerinin artması olarak gösterilebilir.



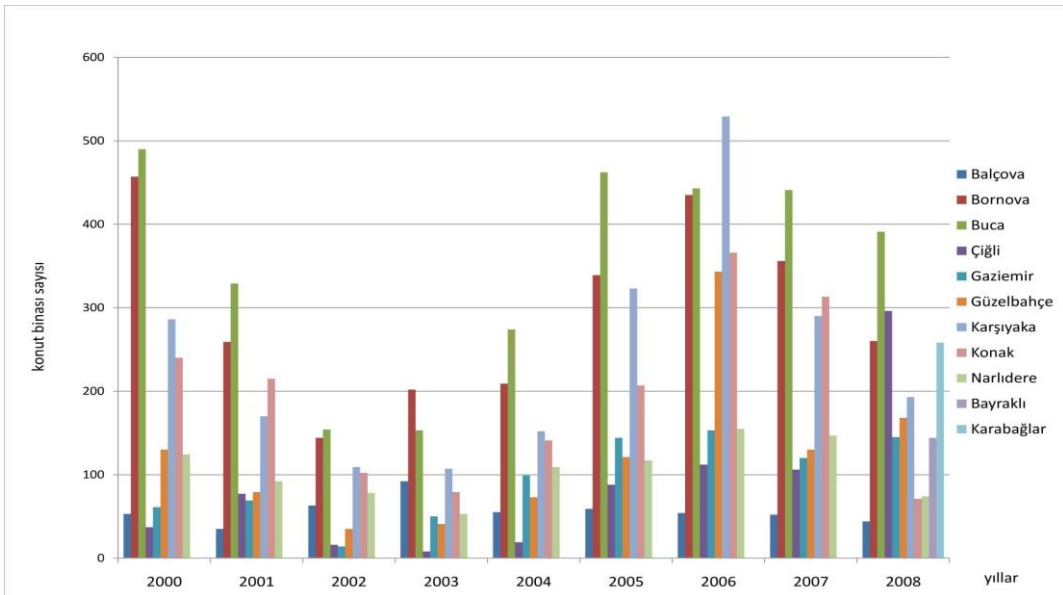
Şekil 11 İzmir'de 2000-2008 yılları arasında yıl bazında yapımı tamamlanan konut binası sayıları.

Şekil 12' de, kat adedine göre ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayıları görülmektedir. 5 kat ve üzeri konut (çok katlı konut) binası sayısının toplam konut binası sayısına oranı sırasıyla Karşıyaka'da %78, Gaziemir'de %53, Konak'ta %52, Karabağlar'da %48, Bayraklı'da %47, Balçova'da %45'tir. Diğer ilçelerde bu oran %45'in altındadır. Özellikle, Karşıyaka ve Gaziemir ilçelerinde konut yapımına uygun yeni arazilerin imara açılması ve toplu konut inşaatlarının artması, Konak ilçesinin şehir merkezinde yer alması ve nüfus yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle çok katlı konut binası yapımı diğer ilçelere göre daha fazla olmaktadır.



Şekil 12 İzmir’de 2000-2008 yılları arasında kat adedine göre ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayısı.

Şekil 13’te, ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayılarının dağılımı görülmektedir. Buna göre 2000-2003 yılları arasında Buca’da konut binası yapımı en yüksek seviyeye ulaşmış, 2004-2008 yılları arasında ise en çok Karşıyaka ilçesinde konut binası (2006 yılında) yapılmıştır. Konak ilçesi ise konut yapımı açısından Buca ve Karşıyaka’yı izlemektedir. 2008’de ise merkez ilçe belediyelerinin sayısı artınca (Bayraklı ve Karabağlar belediyelerinin kurulmasıyla) konut yapım oranları da değişmiştir. Buca’da 2008 yılında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayısı diğer ilçelere göre en yüksek değerdedir. Buca’yı Çiğli, Bornova, Karabağlar izlemektedir.



Şekil 13 İzmir’de 2000-2008 yılları arasında yıllara göre ilçe bazında yapımı tamamlanan ve konut olarak kullanılan bina sayısı.

İzmir ili merkez ilçelerinde konut bina sayıları ve kat yüksekliklerine ait çalışma sonucunda çok katlı konut binası yapım oranlarının yüksek olduğu Konak ve Karabağlar ilçeleri, ile diğer ilçelerden farklı bir imar düzeni olan ve yeni yerleşim alanlarını imara açan Balçova ilçesi projede kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu ilçelerden, istatistiksel çalışmaya yetecek sayıda ve özellikte olması koşullarına dikkat edilerek, toplam 148 adet konut binası incelenmek üzere belirlenmiştir. İncelenecek konut binaları seçim kriterleri;

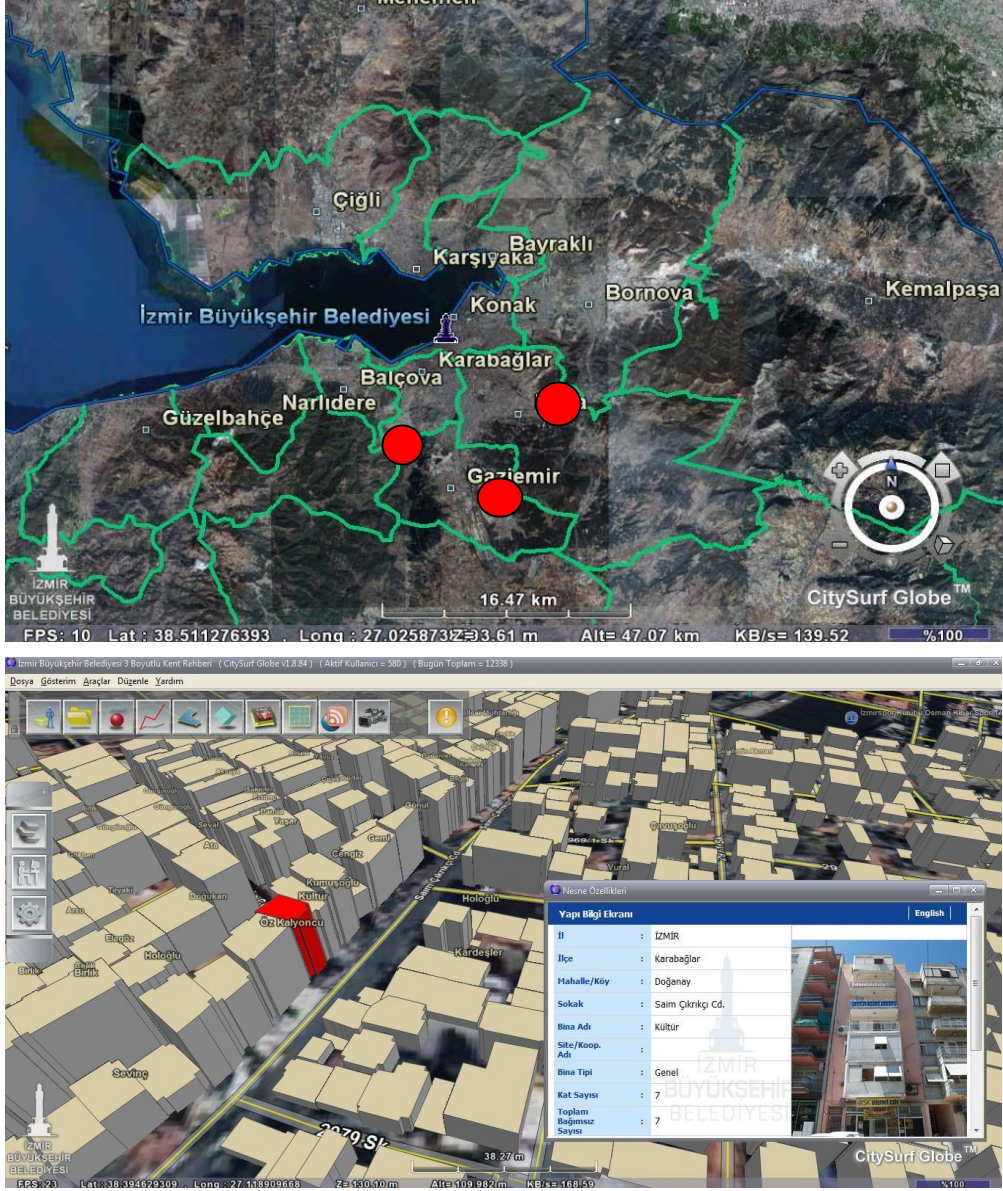
- imar düzeni (bitişik nizam, ayırık nizam)
- yönlendirme (kuzey, güney, doğu, batı)
- kat adedi (5-13 katlı arası)
- proje müellifi (mimar, y.mimar, y. mühendis mimar)
- ısıtma sistemi tipi (kişisel-soba-, merkezi)
- yapım yılı (TS 825 (2000) öncesi ve sonrası) olarak belirlenmiştir.

### 3.1.2 Verilerin elde edilmesi

Konak, Karabağlar ve Balçova Belediyeleri İmar ve Şehircilik Müdürlüklerinden alınan izinler doğrultusunda arşivlerinden faydalanılmış ve, mimari ve tesisat uygulama projeleri ile yapı ruhsatları incelenmeye başlanmıştır. Veriler Konak, Karabağlar ve Balçova Belediyelerinden elde edilen mimari ve tesisat projelerinden faydalanılarak belirlenmiştir.

Projelere arşivlerden ulaşmak için ada, parsel ve adres bilgilerine gerek olmuştur. Bu nedenle, İzmir Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü tarafından yeni anakent sınırları içerisindeki 21 ilçe için hazırlanan ve sürekli güncellenen "İzmir 3 Boyutlu Kent Rehberi" (2010) programı incelenerek İzmir'deki birçok binanın adres (cadde, sokak ve apartman no) bilgisi ve 3 boyutlu modellerine ulaşılmıştır. Şekil 14 'te Konak, Karabağlar ve Balçova ilçeleri ile 3 boyutlu bir apartmanın adres bilgilerini gösteren örnek görüntüler verilmektedir.

Adres bilgileri ile Belediye arşivlerinden ada, parsel numaraları bulunarak dosyalar incelenmiştir. Konak ve Balçova için 50'şer, Karabağlar için 48 adet yapı ruhsatı almış, yapımı tamamlanmış çok katlı konut binalarının mimari, ısıtma tesisatı ile ısı hesap raporları, elektrik projeleri ve yapı ruhsatına ulaşılmıştır. Projeleri incelenen binalarda 790'ı Karabağlar'da, 674'ü Konak' ta, 672'si Balçova'da olmak üzere toplam 2136 adet konut (daire) bulunmaktadır.



Şekil 14 İzmir 3 boyutlu Kent Rehberi örnek görüntüleri.

Konut binalarının projelerinden derlenen mimari özelliklere ait veriler;

1. **adres** (il, ilçe, mahalle, ada, parsel), yapının ilçe sınırları içerisinde konumunu ve imar durumunu belirler.
2. **yapım yılı**, yapının uygulandığı yılın yönetmeliklerine uygunluğunun belirlenmesi açısından etkilidir. Örneğin, TS 825 ısı yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği tarihten önce uygulanmış yapılar ile sonrasındaki yapılar arasındaki ayrımı belirler.

3. **yapıdaki konut birimi (daire) sayısı**, yapıda bulunan nitelik ve nicelik olarak bağımsız bir konut olarak kullanılmaya uygun, yapı arsasından belli bir pay alan birimler(daireler)dir.
4. **yapıdaki işyeri birimi sayısı**, yapıda bulunan nitelik ve nicelik olarak bağımsız bir işyeri olarak kullanılmaya uygun, yapı arsasından belli bir pay alan birimler(işyeri--daireler)dir.
5. **kat adedi**, yapıda bulunan kat sayısıdır.
6. **yapının imar düzeni**, yapının komşu parsellerdeki yapılarda ilişkisini belirleyen durumdur.
7. **yapının yönlendirilmesi**, bağımsız konut birimlerinin doğal iklim koşullarından faydalanması için konumlandırıldığı yöndür.
8. **proje yapımıcısının mesleki ünvanı**, yapıya ilişkin uygulama projesinde imza yetkisine sahip kişinin mesleki kuruluşunca tanınan ünvanıdır.
9. **yapının eni, boyu ve taban alanı**, yapı kütlesinin yatay izdüşüm alanıdır.
10. **konut birimleri toplam iç faydalı alanı**, konut birimlerinin projede belirlenen dışa kapalı kullanılabilir döşeme alanları toplamıdır. Dış duvarların içten içe ölçüleri esas alınır.
11. **yapıdaki ortak yerler toplam alanı**, bağımsız birimler dışında kalan(giriş holü, sığınak, merdiven gibi) ortak kullanılan ve işlevsel olan faydalı alanlardır.
12. **yapı toplam iç alanı**, tüm bağımsız birimler ile ortak yerlerin faydalı alanları toplamıdır.
13. **konut birimleri toplam iç faydalı hacmi**, konut birimlerinin projede belirlenen dışa kapalı kullanılabilir mekanların hacimlerinin toplamıdır. Döşemeden tavana olan iç yükseklik ölçüsü esastır.
14. **yapıdaki konut birimleri başına düşen ortalama faydalı alan**, yapıdaki konut birimleri toplam faydalı alanının konut birimi sayısına oranıdır
15. **yapı toplam dış yüzey alanı**, yapının iç hacmini çevreleyen, dış hava ile temasta olan yüzeylerin toplam alanıdır.
16. **yapı toplam duvar alanı**, yapıdaki her bir kat düzlemindeki duvarların yatay izdüşüm alanlarının toplamıdır.
17. **yapı pencere alanı**, bağımsız birimlerin günışığından faydalanabilmesi için gerekli boşluklu düşey yapı yüzeyleri toplamıdır.

18. **konut birimleri dış yüzey geçirgenlik katsayıları**, konut birimlerinin dış hava ile temasta olan yüzeylerin ilgili mühendislik kuralları ve standartları doğrultusunda hesaplanan ısı geçirgenlik katsayısıdır.

19. **yapı toplam ısıtma yükü**, ilgili mühendislik dalı kurallarına göre yapı için hesaplanan toplam ısıtma yüküdür.

20. **yapı toplam aydınlatma elektrik yükü**, ilgili mühendislik dalı kurallarına göre yapının iç hacimlerinin aydınlatılması için hesaplanan toplam aydınlatma elektrik yüküdür.

Projelerden elde edilen konut birimlerinin mimari özelliklerine ait veriler;

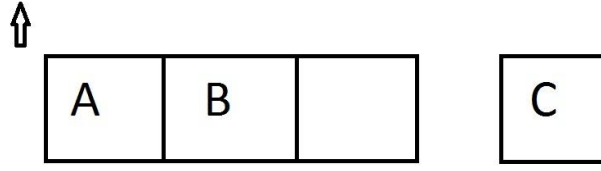
1. kat yüksekliği,
2. iç faydalı hacmi,
3. toplam duvar ve pencere alanı,
4. faydalı alanlar toplamı (yaşam alanı, dolaşım alanı, yatak odaları, ıslak mekanlar, mutfak, kömürlük).

Tablo 3' te mimari özellikleri kaydedilen konut binası sayıları görülmektedir.

Tablo 3 Mimari özellikleri kaydedilen konut binası sayıları.

İlçeler	İmar Düzeni			Kat adedi						Proje Müellifi			Yıllara Göre					Isıtma Sistemi	
	B.N Köşe	B.N. Ara	Ayrık	5	6	7	8	9	10+	Mimar	Yük. Mimar	Yük. Müh	60-69	70-79	80-89	90-99	00-..	M. Isıtma	Diğer
Konak	24	22	4	7	13	6	8	3	13	35	9	6	7	25	7	11	0	18	32
Karabağlar	29	19	0	4	2	1	2	21	18	35	2	11	3	10	19	11	5	23	25
Balçova	29	4	17	10	11	11	8	4	6	50	0	0	0	1	16	12	21	16	34

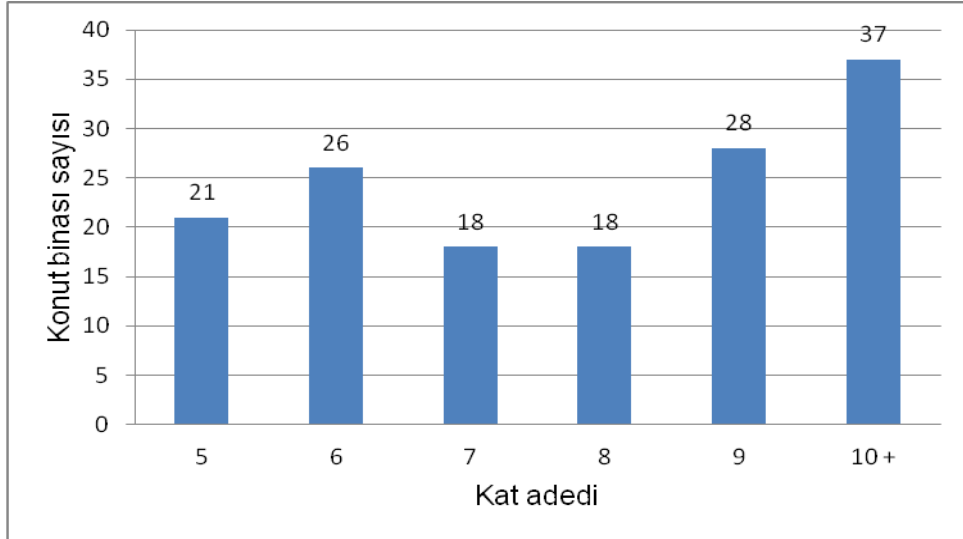
Projeler imar düzenine göre bitişik nizam köşe, bitişik nizam ara ve bitişik nizam ayrık olarak 3 grupta incelenmiştir. Yapının imar düzeni ile yönlendirilmesi birlikte düşünülmüş ve bu durum Şekil 15'teki krokide verilen örnek ile ifade edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi A binası bitişik nizam köşede yer almaktadır ve üç cephesi açık olarak konumlanmıştır. Buna göre, A binasının imar düzeni, Bitişik Nizam/Köşe ve yönlendirilmesi Kuzey/Güney/Batı olarak; B binasının imar düzeni Bitişik Nizam/Ara, ve yönlendirilmesi Kuzey/Güney olarak kaydedilmiştir. B binasının kuzey ve güney yönlerine bakan cepheleri mevcuttur. C binası ise dört cephesi açık ve hiç bir binanın yanında yer almadığı ayrık bir binadır. Binanın yönlendirilmesi Kuzey/Güney/Doğu/Batı olarak kaydedilmiştir.



Şekil 15. Bina imar düzeni ve yönlendirilmesini gösteren örnek kroki.

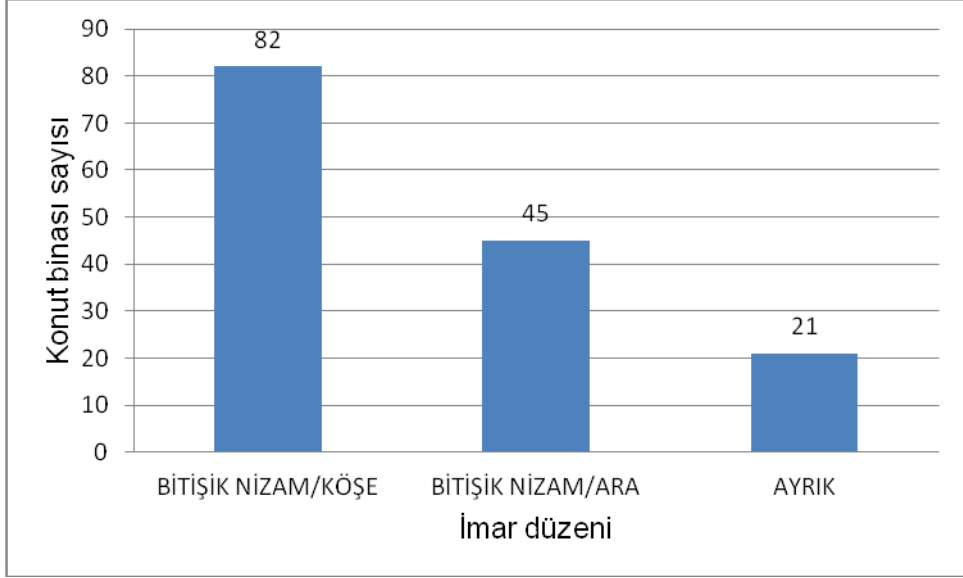
Şekil 16' te incelenen tüm projelerin kat adedine göre dağılımı görülmektedir. Toplamda 148 konut binasının 21 adedi 5 katlı, 26 adedi 6 katlı, 18 adedi 7 katlı, 18 adedi 8 katlı, 28 adedi 9 katlı ve 37 adedi 10 ve 11 katlı konut bulunmaktadır. Sayıca en fazla 10 ve üzeri katlı konut binası projesi vardır. Şekil 17' de projelerin imar düzenine göre dağılımı verilmiştir. Buna göre, bitişik nizam ve iki bina arasında konumlanan konut binası sayısı 45, bitişik nizam ve köşede yer alan konut binası sayısı 82'dir. Hiç bir yapı ile komşu olmayan ayırık konut binası 21 adettir.

Mimari projelerin müelliflerinin unvanları dikkate alındığında Şekil 18'deki dağılım ortaya çıkmaktadır. Proje müelliflerinin 120'si mimar (Konak'ta 34, Karabağlar' da 30, Balçova'da 46), 11'i yüksek mimar, 17'si mühendistir.

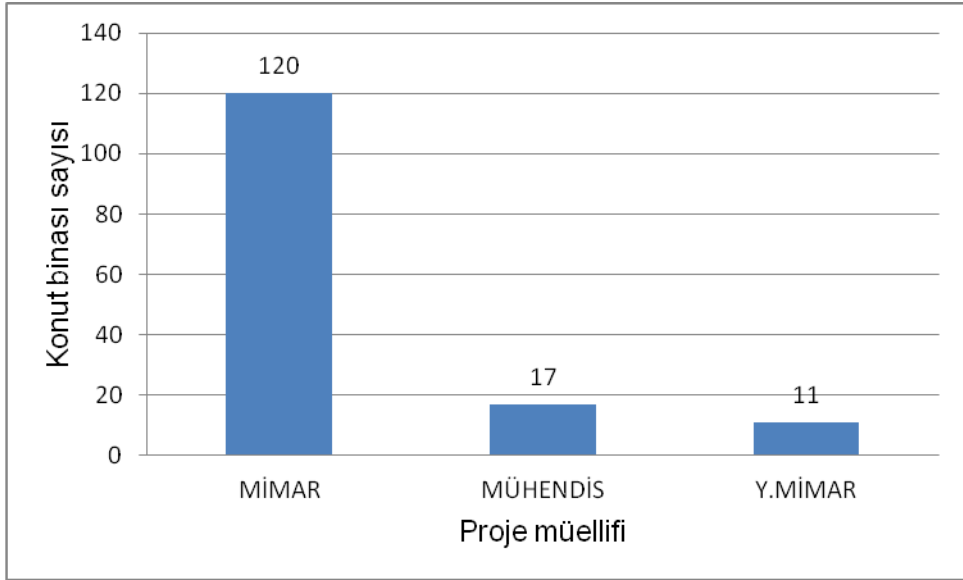


Şekil 16. Elde edilen projelerin kat adedine göre dağılımı



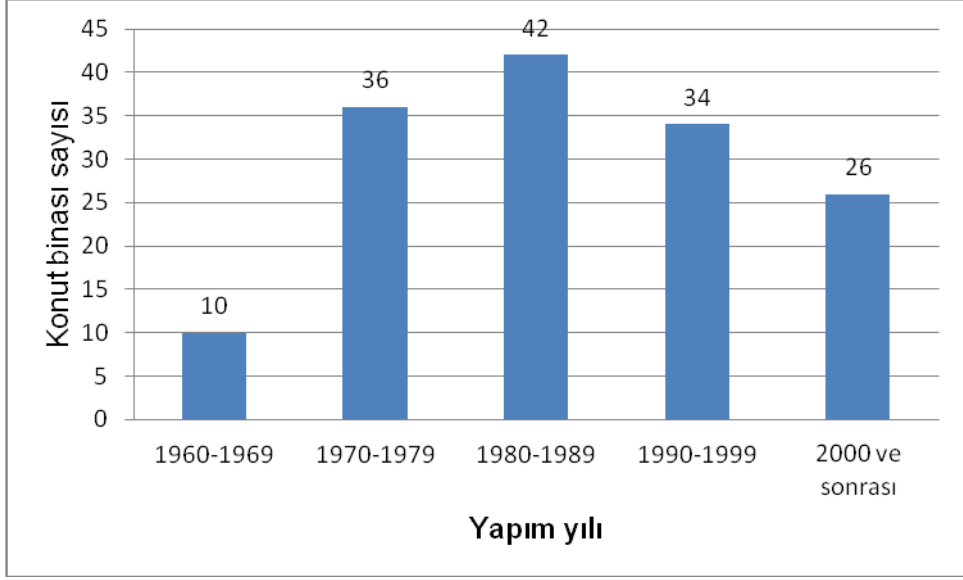


Şekil 17. Elde edilen projelerin imar düzenine göre dağılımı.

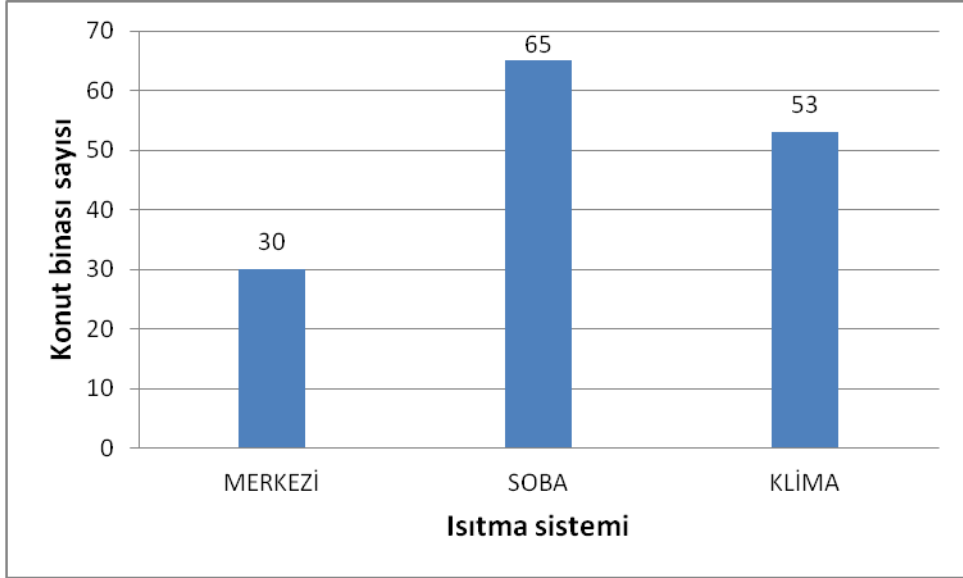


Şekil 18. Elde edilen projelerin proje müelliflerinin ünvanına göre dağılımı.

Şekil 19'da, bina yapım sayılarının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Toplam elde edilen projelerden 1960-69 yılları arasında 10; 1970-79 yılları arasında 36; 1980-89 yılları arasında 42; 1990-99 yılları arasında 34; 2000-10 yılları arasında ise 26 adet konut binası inşa edildiği görülmektedir. İncelenen binalar ısıtma sistemlerine göre incelendiğinde ise 30'unun merkezi ısıtma ile ısıtıldığı, 65'in de ise soba, geri kalan 53'ün de klima kullanıldığı görülmektedir (Şekil 20).



Şekil 19. Elde edilen projelerin yıllara göre dağılımı



Şekil 20. Projelerin ısıtma sistemine göre dağılımı.

### 3.1.3 Tasarım verimlilik göstergelerinin oluşturulması

Konut binalarının projelerinden derlenen mimari özelliklere ait verilerden hesaplanan tasarım verimlilik göstergeleri;

1. yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı
2. pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı
3. biçim faktörü(en/boy oranı)
4. yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı
5. yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranı
6. yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı
7. yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır.

Özellikle, yapının dış yüzey alanı, pencere alanı, faydalı alan, faydalı hacim, yapının yönlendirilmesi v.b. gibi doğrudan yapının ısıtma enerji performansını etkileyen tasarım verileri kullanılarak tasarım verimliliği göstergeleri belirlenmiştir ve aşağıda açıklanmaktadır(Tablo 4).

- (a) *yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı*, ile yapılara imar koşulları içinde yaratılmaya çalışılan toplam yapı hacminin yüzeleştirme ve biçimlendirme gücü ifade edilmektedir. Böylelikle, hem dış yüzeylerin yaratılmasına hem de yapı ısıtma yükünün bu yüzeylerle denetlenen kısmına ilişkin maliyetlerin de kullanıcıya yansımalarının göstergesidir.
- (b) *pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı*, ile dış yüzeylerdeki boşluk ve dolulukların dengesi, boşluklu yüzeylerin nicelik bakımından amaca, yani ısıtma yükünün en azda tutulmasına uygunluğu denetlenmektedir.
- (c) *biçim faktörü(en/boy oranı)*, yapının öngörülen imar düzeni içinde, tasarlanan kapalı alanın plan düzleminde kısa olan en ölçüsü ile uzun olan boy ölçüsünün oranı hem maksimum yararlılık(utility) kazandırılmış alanlar hem de dış yüzey alanlarının ortak ifadesi olmaktadır.
- (d) *yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı*, projelerde tasarlanmış kapalı alanların hem esneklik ve yararlılık (utility) hem de maliyet açısından tasarım verimliliğinin bir göstergesi olarak düşünülmektedir. Tasarımadaki genel ilkenin minimum duvar alanı ile minimum parçalanmış yani, maksimum esneklik ve yararlılık kazandırılmış alanlar yaratmak olduğu kabul edilmektedir.
- (e) *yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı*, tasarımda ortak alanların (ve oranının) işlevsel gereksinimleri aksatmaksızın olabildiğince küçük tutulması gerektiği kabul edilmiştir. Ortak yerler, faydalı alanları var edici ve kullanılabilir kılmaktadır. Hem ilk yapım hem de yapım-sonrası işletme maliyetlerini artırıcı özelliكتedir.
- (f) *yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı*, ile yapı ısıtma yükünün denetlenmesinde dış yüzeylerin gösterdikleri etkinliğin gücü ifade edilmektedir.

(g) *yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranı*, ile tasarımcıların yapı ısı yükünün belirlenmesinde etkin olan tüm değerleri hangi duyarlılıkla dengelendiğini, ve kullanıcılara bu yükün ne ölçüde yansıdığını belirlemektedir.

(h) *yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı*, ile tasarımcıların aydınlatma yükünün belirlenmesinde etkin olan değerlerin kullanıcılara ne ölçüde yansıdığını belirtmektedir.

Tablo 4. Mimari tasarım göstergeleri.

	yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı	pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı	biçim faktörü en/boy	yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı	yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (kcal/h)	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (kcal/h)	yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı
ortalama	0,5877756	0,3334407	1,3540792	0,4082388	0,0746942	184,97498	92,847925	52,856246
minimum	0,0229682	0,1047702	0,0396586	0,0138659	0,0040946	65,232923	6,7882245	0,1496679
maksimum	1,0856329	0,8863636	129,62433	1,1490437	0,2337593	765,32765	252,8	187,89451

### 3. 2 Verilerin analizi

Konutların mevcut bilgileri kullanılarak enerji performans değerlendirme KÖNUTLARDA ENERJİ PERFORMANSI STANDARD DEĞERLENDİRME METODU (KEP-SDM) ile yapılmıştır. Bu yöntem, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye yönelik olarak, Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri yöntemlerin (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur. KEP-SDM, "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde öngörülen Binaların Enerji Kimlik Belgesi'ndeki "Bina Enerji Sınıfı" ve "Bina Emisyon Sınıfı" belirlenmesine ait hesap yöntemidir. Ancak bu çalışmada, yıllık bina enerji tüketim değerleri aralıklarından oluşan "bina enerji sınıfı" kullanılmıştır.

#### 3.2.1 KEP-SDM Yöntemi (KEP-İYTE-ESS Yazılımı)

Avrupa Birliği'nde konutsal, ticari ve hizmet binalarının toplam enerji tüketimindeki payı %40'dır [1]. AB 1992'den bu yana, bu önemli payın düşürülmesini hedefleyen 14 direktif çıkarmıştır. Bunların sonuncusu, 2006 yılında hedeflerine ulaşılması istenen DIRECTIVE 2002/92/EC'dir. Bu direktifin 3. Maddesi, her üye ülkenin binaların enerji performansının hesaplanması için bir metod geliştirmesini öngörmektedir. Geliştirilecek metod, direktifin ekinde yer alan aşağıdaki hususları göz önüne alan genel çerçeveye oturtulmalıdır.

Binaların enerji performansının hesaplanması metodu en az aşağıdaki hususları içermelidir:

- a. Binanın (kabuğunun, iç bölmelerinin, vs) ısı ve hava sızdırmazlık özellikleri,
- b. İzolasyon karakteristikleriyle birlikte ısıtma ve sıcak su donanımı,
- c. İklimlendirme donanımı,
- d. Havalandırma donanımı,
- e. Aydınlatma donanımı (özellikle konut dışı binalarda),
- f. Binanın bulunduğu yerin dış hava koşulları ile birlikte pozisyonu ve yönü,
- g. Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma sistemleri,
- h. Doğal havalandırma,
- i. İç hava koşulları ve tasarımı.

Hesaplamanın uygun adımlarında aşağıdaki pozitif etkiler göz önüne alınmalıdır:

- j. Aktif güneş enerjisi sistemleri ve yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer elektrik ve ısıtma sistemleri,
- k. Kojenerasyon ile üretilmiş elektrik enerjisi,
- l. Merkezi veya bölgesel ısıtma sistemleri,
- m. Doğal aydınlatma.

Enerji performans hesaplamaları için binalar aşağıda örneklendiği gibi sınıflandırılmalıdır:

- n. Bağımsız (tek) konutlar,
- o. Apartman blokları,
- p. Ofisler,
- q. Eğitim binaları,
- r. Hastahaneler,
- s. Otel ve restoranlar,
- t. Kapalı spor tesisleri,
- u. Toptan satış binaları,
- v. Enerji tüketen diğer binalar.

Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM), 2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Yasası hükümlerince hazırlanan ve Aralık 2008'de yayınlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çalışmaları içinde, Makina Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan Çalışma Grubu tarafından Haziran 2008'de tamamlanmıştır. Metot, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye yönelik olarak, Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri metodların (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur.

Binaların enerji performansını belirleyen göstergeler; konutun birim alanına düşen yıllık enerji tüketimi (kWh/m<sup>2</sup>yıl) ile yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarıdır (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl). Her iki gösterge; yenilenebilir enerji kaynakları ile yeni enerji teknolojileri kullanılarak tasarruf edilen enerji ve emisyonlar da göz önüne alınarak, hacim ısıtma, su ısıtma, havalandırma ve aydınlatmadan kaynaklanan yıllık enerji tüketimleri

ile CO<sub>2</sub> emisyonları göz önünde bulundurularak hesaplanır. KEP-SDM, “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”nde öngörülen *Binaların Enerji Kimlik Belgesi*’ndeki “Bina Enerji Sınıfı” ve “Bina Emisyon Sınıfı” belirlenmesine ait hesap yöntemidir.

Bu hesap yöntemi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nde “Enerji Sertifikalandırma Yazılımı (KEP-İYTE-ESS)” adı altında İYTE server’ını ve merkezi veritabanlarını kullanarak web tabanlı olarak geliştirilmiştir. Her kullanıcı şifresini girerek kendi hesabına erişebilir ve burada yapılan işlemlerin sonuçları kullanıcı veritabanına işlenir. Programın sonucu olan enerji sertifikası, karbondioksit sertifikası ve bina stoğuna ait istatistiksel veriler değerlendirilmek üzere saklanır.

### 3.2.1.1 KEP-SDM Kapsamı

KEP-SDM, inşa edilecek veya büyük onarım görecektir, taban alanı 450 m<sup>2</sup>’nin altında olan konutlara veya taban alanı 450 m<sup>2</sup>’nin altında olan konutları içeren binalara (müstakil konutlar, apartmanlardaki konutlar ve ticari komplekslerdeki konutlar) uygulanır. Bu metot sadece ısıtma, sıcak su ve aydınlatma ile ilgili enerji tüketimini hesaplamaya yöneliktir. Soğutma ihtiyacına yönelik enerji tüketimi hesaplamaları metodun kapsamı dışındadır.

Metot tek tek konutların ve söz konusu ise konutların yer aldığı binanın enerji performansını hesaplamayı öngörür. Ticari komplekslerde yer alan konutların enerji performansı, sadece konutları içeren bloklara ve bu bloklardaki konutlara uygulanır.

Taban alanı 450 m<sup>2</sup>’nin üzerindeki konutlar ve diğer binalar (huzurevleri gibi yaşama amaçlı kullanılanlar da dahil olmak üzere) konut dışı binalar için geliştirilen prosedürler kullanılarak değerlendirilir ve bu metodun kapsamı dışındadır.

Konutun bir bölümünün ticari amaçlarla kullanılması durumunda (ofis, dükkan vb.), eğer bu ticari bölüm kullanıcı değişikliği ile konutun bir parçası oluyor ve aşağıdaki koşulları sağlıyorsa, bu bölüm de konut alanına dahil edilmelidir.

- ticari bölüm ile konut arasında bağlantı var ise,
- tümü aynı bina zarfı içindeyse,
- konut olarak kullanılan bölüm ticari kısma göre daha büyük bir paya sahip ise.

Projesinde bir veya birkaç katı ticari bina olarak inşa edilecek konut binalarında veya büyük onarıma giren binalarda enerji performans değerlendirmesi, ticari kompleks yapılarıdaki konut blokları veya kulelerinde olduğu gibi yapılır.

KEP-SDM’de bağımsız konutlar tek zon olarak kabul edilir.

### 3.2.1.2 Hesaplama Yöntemi

KEP-SDM'de, AB ülkelerinin genel yaklaşımı yönünde, hesaplamaları pratik anlamda yapılabilir kılmak amacıyla derece gün yöntemi kullanılarak daha hassaslaştırılmış "Aylık Metot" kullanılmıştır (ENPER-TEBUC, 2003; Directive, 2002; Warren, 2003).

KEP-SDM ile tahmin edilen enerji performansı, enerji verimliliğini etkileyen bir dizi faktörü dikkate alan enerji dengesine dayalıdır. Bu faktörler aşağıda verilmiştir.

- Binanın konumu ve yönü, dış hava koşulları,
- İç hava koşulları,
- Binanın ısı karakteristikleri,
- Binanın sızdırmazlığı,
- Doğal havalandırma,
- Mekanik havalandırma,
- Isıtma ve sıcak su donanımları ve izolasyonları,
- Güneş enerjisi kazançları,
- Aydınlatma sistemi,
- Pasif güneş enerjisi sistemleri ve güneşten korunma,
- Yeni enerji teknolojileri.

KEP-SDM hesaplama metodu; konutun performans değerlendirme sırasında konutta bulunan kişi ve eşyaların özellikleri ile ilişkili aşağıda verilen faktörleri ise, göz önüne almamaktadır.

- Hane halkının sayısı ve kültürel yapısı,
- Mülkiyet,
- Elektrikli ev aletlerinin enerji tüketimi,
- Konfor tercihleri ve kullanım farklılıkları.

Enerji performansının hesaplanması için belirlenen algoritma adımları (modüller) aşağıda listelenmiştir:

- MODÜL 1: Konut Boyutları ve İç Ortam Parametreleri
- MODÜL 2: Havalandırma Özgül Isı Kayıpları
- MODÜL 3: İletim Özgül Isı Kayıpları
- MODÜL 4: Özgül Isı Kaybı ve Isı Kayıp Parametresi
- MODÜL 5: Kullanım Sıcak Suyu
- MODÜL 6: İç Isı Kazançları
- MODÜL 7: Güneş Kazançları ve Kazanç Kullanım Faktörü
- MODÜL 8: Ortalama İç Sıcaklık
- MODÜL 9: Derece-Gün
- MODÜL 10: Hacim Isıtma İhtiyacı

- MODÜL 11: Aydınlatma Enerji İhtiyacı
- MODÜL 12: Toplam ve Birincil Enerji Tüketimi
- MODÜL 13: Karbondioksit Emisyonu
- MODÜL 14: Konutların Enerji Performans Sınıfının Belirlenmesi
- MODÜL 15: Konutun ve Binanın Enerji Performans Raporu
- MODÜL 16: Konutlar ve Binalar için Enerji Sertifikası
- MODÜL 17: Konutlar ve Binalar için CO<sub>2</sub> (karbondioksit) Sertifikası

KEP-SDM'ye ait hesap programı olan KEP-İYTE-ESS, yukarıda listelenen modülleri kullanarak, giriş verilerinin (meteorolojik veriler, derece-gün değerleri, şehir suyu şebeke sıcaklıkları, cihaz verimleri vb.) tamamını içeren bir yönetici veritabanını, "default" değerleriyle giriş verilerinin yanlış girilmesini önleyen, arşiv yeteneği yüksek, uygulayıcılar açısından kolay kullanılabilen, gelişmiş veritabanlarını ve programa dillerini kullanan bir yazılımdır. İYTE server'ını ve merkezi veritabanınlarını kullanarak web tabanlı olarak geliştirilmiştir. Her kullanıcı şifresini girerek kendi hesabına erişebilir ve burada yaptıkları işlemlerin sonuçları kullanıcı veritabanına işlenir. Takip edilen algoritma yönetici tarafından belirlenir. Programın sonucu olan enerji sertifikası, karbondioksit emisyon sertifikası ve bina stoğuna ait istatistiksel veriler raporlanarak değerlendirilmek üzere saklanır. Modüllerin giriş parametreleri ile modüller arası ilişkileri gösteren akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

KEP-SDM'nin çıktıkları; konutun (yada konutun yer aldığı binanın) birim alanına düşen yıllık enerji tüketimi (kWh/m<sup>2</sup>yıl) ile yıllık sera gazı (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl) emisyon miktarı değerleridir. Bu değerler kullanılarak BEP Yönetmeliği'nde öngörülen bina enerji ve sera gazı emisyon sınıfları, Yönetmelikte verilen Tablo 5-8 kullanılarak belirlenecektir.

Tablo 5. Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

<b>BİNA TIPLERİ</b>	<b>KULANIM AMAÇLARI</b>	<b>1.ısıtma bölgesi(RG)</b>	<b>2.ısıtma bölgesi(RG)</b>	<b>3.ısıtma bölgesi(RG)</b>	<b>4.ısıtma bölgesi(RG)</b>
<b><u>Konutlar</u></b>	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
<b><u>Hizmet Binaları</u></b>	Ofis ve Büro Binaları	240	300	360	495
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	180	255	300	450
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	600			
<b><u>Ticari Binalar</u></b>	Otel, Motel, Restoran vb.	540			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	750			

RG: Birincil Enerji cinsinden referans göstergesi (kWh/m<sup>2</sup>yıl)



Tablo 6. Sera Gazı Referans Göstergesi (SRG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

<b>BİNA TİPLERİ</b>	<b>KULANIM AMAÇLARI</b>	<b>1.ısıtma bölgesi(SRG)</b>	<b>2.ısıtma bölgesi(SRG)</b>	<b>3.ısıtma bölgesi(SRG)</b>	<b>4.ısıtma bölgesi(SRG)</b>
<b><u>Konutlar</u></b>	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
<b><u>Hizmet Binaları</u></b>	Ofis ve Büro Binaları	40	50	60	80
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	30	45	50	75
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	120			
<b><u>Ticari Binalar</u></b>	Otel, Motel, Restoran vb.	100			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	150			

SRG:Nihai Enerji cinsinden referans göstergesi (kg eşd.CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>yıl)

Tablo 7. Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı (EP) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

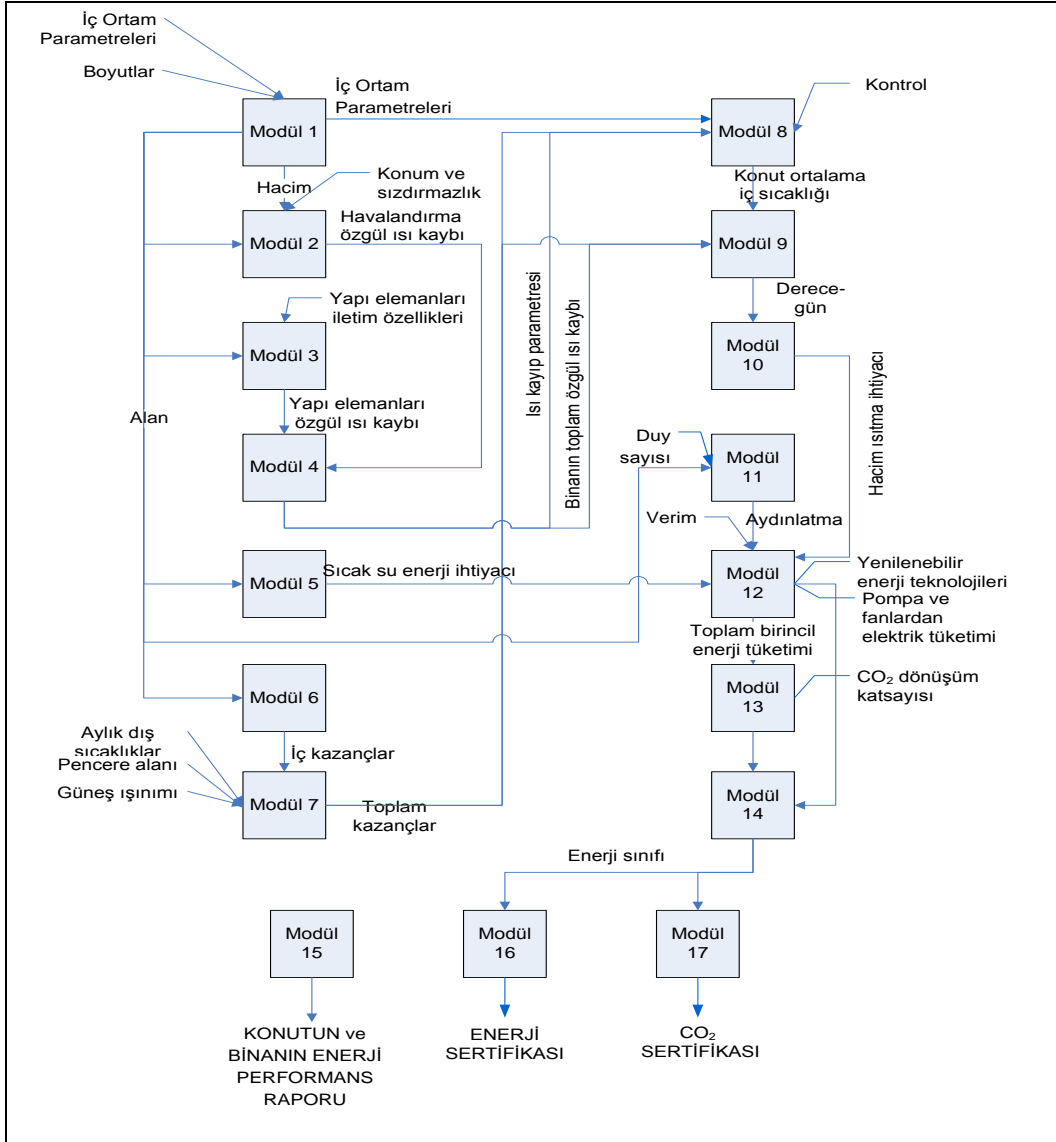
<b>Bina Enerji Sınıfı</b>	<b>Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi (EP)</b>
<b>A</b>	EP < 0,4*RG
<b>B</b>	0,4*RG ≤ EP <0,8*RG
<b>C</b>	0,8*RG ≤ EP < RG
<b>D</b>	RG ≤ EP < 1,20*RG
<b>E</b>	1,20*RG ≤ EP < 1,40*RG
<b>F</b>	1,40*RG ≤ EP < 1,75*RG
<b>G</b>	1,75*RG ≤ EP

EP: Birincil enerji cinsinden enerji performansı göstergesi (kWh/m<sup>2</sup>-yıl)

Tablo 8. Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı (SEG) (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

<b>Bina Enerji Sınıfı</b>	<b>Nihai Enerji Tüketimlerine Göre Sera Gazı Emisyon Sınıfı Endeksi (SEG)</b>
<b>A</b>	SEG < 0,4*SRG
<b>B</b>	0,4*SRG ≤ SEG <0,8*SRG
<b>C</b>	0,8*SRG ≤ SEG < SRG
<b>D</b>	SRG ≤ SEG < 1,20*SRG
<b>E</b>	1,20*SRG ≤ SEG < 1,40*SRG
<b>F</b>	1,40*SRG ≤ SEG < 1,75*SRG
<b>G</b>	1,75*SRG ≤ SEG

SEG: Nihai enerji tüketimine göre sera gazları emisyonu göstergesi (kg eşd.CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup>.yıl)



Şekil 21. KEP-SDM enerji performansı hesaplama akım şeması.

### 3.2.1.3 KEP-İYTE-ESS yazılımı veri giriş detayları

Bu bölümde, 13 modülden oluşan yazılımın veri giriş ekranları, giriş verileri, hesaplanan parametreler ve proje bilgileri eksik olan binalar için yapılan kabuller verilmiştir. Ekranlarda beyaz olarak görünen hücreler veri giriş hücreleri, gri hücreler ise yazılımın hesapladığı değerlerdir.

#### Modül 1: Adres ve Düzenleyici Bilgileri

Yazılımın adres ve düzenleyici bilgisi modülünde/binanın adres bilgileri, belgeyi düzenleyen yetkiliye ait bilgiler, tarih, binanın kaç katlı olduğu ve bir kattaki daire sayısı bilgileri girilir. Merkezi ısıtma, merkezi sıcak su sistemi ve yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılıp kullanılmadığı soruları yanıtlanır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı bilgisi projelerde verilmediği için tüm binalarda yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı olmadığı kabul edilmiştir. Ortak alan bilgileri kısmında ise binaya ait ortak alan ve bu ortak alanın ısıtılıp ısıtılmadığı bilgisi girilir. Her bir konuta (daireye) numara verilir (Şekil 22).

**KEP-İYTE-ESS**

**ADRES ve DÜZENLEYEN BİLGİLERİ**

<b>Adres Bilgileri</b> Bina Kimlik No: 35-10082 İl: İZMİR İlçe: Konak Mahalle: Göztepe Sokak: 834 No: 24 Posta Kodu: 3		<b>Belgeyi Düzenleyen</b> Adı: Cihan Soyadı: TURHAN Enerji Yöneticisi Sicil No: 1990 Raporun Düzenleme Tarihi: 11.03.2011 Son Geçerlilik Tarihi: 11.03.2016	
---	--	---	--

Binanın kaç katı olduğunu giriniz: 8 Lütfen binanın kat ve daire sayısını doğru bir şekilde girmeden ısıtma sistem bilgilerini girmeyiniz

Bir katta kaç daire olduğunu giriniz: 2 Lütfen binanın kat ve daire sayısını doğru bir şekilde girmeden ısıtma sistem bilgilerini girmeyiniz

<b>Ortak Alan Bilgileri</b> Ortak alanı giriniz: 106,6 m <sup>2</sup> Ortak hacim ısıtıyor mu?: Hayır		<b>Isıtma Sistem Bilgileri</b> <input checked="" type="checkbox"/> Merkezi ısıtma var <input type="checkbox"/> Merkezi sıcak su sistemi var Isıtma sisteminizin tipi: Sivi yakıtlı kazan Isıtma sisteminin yakıtı: fuel oil Isıtma sisteminizin kullanım şekli: Sürekli Yenilebilir enerji teknolojileri kullanıyor mu?: Hayır	
---	--	--	--

**Apartmanın Daireleri**  
 (NOT : Bu menüden daire numaralarına basarak daire bilgileri giriniz, fakat önce ısıtma sistem bilgilerini doğru bir şekilde girdiğinizden emin olunuz)

201 202  
 101 102  
 201 202  
 301 302  
 401 402  
 501 502

**Şekil 22.** Adres ve düzenleyici bilgileri modülü (Modül 1).

Bir konut numarası seçilerek daireye ait bilgiler girilir ve konuta ait bina enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu, bina enerji sınıfı bilgileri elde edilir. Her bir daire için işlem tekrarlandıktan sonra tüm bina için aynı veriler raporlanır.

**Modül 2: Genel Bilgiler**

Konuta ait korunum sınıfı ve dışa açık yüzey sayısı gibi bina bilgileri girilir (Şekil 23).

**KEP-İYTE-ESS**

**Genel Bilgiler**

<b>Adres Bilgileri</b> Konut Kimlik No: 401 İl: İZMİR İlçe: Konak Mahalle: Göztepe Sokak: 834 No: 24 Posta Kodu: 3		<b>Belgeyi Düzenleyen</b> Adı: Cihan Soyadı: TURHAN Enerji Yöneticisi Sicil No: 1990 Raporun Düzenleme Tarihi: 11.03.2011 Son Geçerlilik Tarihi: 11.03.2016	
---	--	---	--

**Bina Bilgileri**

Bina Tipi	Cok Konutlu Bina
Konutun Korunum Sınıfı	Sehir merkezindeki 10 kattan daha az katli binalar (Yüksek)
Konutun Dışa Açık Yüzey Sayısı	Birden fazla disa acik yüzey

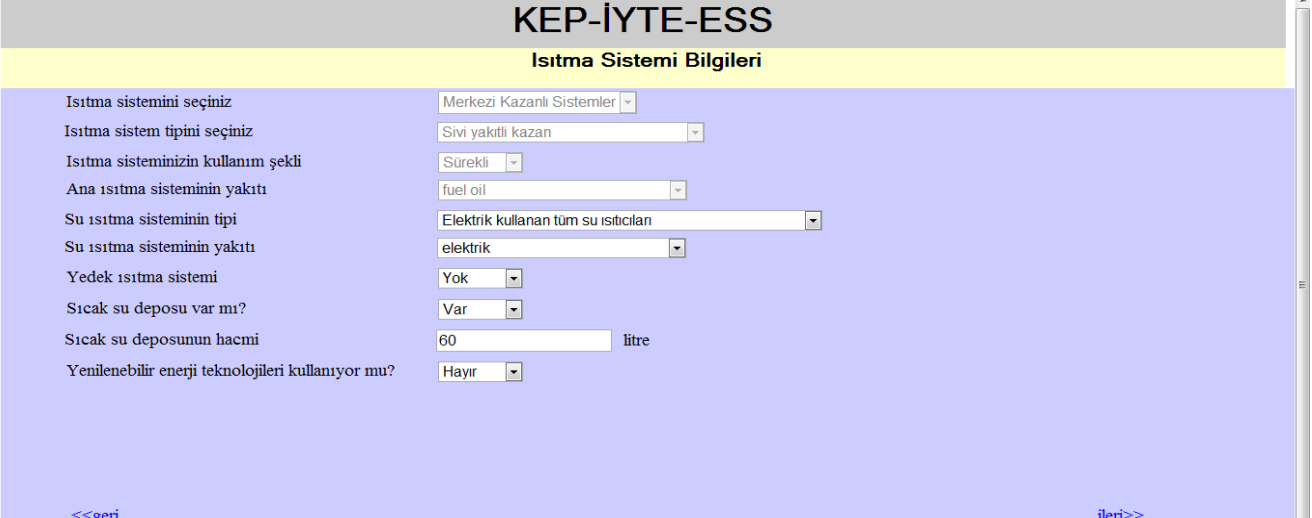
[<<geri](#) [ileri>>](#)

**Şekil 23.** Genel bilgiler modülü (Modül 2)

### Modül 3: Isıtma Sistemi Bilgileri

Modül 1’de merkezi ısıtma sistemi yok seçilirse; ısıtma sistemi tipi, yakıt tipi, sistem kullanım şekli bu modülde seçilir. Var seçilirse bu bilgiler Modül 1’den aktarılır. Bu modülde ayrıca, su ısıtma sistemi tipi ve yakıtı, yedek ısıtma sistemi olup olmadığı, sıcak su deposu olup olmadığı ve hacmi bilgileri girilir.

Enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılabilir olması için tüm binalarda aynı ısıtma sistemi kullanım şekli seçilmiştir. Kesikli ısıtma modunda ısıtma süresi bilgilerine ihtiyaç olacağı için sürekli ısıtma modu kabulü yapılmıştır. Projelerde ısıtma sistemi ile ilgili bilgi olmayan binalarda ısıtma sistemi olarak “oda tipi ısıtıcı”, ısıtma sistem tipi olarak da “termostatlı elektrikli ısıtıcı” kullanıldığı kabul edilmiştir. Su ısıtma sistemi ile ilgili bilgi olmayan binalarda ise su ısıtma sistem tipi “elektrikli”, sıcak su deposu hacmi 60 lt seçilmiş, yedek ısıtma sistemi olmadığı kabul edilmiştir (Şekil 24).

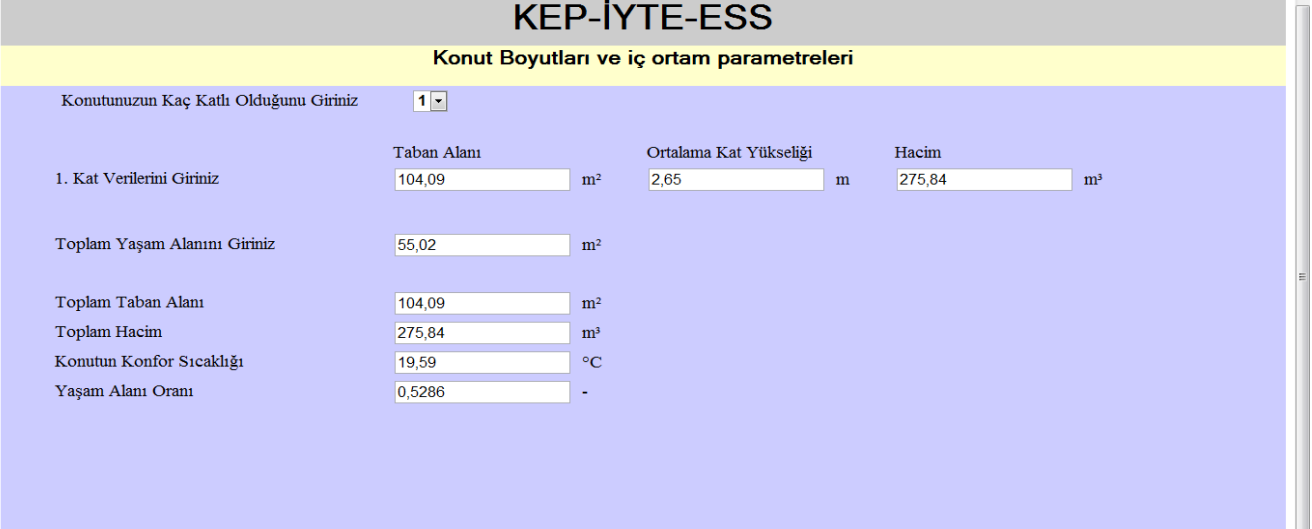


**KEP-İYTE-ESS**  
**Isıtma Sistemi Bilgileri**

Isıtma sistemini seçiniz	Merkezi Kazanlı Sistemler -
Isıtma sistem tipini seçiniz	Sıvı yakıtlı kazan
Isıtma sisteminizin kullanım şekli	Sürekli
Ana ısıtma sisteminin yakıtı	fuel oil
Su ısıtma sisteminin tipi	Elektrik kullanan tüm su ısıtıcıları
Su ısıtma sisteminin yakıtı	elektrik
Yedek ısıtma sistemi	Yok
Sıcak su deposu var mı?	Var
Sıcak su deposunun hacmi	60 litre
Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanıyor mu?	Hayır

[<<geri](#) [ileri>>](#)

**Şekil 24.** Isıtma sistemi bilgileri modülü (Modül 3).



**KEP-İYTE-ESS**  
**Konut Boyutları ve iç ortam parametreleri**

Konutunuzun Kaç Katlı Olduğunu Giriniz: 1

	Taban Alanı	Ortalama Kat Yükseliği	Hacim
1. Kat Verilerini Giriniz	104,09 m <sup>2</sup>	2,65 m	275,84 m <sup>3</sup>
Toplam Yaşam Alanını Giriniz	55,02 m <sup>2</sup>		
Toplam Taban Alanı	104,09 m <sup>2</sup>		
Toplam Hacim	275,84 m <sup>3</sup>		
Konutun Konfor Sıcaklığı	19,59 °C		
Yaşam Alanı Oranı	0,5286 -		

[<<geri](#) [ileri>>](#)

**Şekil 25.** Konut boyutları ve iç ortam parametreleri modülü (Modül 4).

### Modül 4: Konut Boyutları ve İç Ortam Parametreleri

Konut boyutları ve iç ortam parametreleri (konutun kat sayısı, taban alanı, ortalama kat yüksekliği, toplam yaşam alanı) bilgileri Modül 4'te girilir. Modül; kat hacmi, dubleks yada tripleks daireler için toplam taban alanı ve hacmi, yaşam alanı oranı ve konutun konfor sıcaklığını hesaplar (Şekil 25).

#### Modül 5: Havalandırma ve Enfiltrasyon Özgül Isı Kaybı

Modül 5'te bina konstrüksiyon tipi, havalandırma yöntemi (doğal, doğal+mekanik) ve binaya ait sızdırmazlık bilgileri girilir. n50 katsayısı, konut hava değişim sayısı, toplam hacimsel hava değişim sayısı ve havalandırma özgül ısı kaybı ise modül giriş verilerine yazılım tarafından hesaplanır (Şekil 26). Konstrüksiyon tipi tüm binalar için "perde ve beton duvarlı yüksek binalar" olarak kabul edilmiştir. Ülkemizde konutlarda mekanik havalandırma sistemi yaygın değildir bu nedenle tüm binalar için "doğal havalandırma" yöntemi kabulü yapılmıştır. TS 825'in 2000 yılından itibaren zorunlu olduğu dikkate alınarak binaların sızdırmazlık özellikleri; 2000 yılı öncesi inşa edilen binalar için; sızdırmazlık bandı olmayan pencere ve kapılar ile açık baca, 2000 yılı sonrası inşa edilen binalar için ise macunlanmış/astarlı duvarlar, contalı cam/kapı çerçeveleri olarak kabul edilmiştir.

The screenshot shows the 'KEP-İYTE-ESS' software interface for 'Havalandırma ve Enfiltrasyon Özgül Isı Kaybı'. The interface is in Turkish and contains the following elements:

- Header:** KEP-İYTE-ESS Havalandırma ve Enfiltrasyon Özgül Isı Kaybı
- Input Fields:**
  - Konstrüksiyon Tipini Seçiniz: Perde beton duvarlı yüksek binalarda
  - Havalandırma Yöntemini Seçiniz: Doğal Havalandırma
  - n50 katsayısı: 5 1/h
  - Konut Hava Değişim Sayısı: 0,5000 1/h
  - Toplam hacimsel hava değişim debisi: 104,2860 m<sup>3</sup>/h
  - Havalandırma özgül ısı kaybı: 35,4572 W/K
- Checkboxes (Building Characteristics):**
  - Birleşmeler kötü malzemeyle yapılmış
  - Hiç bir polietilen kaplama yok
  - Bodrum/çatı arası/yükseltilmiş döşeme
  - Açık baca (şömine gibi)
  - Karmaşık (dikdörtgen olmayan döşeme planı)
  - Sızdırmazlık bandı olmayan pencere ve kapılar
  - Contalanmamış servis açıklıkları
  - Kanal geçişleri
  - İkiz konutlar
  - Havalandırma boşluğu/Teras
  - Sandviç duvar
  - Macunlanmış/astarlı duvarlar
  - Contalı cam/kapı çerçeveleri
- Navigation:** <<geri and ileri>> buttons.

Şekil 26. Havalandırma ve infiltrasyon özgül ısı kaybı modülü (Modül 5).

#### Modül 6: Yapı elemanları Özgül Isı Kaybı

Yapı elemanlarının (taban, tavan, dış duvar ve pencere) toplam ısı geçiş katsayısı (U)(W/m<sup>2</sup>K) değerleri; yönetici veritabanından seçilen malzeme türüne ve kalınlığına (giriş verisi) bağlı olarak hesaplanır. Alan bilgisi girilerek AxU (W/K) değeri hesaplanır. Aynı modülde binanın dışa açık toplam yüzey alanı girilerek ısı köprüsü özgül ısı kaybı ve yapı elemanları özgül ısı kaybı hesaplanır. Ayrıca

binanın toplam özgül ısı kaybı (W/K) ile ısı kayıp parametresi (W/m<sup>2</sup>K) de yazılım tarafından hesaplanır (Şekil 27).

**KEP-İYTE-ESS**

**Yapı Elemanları Özgül Isı Kaybı**

	u değeri	alan	AxU
Tavan Malzemesini Seçin	0 W/m <sup>2</sup> K	0 m <sup>2</sup>	0 W/K
Taban Malzemesini Seçin	0 W/m <sup>2</sup> K	0 m <sup>2</sup>	0 W/K
Dış Duvar Malzemesini Seçin	0,8924587 W/m <sup>2</sup> K	70 m <sup>2</sup>	62,47211 W/K
Pencere Malzemesini Seçin	3,1 W/m <sup>2</sup> K	20 m <sup>2</sup>	62 W/K
Isıtılmamış hacime Komşu Yüzeyleri Seçin	0 W/m <sup>2</sup> K	0 m <sup>2</sup>	0 W/K

**Isı Köprüsü**

Dışa açık toplam yüzey alanı	45,4 m <sup>2</sup>
Isı köprüsü özgül ısı kaybı	3,178 W/K
Yapı elemanları özgül ısı kaybı	127,6501 W/K

**Toplam Özgül Isı Kaybı**

Binanın toplam özgül ısı kaybı	193,1001 W/K
Isı kaybı parametresi	1,379286 W/m <sup>2</sup> K

[<<geri](#) [ileri>>](#)

Tamam

Untitled Page - Mozilla Firefox

http://localhost:2598/WebForm6.aspx

Malzeme tablosundan U değeri hesabı için malzeme seçiniz

- Doğal taşlar
- Doğal zeminler (doğal nemlilikte)
- Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)
- Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları
  - Kireç harcı, kireç-çimento harcı (Birim hacim kütlesi 1800)
  - Çimento harcı (Birim hacim kütlesi 2000)
  - Alçı harcı, kireçli alçı harcı (Birim hacim kütlesi 1400)
  - Yalnız alçı kullanılarak (agregasız) yapılmış sıva (Birim hacim kütlesi 1200)
  - Alçı harçlı şap (Birim hacim kütlesi 2000)
  - Çimento harçlı şap (Birim hacim kütlesi 2000)
  - Dökme asfalt kaplamaları, kalınlık >15 mm (Birim hacim kütlesi 2300)
  - Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları
  - Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakalar
- Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, kiriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m<sup>2</sup> den büyük olan perde, panolar gibi)

Malzeme	Kalınlığı (cm)	Malzeme türü	Malzemenin ısı iletkenlik değeri (W/mK)	Malzemenin kalınlığı (cm)
Delete	Edit	Kireç harcı, kireç-çimento harcı (Birim hacim kütlesi 1800)	0,87	2
Delete	Edit	TS 704, TS 705 'e uygun tuğlalarla yapılan kâğır duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902) (Birim hacim kütlesi 1800)	0,81	20
Delete	Edit	Kireç harcı, kireç-çimento harcı (Birim hacim kütlesi 1800)	0,87	2

Malzeme kalınlığını aşağıdaki alana giriniz ve "Edit" tuşuna basınız

Malzemenin kalınlığı:  (cm) ("Edit" tuşuna bastığınız satırdaki malzemenin kalınlığı buraya girdiğiniz değer olur.)

U değeri:

Tamam

Şekil 27. Yapı elemanları özgül ısı kaybı modülü (Modül 6).

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” Standardı, 2000 yılından itibaren zorunlu olarak uygulanmaya başladığı için 2000 yılı öncesi inşa edilen binalarda TS 825 hesap raporu mevcut değildir. Dolayısıyla TS 825 hesap raporundan elde edebildiğimiz yapı malzemesi cinsi, yoğunluğu gibi bazı giriş verileri 2000 yılı öncesi inşa edilen binalar için mevcut değildir. Bu nedenle, 2000 yılı öncesi inşa edilen binalarda kullanılmak üzere KEP-İYTE-ESS veritabanından yapı malzemesi ve yoğunluğu seçimi yapılmıştır. Duvar, taban ve tavan bileşenleri ile ilgili olarak veritabanından yapılan seçimler ve projede verilmeyen yapı malzemesi kalınlıkları için yapılan kabuller Tablo 9’da verilmiştir. Pencere bileşenlerine ait veri bulunmaması durumunda, 2000 yılı öncesi için  $U=5,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 2000 yılı sonrası için  $U=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerini verecek şekilde cam ve çerçeve tipi veritabanından seçilmiş ve Tablo 10 ‘da verilmiştir.

**Tablo 9.** 2000 yılı öncesi inşa edilen binaların duvar, taban ve tavan bileşenlerine ait malzeme ve yoğunluk seçimleri.

<b>DUVAR</b>			
Projede verilen	KEP-İYTE-ESS veritabanından yapılan seçim		Projede verilmediyse
Malzeme	Malzeme	Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	Kalınlık (m)
Dış sıva	Çimento harcı	2000	0,05
Tuğla	TS704,TS705'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	40	0,19
İç sıva	Kireç harcı, kireç çimento harcı	1800	0,03
<b>TABAN</b>			
Döşeme malzemesi	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer,vb.)	>2800	0,02
Tesfiye betonu	Çimento harçlı şap	2000	0,02
Grobeton	Normal beton (TS 500'e uygun),doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış beton (donatılı)	2400	0,1
Blokaj	Kum-çakıl,kırma taş	1800	0,1
Sıkı toprak	Kil, sıkı toprak	2000	0,1
<b>TAVAN</b>			
Şap	Çimento harçlı şap	2000	0,05
Isı yalıtımı	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	8-500	0,05
Betonarme(döşeme)	Normal Beton (TS 500'e uygun),doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış beton (donatılı)	2200	0,1
Tavan sıvası	Kireç Harcı,kireç çimento harcı	1800	0,02

Tablo 10. Proje verileri olmayan pencere bileşenlerine ait cam tipi ve doğrama seçimleri.

Yıl	Doğrama tipi	Cam tipi
2000 öncesi	Ahşap doğrama (meşe,dişbudak/sert ağaçlar)	Tek cam
2000 sonrası	Ahşap doğrama (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	Çift cam

#### Modül 7: Sıcak Su Enerji İhtiyacı

Konutun sıcak su enerji ihtiyacı, güneş enerjisi ile su ısıtma sistemi bulunup bulunmadığı durumlar için yıllık olarak hesaplanır. Günlük su ihtiyacı EN 15316-3-1,2 ve 3'te verildiği gibi konutun taban alanına bağlı olarak belirlenir (Şekil 28).

Konut iç ısı kazançları, konutun taban alanına bağlı olarak konutta yaşayan insanlardan (metabolik), ev aletlerinden ve aydınlatma armatürlerinden yayılan ısılar ve sıcak su, soğuk su ve atık tesisatları tarafından yayılan veya yutulan ısı miktarları göz önünde bulundurularak aynı modülde hesaplanır.

**KEP-İYTE-ESS**

**Sıcak Su Enerji İhtiyacı**

Güneş ile Su Isıtma Sistemi Var Mı?	<input type="text" value="Yok"/>	
Konut Alanı	<input type="text" value="104,0900"/>	m <sup>2</sup>
Günlük sıcak su kullanımı	<input type="text" value="93,2876"/>	litre
Sıcak su enerji ihtiyacı	<input type="text" value="1544,6930"/>	kWh/yıl

**İç Kazançlar**

Konut Alanı	<input type="text" value="104,0900"/>	m <sup>2</sup>
İç Kazançlar	<input type="text" value="520,4500"/>	W

[<<geri](#)      [ileri>>](#)

Şekil 28. Sıcak su enerji ihtiyacı modülü (Modül 7).

#### Modül 8: Güneş Kazançları

Pencerelerden olan güneş enerjisi kazançları ise pencere yüzey alanı girilerek, cam tipi, çerçeve tipi ve varsa gölgeleme elemanları bilgileri seçilerek hesaplanır. Ufuk açısı hesabı için konutun yerden yüksekliği, karşı binanın toplam yüksekliği ile binalar arası mesafe girilmelidir. Binalar arası mesafe bilgisi 3 boyutlu kent bilgi sisteminden alınmıştır (Şekil 29).

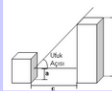




localhost:2839/Default5.aspx

### KAPITL-ES3

#### Güneş Kazançları

Konutunuzun yakınında gölge etmeni yaratacak binalar varsa bunlar için ufuk açısı belirleyiniz. Pencerenizin üzerinde gölge etmeni yaratacak çıkıntı vs. varsa düşey düzlem açısını, sağında yada solunda gölge etmeni yaratacak çıkıntı vs. varsa yatay düzlem açısını belirleyiniz.

	Pencere Alanı	Cam Tipi	Doğrama Tipi	Ufuk Açısı	Düşey Düzlem Açısı	Yatay Düzlem Açısı
Güney	6,2400 m <sup>2</sup>	tekCam	Ahşap	Seç	Seç	Seç
Kuzey	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Doğu	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Batı	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Güneydoğu	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Güneybatı	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Kuzeydoğu	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç
Kuzeybatı	0,0000 m <sup>2</sup>	-Seçiniz-	-Seçiniz-	Seç	Seç	Seç

Toplam Enerji Kazancı: 549,1321 W

[<<geri](#) [ileri>>](#)

**Şekil 29.** Güneş kazançları modülü (Modül 8).

#### Modül 9: Enerji Tüketimi İçin Ortalama İç Sıcaklık

Yazılımda tanımlanan “ortalama iç sıcaklık”, binanın enerji tüketiminin gerçeğe yakın olarak tahmin edilebilmesi için hesaplanan iç sıcaklıktır ve ısı konfor sıcaklığından farklıdır. EN 15251'deki I. kategori binalar için önerilen konfor sıcaklıkları seçilmiştir. Bu sıcaklıklar yaşam alanı için 21°C, diğer hacimler için 18°C'dir. Bina ısıtma sisteminde kontrol (termostat, zaman ayarlayıcı vb.) bulunup bulunmamasına, yaşam alanı ve diğer alanların ısıtma sistemi kontrolünün birbirinden bağımsız olup olmamasına ve ısıtma sisteminin sürekli/kesikli çalışıyor olması durumuna göre ortalama iç sıcaklık yazılım tarafından hesaplanır. Bu modülde konutlarda termostat yok kabulü yapılmıştır (Şekil 30).

Güneş kazançları ve iç ısı kazançlarına bağlı olarak iç ortamda oluşacak sıcaklık artışı dikkate alınarak konut temel sıcaklığı ve bu sıcaklığa bağlı olarak derece-gün değeri ile hacim ısıtma ihtiyacı (toplam özgül ısı kaybı X derece-gün değeri) aynı modülde hesaplanır.

Aydınlatma enerji tüketimi, konuttaki toplam duyu sayısı ve düşük enerjili ampul sayısı verilerinin girilmesi ile hesaplanır. Duyu sayısı verilmeyen projelerde; zemin katlar için duyu sayısı 6, diğerleri için 13, düşük enerjili ampul kullanımının olmadığı kabul edilmiştir.

**KEP-İYTE-ESS**

**Enerji tüketimi için ortalama iç sıcaklık**

Yaşam alanı ve diğer alanların ısıtma sistemi kontrolü birbirinden bağımsız mı?	<input type="text" value="Hayır"/>
Termostat var mı?	<input type="text" value="Yok"/>
Termostat tipini seçiniz	<input type="text" value="Termostat Yok"/>
Enerji tüketimi için ortalama iç sıcaklık	<input type="text" value="21,0489"/> °C

**Derece-Gün**

Toplam kazanç sonucu sıcaklık artışı	<input type="text" value="4,4784"/> °C
Konut temel sıcaklığı	<input type="text" value="16,5705"/> °C
Derece-Gün Değeri	<input type="text" value="942,8462"/> °C-gün

**Hacim Isıtma İhtiyacı**

Hacim ısıtma ihtiyacı	<input type="text" value="2680,4320"/> kWh
-----------------------	--

**Aydınlatma Enerji Tüketimi**

Toplam sabit aydınlatma duy sayısı	<input type="text" value="13"/>
Düşük enerjili ampul kullanılan duy sayısı	<input type="text" value="0"/>
Aydınlatma elektrik tüketimi	<input type="text" value="968,0370"/> kWh

[<<geri](#) [ileri>>](#)

**Şekil 30.** Enerji tüketimi için ortalama iç sıcaklık modülü (Modül 9).

Enerji ihtiyaçlarının belirlendiği ilk 9 modülden sonra Modül 10'da bir konut/binanın ısıtma, sıcak su ve aydınlatma için gerekli enerji ihtiyaçlarını karşılayacak olan sistemlerin enerji tüketimleri ayrı ayrı hesaplanmakta ve bunların birincil enerji cinsinden değerleri toplanarak konut/binanın yıllık toplam birincil enerji tüketimi kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak bulunmaktadır (Şekil 31). Sistemlerin enerji tüketimlerinin hesabında bu sistemlerin enerji dönüşüm verimleri, dağıtım kayıpları ve taşıyıcı akışkan pompalama enerji ihtiyaçları göz önüne alınır. Eğer yenilenebilir enerji kaynakları ve/veya yeni enerji teknolojileri kullanılıyorsa, bunların sağladığı enerji miktarları da enerji tüketimi hesabında tüketimi azaltıcı yönde dikkate alınır. Konut/binaların ısıtma ve sıcak su enerji ihtiyaçları verimleri, dağıtım kayıpları ve taşıyıcı akışkan pompalama enerji tüketimleri farklı olan bireysel, merkezi veya bölgesel ısıtma sistemleri tarafından sağlanabilir. Ayrıca bu üç farklı sistemde (bireysel sistemde pek olası olmamakla birlikte) tepe yükleri karşılamak üzere farklı verimde yedek sistemler olabilir. Konut/binaların enerji tüketimleri de bu farklı sistemler göz önüne alınarak hesaplanmaktadır.

KEP-İYTE-ESS	
Toplam Enerji Tüketimi	
<b>HACİM ISITMA</b>	
Ana ısıtma sisteminin mevsimsel verimi	79 %
Ana ısıtma sistemi enerji tüketimi	3392,9510 kWh/yl
<b>SU ISITMA</b>	
Su ısıtıcısının verimi	100 %
Su ısıtma sisteminin enerji tüketimi	1544,6930 kWh/yl
Dağıtım kaybı	9,6543 kWh/yl
Toplam tüketim	1554,3470 kWh/yl
Sıcak su deposunun hacmi ( Binanın su deposu )	0 litre
Depolama kaybı	0,0000 kWh/yl
<b>POMPALAR FANLAR ve AYDINLATMA</b>	
Verime katılmayan tüm pompa ve fanların elektrik tüketimi	0,0000 kWh/yl
Aydınlatma elektrik tüketimi	968,0370 kWh/yl
<b>YILLIK TOPLAM BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ</b>	
Yıllık toplam birincil enerji tüketimi	11100,2900 kWh/yl
Metrekareye düşen yıllık toplam birincil enerji tüketimi	106,6413 kWh/m <sup>2</sup> yıl
<a href="#">&lt;&lt;geri</a>	<a href="#">ileri&gt;&gt;</a>

**Şekil 31.** Toplam enerji tüketimi modülü (Modül 10).

### Modül 11: Sera Gazı Emisyonu

Konut/binanın enerji tüketimine bağlı olarak çevreye verdiği yıllık karbondioksit emisyonu miktarı (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl) Modül 11'de hesaplanır. Ayrıca enerji ve karbondioksit emisyon sınıfı da bu modülden verilir (Şekil 32).

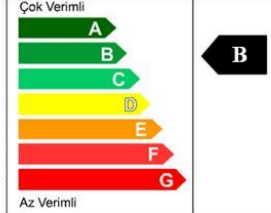
KEP-İYTE-ESS	
Sera Gazı Emisyonu	
Yıllık toplam CO <sub>2</sub> emisyonu	2156,1490 kgCO <sub>2</sub> /yıl
Metrekareye düşen CO <sub>2</sub> emisyonu	20,7143 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl
<b>Konutların Enerji ve CO<sub>2</sub> Performans Sınıfının Belirlenmesi</b>	
Konutun enerji sınıfı	B
Konutun sera gazı emisyon sınıfı	B
<a href="#">&lt;&lt;geri</a>	<a href="#">ileri&gt;&gt;</a>

**Şekil 32.** Sera gazı emisyonu modülü (Modül 11).

## Modül 12: Sertifikalandırma

Konut veya bina sahibi için, enerji tasarruf çalışmalarında, alım satım işlemlerinde ve benzeri işlerde kullanılmak üzere, enerji ve karbondioksit sertifikaları hem konut hem de bina için ayrı ayrı düzenlenir (Şekil 33).

**KONUT ENERJİ PERFORMANSI  
ENERJİ SERTİFİKASI**

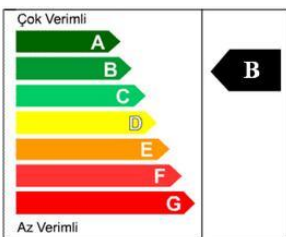


Konut Bilgileri	
Enerji Kimlik No	502
İl	İZMİR
İlçe	Konak
Mahalle	Göztepe
Sokak	834
Net Konut Alanı	99,51
Birincil Enerji Tüketimi	108,7887 kWh/m <sup>2</sup> yıl

Bilgiyi Düzenleyen	
Adı	Cihan
Soyadı	TURHAN
Enerji Yöneticisi Sicil No	1990
İmzası	
Belge düzenleme tarihi	11.03.2011
Belge son geçerlilik tarihi	11.03.2016

[Sayfayı Yazdır](#)

**KONUT ENERJİ PERFORMANSI  
KARBONDİOKSİT SERTİFİKASI**



Konut Bilgileri	
Enerji Kimlik No	502
İl	İZMİR
İlçe	Konak
Mahalle	Göztepe
Sokak	834
Net Konut Alanı	99,51
Sera Gazı Emisyonu	21,2074 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl

Bilgiyi Düzenleyen	
Adı	Cihan
Soyadı	TURHAN
Enerji Yöneticisi Sicil No	1990
İmzası	
Belge düzenleme tarihi	11.03.2011
Belge son geçerlilik tarihi	11.03.2016

[Kaydet](#) [Farklı Kaydet](#) [Sayfayı Yazdır](#)

Şekil 33. Sertifikalandırma (Modül 12).

### Modül 13: Raporlama

ISO 13790 ve EN 15217 standartlarının önerdiği, konutlar ve konutların bulunduğu binalar için yapılan tüm hesaplama sonuçlarını, bina ve belgeyi düzenleyen kişiye ait bilgileri içeren rapor dokümanı Modül 13'de verilir. Bu rapor, Türkiye bina stoğuna ait istatistiksel çalışmalarda kullanılmak üzere saklanır (Şekil 34).

KEP-İYTE-ESS			
Konutlarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Raporu (KEP-SDM : K-Rapor)			
<input type="checkbox"/> BEPY gereği <input type="checkbox"/> Enerji performansı optimizasyonu <input type="checkbox"/> Enerji kullanım etkinliğinin geliştirilmesi <input type="checkbox"/> Enerji tüketiminin belirlenmesi		Konut Adres Bilgileri	
Konutun bulunduğu il		Konut enerji kimlik no	401
Tesisat tasarım dış sıcaklığı		İl	İZMİR
Yaşam alanı tasarım sıcaklığı		İlçe	Konak
Diğer alanlar tasarım sıcaklığı		Mahalle	Göztepe
Şebeke suyu sıcaklığı		Sokak	834
		No	24
Belgeyi Düzenleyen			
Adı		Cihan	
Soyadı		TURHAN	
Enerji Yöneticisi Sicil No		1990	
İmzası			
Raporun Düzenlenme Tarihi		11.03.2011	
Konutun Isı Transfer Karakteristikleri			
Isı kayıp parametresi		1,1380 W/m <sup>2</sup> K	
Hava değişim sayısı (n)		0,5000 1/h	
Derece-gün		993,2418 °C-gün	
ENERJİ PERFORMANS PARAMETRELERİ			
Birincil Enerji Tüketimi		109,3895 kWh/m <sup>2</sup> yıl	
Sera Gazı Emisyonu		21,4380 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl	
İletim özgül ısı kaybı		71,8623 W/K	
Havalandırma özgül ısı kaybı		46,8925 W/K	
Sıcak su depolama kaybı		25,0921 kWh/yıl	
Sıcak su dağıtım kaybı		9,8543 kWh/yıl	
Enerji Kazançları		Toplam kazançlar 495,8772 W	
		Sayfayı Yazdır	
<a href="#">&lt;&lt;geri</a>		<a href="#">İleri&gt;&gt;</a>	

Şekil 34. Raporlama (Modül 13).

Yazılım giriş verileri Tablo 11' de, çıktıları ise Tablo 12'de listelenmiştir. Projede yer alan her bina için Tablo 11' de listelenen giriş verileri derlenmiş ve KEP-İYTE-ESS'ye girilmiştir. Tablo 12' de listelenen veriler elde edilmiş ve tasarım verimlilik göstergeleri ile karşılaştırmak üzere listelenmiştir.

**Tablo 11.** KEP-İYTE-ESS giriş verileri.

Adres Bilgileri	Yapı Bilgileri	Isıtma Sistemi Bilgileri
İl	Bina kat adedi	Merkezi ısıtma var mı?
İlçe	Kat daire sayısı	Merkezi sıcak su sistemi var mı?
Mahalle	Ortak alan (m <sup>2</sup> )	Isıtma sistemi tipi
Sokak	Ortak alan ısıtılıyor mu?	Isıtma sistemi yakıtı
No	Bina tipi	Isıtma sistemi kullanım şekli (sürekli/kesikli)
Posta Kodu	Korunum sınıfı	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılıyor mu?
	Dışa açık yüzey sayısı, alanı	Su ısıtma sistemi tipi
<b>Belgeyi Düzenleyen</b>	Konstrüksiyon tipi	Su ısıtma sistemi yakıtı
Adı Soyadı	Konut kat sayısı (dubleks, tripleks)	Yedek ısıtma sistemi var mı?
Enerji yöneticisi sicil no	Taban alanı (m <sup>2</sup> )	Sıcak su deposu var mı? Varsa hacmi?
Düzenleme tarihi	Ortalama kat yüksekliği (m)	Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemi var mı?
Son geçerlilik tarihi	Toplam yaşam alanı (m <sup>2</sup> )	Yaşam alanı ve diğer alanların ısıtma sistemi kontrolü birbirinden bağımsız mı?
	Havalandırma yöntemi (doğal, doğal+mekanik)	Termostat var mı? Varsa tipi?
	Sızdırmazlık özellikleri	
	Tavan, taban, dış duvar malzemeleri ve kalınlıkları	<b>Aydınlatma Bilgileri</b>
	Pencere ve çerçeve tipi	Toplam sabit duy sayısı
	Pencere alanı	Düşük enerjili ampul kullanılan duy sayısı
	Konutun yerden yüksekliği	
	Karşı binanın toplam yüksekliği	
	Komşu binadan uzaklığı	

**Tablo 12** Yazılım çıktıları.

Konut/Yapı Enerji Tüketimi	Konut/Yapı CO <sub>2</sub> Emisyonu
Dış yüzey bileşenleri ve pencere U değerleri (W/m <sup>2</sup> K)	Yıllık toplam CO <sub>2</sub> emisyonu (kg CO <sub>2</sub> /yıl)
Isı yükü (W)	Birim alan yıllık CO <sub>2</sub> emisyonu (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)
Aydınlatma yükü (W)	Konut CO <sub>2</sub> emisyon sınıfı
İç kazançlar (W)	Bina CO <sub>2</sub> emisyon sınıfı
Toplam güneş kazançları (W)	
Aydınlatma elektrik tüketimi (kWh)	
Hacim ısıtma toplam enerji tüketimi (ana ısıtma enerji tüketimi) (kWh/yıl)	
Su ısıtma toplam tüketimi (kWh/yıl)	
Yıllık toplam birincil enerji tüketimi (kWh/yıl)	
Birim alan yıllık toplam birincil enerji tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	
Konut enerji sınıfı	
Bina enerji sınıfı	

### 3.2.2 İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler ANOVA (tek yönlü varyans analizi), regresyon ve ki-kare istatistiksel analizleri ile değerlendirilmiştir. Aşağıdaki faktörler/parametreler tek yönlü varyans analizi ile incelenmiştir.

- i. Mesleki unvan ile enerji sınıfları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için şu aşamalar gerçekleştirilmiştir.
  - a. Öncelikle, mesleki unvana göre üç grup oluşturulmuştur. Bunlar mimar, y.mimar ve mühendis gruplarıdır.
  - b. İkinci aşamada, bina enerji sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı belirlenmiştir.
  - c. Üçüncü aşamada, mesleki unvana ait konut binalarının, bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı grafiksel olarak hazırlanmıştır.
  - d. Dördüncü aşamada ise tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen üç gruba uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )
- ii. Parsel durumu (imar düzeni) ile enerji sınıfları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için benzer şekilde dört aşama uygulanmıştır.
  - a. İlkinde, imar düzenine göre bitişik nizam/köşe, bitişik nizam/ara ve ayırık olmak üzere üç grup oluşturulmuştur.
  - b. İkincisinde, bina enerji sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı belirlenmiştir.
  - c. Üçüncüsünde, parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı ve toplam sayısı grafiksel olarak hazırlanmıştır.
  - d. Dördüncü aşamada, ise tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen üç gruba uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )
- iii. Konut binalarının enerji tüketimlerinin yalıtım olup olmamasına göre anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını ortaya çıkarmak amacıyla analiz iki aşamada yapılmıştır.
  - a. İlk aşamada, binalar yalıtımlı ve yalıtımsız olarak iki gruba ayrılmıştır.
  - b. İkincisinde, t-test analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen iki gruba uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )
- iv. Tasarım göstergeleri ile enerji sınıfları(ile enerji tüketimleri) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını araştırmak amacıyla analiz üç aşamada yapılmıştır.
  - a. İlk aşamada, binaların enerji sınıflarına göre beş grup belirlenmiştir.
  - b. İkinci aşamada, her bir göstergenin enerji sınıflarına göre dağılımı oluşturularak gruplar arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı, tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen beş gruba uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )

- yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı(G1)ile bina enerji sınıfları
  - pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2) ile bina enerji sınıfları
  - biçim faktörü(en/boy oranı)(G3) ile bina enerji sınıfları
  - yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4) ile bina enerji sınıfları
  - yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G5) ile bina enerji sınıfları
  - yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6) ile bina enerji sınıfları
  - yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranının (G7) ile bina enerji sınıfları
  - yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8) ile bina enerji sınıfları
- c. Üçüncü aşamada, tasarım verimlilik göstergelerine göre verimlilik sınıfları oluşturulmuştur.
- d. Son aşamada, enerji tüketimlerinin tasarım verimlilik göstergelerine göre dağılımı belirlenerek anlamlı farklılıklar olup olmadığını incelemek için tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen gruplara uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )
- v. Tasarım göstergelerin tümünün enerji tüketimlerine olan etkisini araştırmak amacıyla lineer çoklu regresyon analizi yapılmıştır.
- vi. Her bir tasarım göstergesinin enerji tüketimi ile ilişkisi dağılım grafikleri aracılığıyla incelenmiştir.
- vii. Mimari ölçütlere göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizleri üç aşamada gerçekleşmiştir.
- a. Birinci aşamada, mimari ölçütler pencere alanı, A/V oranı, yönler ve kat adedi olarak belirlenmiştir.
  - b. İkinci aşamada, pencere alanına göre üç, A/V oranına göre üç, yönlere göre dört ve kat adedine göre beş grup oluşturulmuştur.
  - c. Üçüncü aşamada, tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen gruplara uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )
- viii. Önerilen tasarım verimlilik grupları ile enerji tüketimleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ve t-test ile % 5'lik güven aralığında incelenmiştir.



- ix. Klimalı ısıtma sistemi sobalı ısıtma olacak şekilde değiştirilip ısıtma sisteminin etkisinin azaltılması düşünülmüş ve bu şekilde analizler tekrarlanmıştır.
- x. Tasarım verimlilik göstergeleri ve mimari ölçütlerin binanın CO<sub>2</sub> salımı ile olan ilişkisi de tek yönlü varyans analizi ve t-test ile % 5'lik güven aralığında araştırılmıştır. Analizler mesleki unvan ve parsel durumuna göre de tekrar edilmiştir.
- xi. Son olarak, ilişkili çıkan göstergeler ile sadeleştirilen enerji performans grupları arasında dağılım grafikleri hazırlanarak; tüm elde edilen bulgular ışığında tasarım verimlilik gruplarının hangi değer aralıklarında hangi enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarına karşılık etkin geldiği tablollaştırılarak sunulmuştur. Göstergelere göre belirlenen tasarım verimlilik sınıfları ile binaların enerji performans sınıfları arasındaki etkinlik karşılaştırmalı tablo haline getirilmiştir.

### 3.2.3 Yapay Sinir Ağ modeli (Yapay Zeka Analizi)

Yapay sinir ağları, insan beyninin fonksiyonlarına dayandırılarak oluşturulmuş, öğrenme ve tahmin etme amaçlı oluşturulan yapılardır. Yapay sinir ağları, birbirleriyle ilişkili birçok sinir hücresinden oluşur. Bunlar girdiler, synaptic strength, activation output and bias tır ve ağ tarafından bağlantıları yapılıdır (Singh ve diğerleri, 2007). Modelleme, tahminleme ve özellikle veriler arası bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri belirlemek için kullanılır. Yapay sinir ağları, doğrusal değildir. Doğrusal modeller, önemli detayları anlayabildikleri ve açıklayabildikleri takdirde başarılı olabilirler. Ancak problemin temelindeki ilişki doğrusal olmadığı zamanlarda kullanmak uygun değildir. Bu yöntemin avantajı birçok değişkenli karmaşık problemlerin modellenmesini başarıyla ve kolaylıkla gerçekleştirebilmesidir (Gonzalez ve Zamarrano, 2005).

Yapay sinir ağlarında (YSA), girdi bilgileri ve bu girdilere karşılık gelen çıktı bilgileri verilmekte ve böylece girdi-çıktı arasındaki ilişkinin öğrenilmesi sağlanmaktadır. Eğitim girdi ve çıktı arasındaki ağırlıkların belirlenmesi ile gerçekleştirilir. Başarılı eğitim sürecinden sonra model kendi tahminlerini yapabilir ve kendini test eder. Model üç aşamada kurulur. İlk aşama olan modelleme verilerin analizini, tahmin edilecek değişken için gerekli olan girdi parametrelerinin belirlenmesini, sinir ağ tipinin seçilmesini ve model içi kuralların seçilmesini içerir. İkinci aşama olan öğrenme verilerin hazırlanmasını ve öğrenme algoritmasının çalıştırılmasını kapsar. Son aşama test etme modelin tahmin etme doğruluğunu ortaya çıkarır. Tahmin edilen çıktı değerleri ile asıl olan çıktı değerleri arasındaki hata oranı hesaplanır.

YSA'ları geniş çaplı kullanım alanına sahiptir. Bunun nedeni klasik tekniklerle çözümü zor olan problemler için alternatif olmasıdır. Bu yüzden binalarda enerji tüketimini etkileyen faktörleri anlamakta kullanılabilir. Binalarda enerji tüketimini etkileyen parametreler arasındaki ilişki karmaşık ve birbirlerine bağlıdır. Bu yüzden yapay sinir ağları ile incelenmesi daha anlamlı olur.

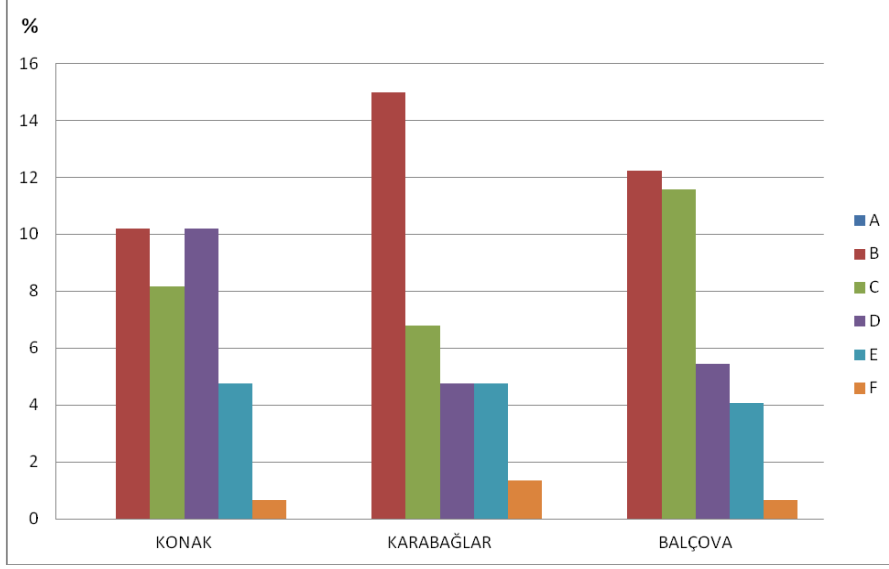
Bu çalışmada, girdi parametreleri, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü (en/boy oranı), yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır. Çıktı parametresi tüm binanın enerji tüketimidir. Üç katmanlı (girdi, saklı ve çıktı) olarak kurulan modelin öğrenim algoritması Levenberg-Marquart olarak belirlenmiştir. Performansın değerlendirilmesinde ortalama kare hata kullanılmıştır. Transfer fonksiyonu tanjant hiperbolik fonksiyonudur. Modelin öğrenmesi ve test edilmesi için MATLAB 2008b ve NEUROSOLUTIONS 5 yazılımları kullanılmıştır. Sonuçta kullanılan girdi parametreleri ile binanın enerji tüketimi tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## **4 BULGULAR**

### **4. 1 KEP-SDM Yönteminin bulguları**

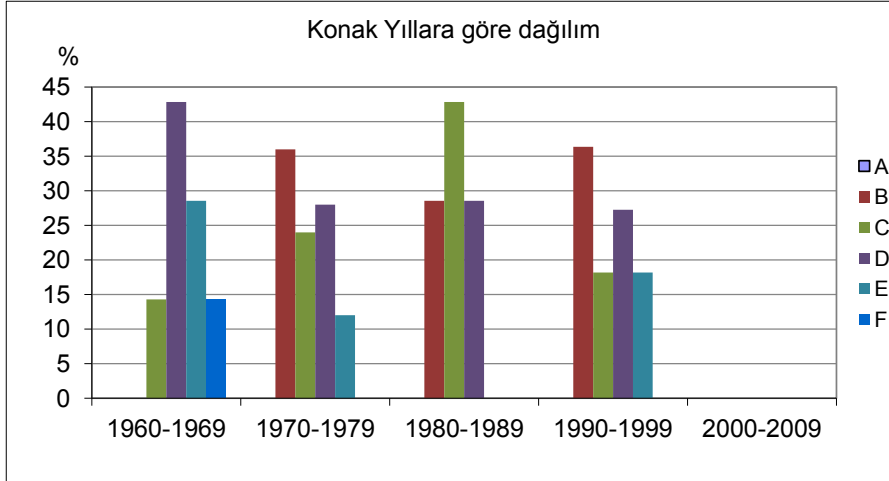
#### **4.1.1 Binaların enerji tüketimleri ve enerji sınıfları (yıllara göre, ilçelere göre, ısıtma sistemine göre)**

İlçeler bazında incelendiğinde konut binalarının enerji sınıflarının yüzdelerinin dağılımı Şekil 35'te görülmektedir. Mevcut binalar arasında yönetmeliğe uygun olarak C ve B enerji sınıfına ait binaların yüzdesi en fazla %24 ile Balçova ilçesinde görülmektedir. Balçova'yı sırasıyla Karabağlar ve Konak izlemektedir. Balçova'da özellikle 2000'den sonra inşa edilen binaların sayısının fazlalığı böyle bir durumun nedeni olabilir. Benzer şekilde Karabağlar'da son yıllarda yeni inşa edilen binaların sayılarında artış gözlenmektedir. Konak ilçesinde bulunan ve bu çalışmada incelenen mevcut konut binalarının yaklaşık %15'i ise D ve E enerji sınıfına aittir. Diğer ilçelerde bu oran yaklaşık %10 civarında olmuştur. Konak'taki binaların 2000 yılından önce inşa edilmiş olmaları, gerek yalıtımsız olmaları gerekse eski yapı malzemeleriyle inşa edilmiş olmaları enerji tüketimlerinin diğer ilçelerdeki binalara göre daha fazla miktarda hesaplanmasına sebep olduğu düşünülür. 2000 yılı karakteristik bir yıldır; TS 825 ile Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin hazırlanıp zorunlu olarak bina yapımlarında uygulanması bu tarihten sonra gerçekleşmiştir. 2000 yılından sonra ve Karabağlar ile Balçova' da inşa edilen binaların çoğunun B enerji sınıfında olduğu anlaşılmıştır. Bu dönem, inşaat sektörünün teknolojik gelişmelerle ve çağdaş yapı malzemeleriyle (yalıtım özelliği yüksek ve hava sızdırmazlığı iyi olan) geliştiği bir dönemdir.

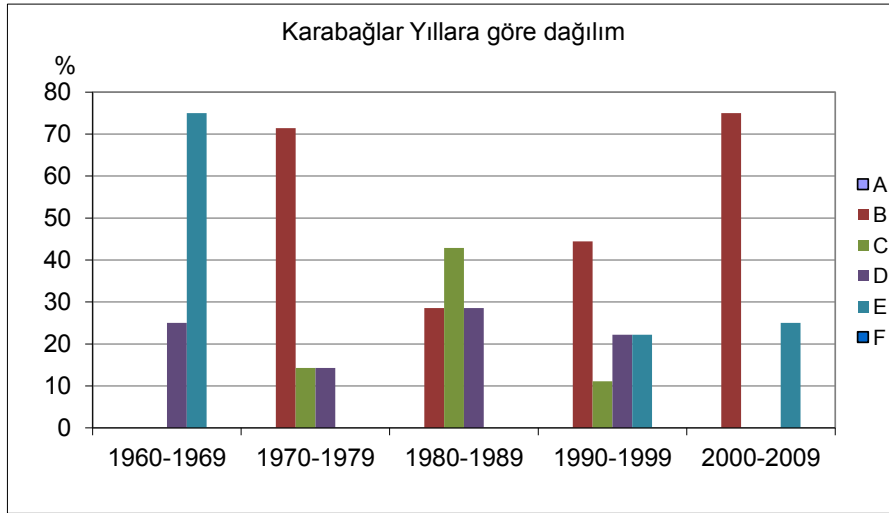


Şekil 35. Bina enerji sınıflarına ait konut binalarının ilçelere göre yüzdelerinin dağılımı

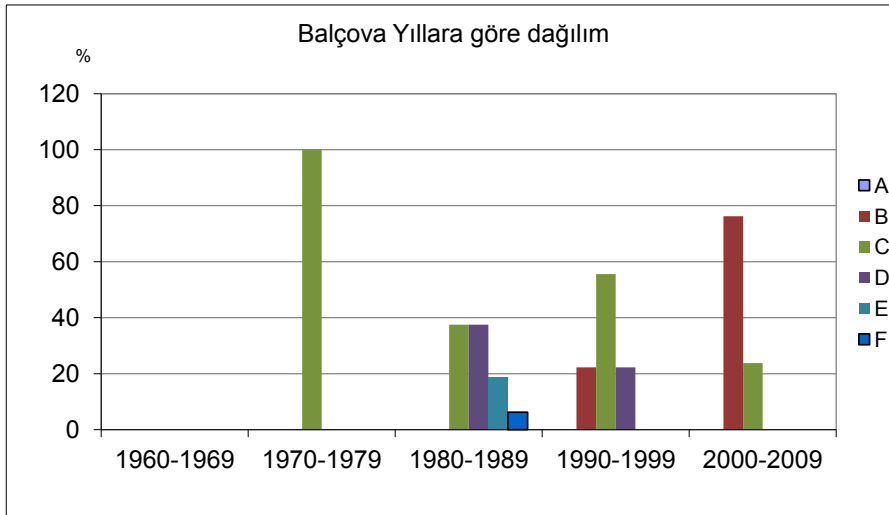
İlçeler bazında, enerji sınıflarının yıllara göre dağılımları detaylı olarak incelendiğinde Konak'ta özellikle 70'li yıllarda inşa edilen binaların büyük çoğunluğunun(70'li yıllara ait binaların %60'ının) B ve C enerji sınıfında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 36). Bunun nedeninin, binaların bitişik nizam/ara imar düzenine göre konumlanmış olmaları ve buna bağlı olarak da ısı kaybı olan yüzey alanlarının azalması olduğu düşünülmektedir. Benzer durum Karabağlar ve Balçova için de geçerli olabilir. Ancak özellikle bu ilçelerde 2000 yılından sonra inşa edilen binaların enerji sınıfları B ve C olmuştur.



(a)



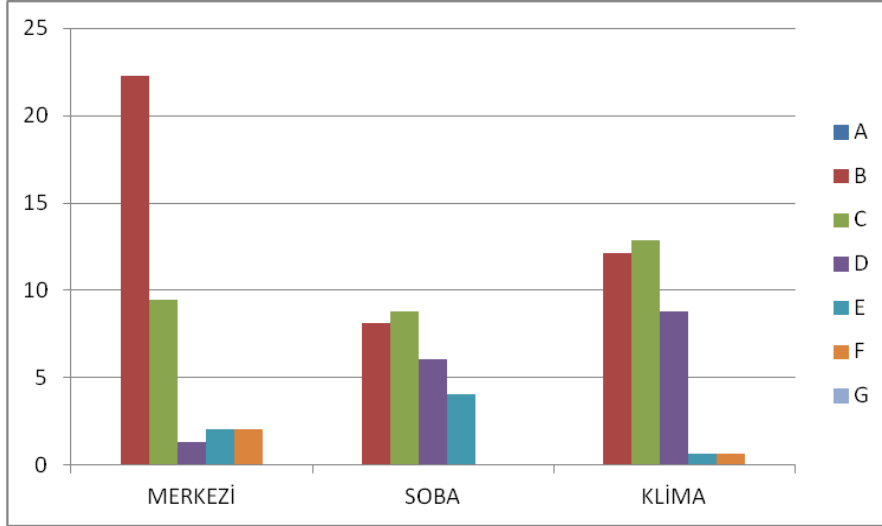
(b)



(c)

Şekil 36. Konak (a), Karabağlar (b), Balçova (c) ilçelerindeki binaların enerji sınıflarının yapım yıllarına göre yüzdelerinin dağılımı

Isıtma sistemleri üç farklı ısıtma sistemi olarak dikkate alındığında, merkezi ısıtma sistemli binaların çoğunun B ve C enerji sınıfında olduğu görülmüştür. İncelenen tüm binaları yaklaşık % 32'lik bir bölümü bu gruba girmektedir (Şekil 37). Klimalı binaların D enerji sınıfına ait olanlarının tüm binalara olan oranı yaklaşık %9 olmaktadır. Merkezi ısıtmanın diğerlerine göre ısıtma sistemi verimliliğinin yüksek olduğu ve enerji performansına katkı sağladığı düşünülmektedir. Soba ve klimalı ısıtma ayırımı yapılmadan bireysel ısıtma olarak ele alınması ve ısıtma sistemleri iki grupta incelenmesi ile tekrarlanan analizler sonucunda benzer bulgular elde edilmiştir (EK-9).



Şekil 37. Binaların enerji sınıflarının ısıtma sistemlerine göre yüzdelerinin dağılımı

#### 4.1.2 Binaların CO<sub>2</sub> salımları ve CO<sub>2</sub> sınıfları (yıllara göre, ilçelere göre, ısıtma sistemine göre)

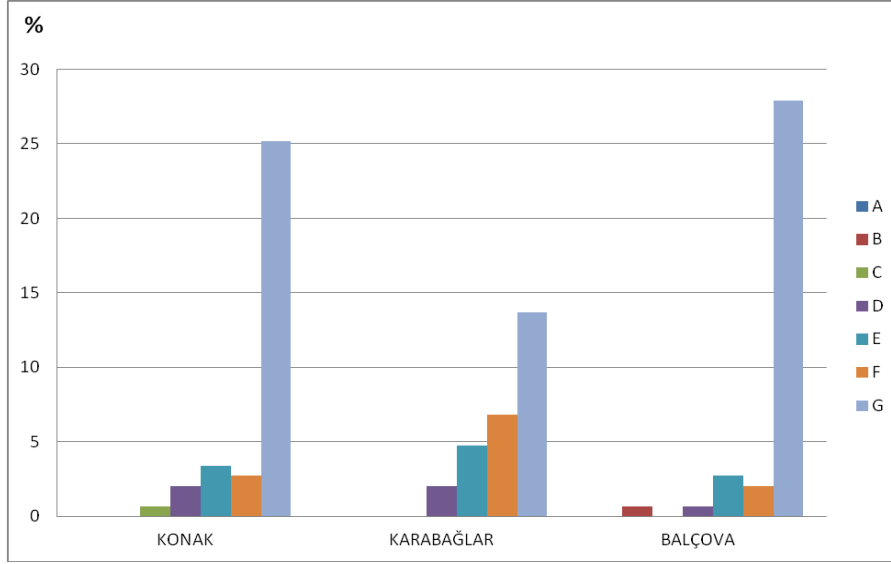
CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının ilçelere göre yüzdelerinin dağılımı ise Şekil 37'de verilmiştir. İncelenen binaların büyük bir çoğunluğunun CO<sub>2</sub> sınıfının G olduğu anlaşılmıştır. Tüm binalar içerisinde, Balçova'da G sınıfında olan binaların oranı % 28, Konak'takilerin oranı % 25 ve Karabağlar'dakilerin oranı ise %14 seviyesindedir.

Buna göre, binaların büyük çoğunluğunun CO<sub>2</sub> sınıfının G olduğu ve büyük ölçüde çevre kirliliğine sebep olduğu sonucuna ulaşılır. Bu olumsuz sonucun nedeninin; incelenen binaların projelerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda, yakıt olarak eski yıllarda inşa edilen binalarda merkezi ısıtma sisteminde linyit kömürü, yeni binaların merkezi ısıtma sisteminde fuel oil, ya da çoğunlukla sobalı olanlarda linyit kömürü kullanılması olduğu düşünülmektedir. Ancak İzmir'de yakıt olarak elektriğin (klimalı ısınma) de yüksek oranda kullanıldığı görülmektedir. Bahsedilen tüm yakıtlar çevreye zarar vermektedir. Tablo 13'ten de görüleceği gibi linyit kömürünün kullanımı fuel-oil kullanımından daha fazla sera gazı üretmektedir. Doğal gaz diğer yakıt türlerine oranla daha az miktarda sera gazı üretilmesine neden olmaktadır. Elektrik üretiminin şehir içinde gerçekleştirilmediği ve bu nedenle de lokal bazda hava kirliliği yaratmadığı fakat global ölçekte Türkiye'nin sera gazı üretimine katkıda bulunduğu düşünüldüğünde, elektrikli ısıtma sistemlerinin kullanımının da azaltılması önerilebilir.

Tablo 13. *Birincil Enerji ve Sera Gazları Emisyonu Dönüşüm Katsayıları* (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008).

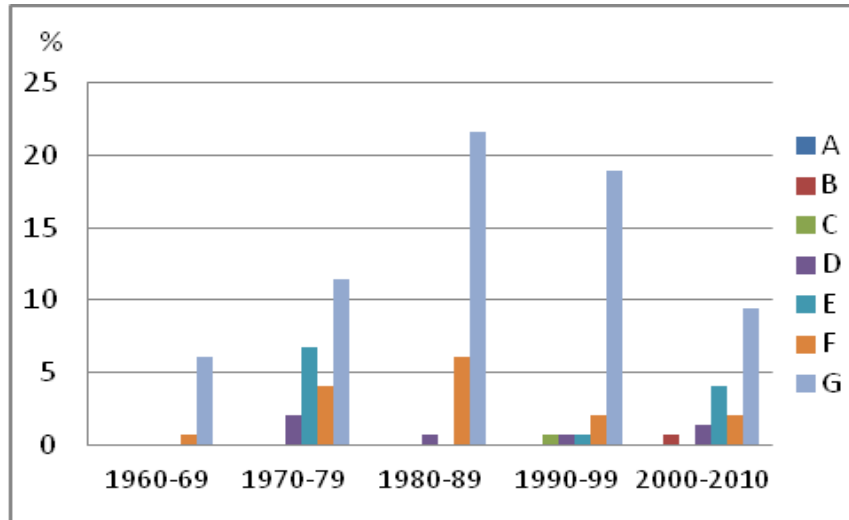
	*Birincil Enerji Dönüşüm Katsayıları		SEG Dönüşüm Katsayısı [kg eşd.CO <sub>2</sub> /kWh]
	Yenilenebilir olmayan kaynak	Toplam	
Fuel-Oil			0.330
Doğalgaz			0.234
Gaz (propan, bütan, metan, biyogaz)			0.277
Diğer fosil yakıtlar			0.320
Antrasit			0.394
Linyit			0.433
Kok			0.467
Talaş			0.004
Kütük, biokütle			0.014
Kayın kütüğü			0.013
Kök nar kütüğü			0.020
Hidrolik enerji santralinden elektrik			0.007
Nükleer enerji santralinden elektrik			0.016
Kömür enerji santralinden elektrik			1.340
Doğalgaz enerji santralinden elektrik			0.819
Karışık elektrik			0.617
<b>*Birinci enerji dönüşüm katsayıları; ilgili kurum ve kuruluşların belirlediği değerler esas alınacaktır.</b>			
NOT: Bu değişkenler, birincil enerjiyi nihai enerjiye dönüştürmek için dönüşüm ve iletim sistemlerinde gerekli olan enerjiyi içerir.			

CO<sub>2</sub> salımı değerlerinin ilçeler bazında dağılımı incelendiğinde, en yüksek salım değerlerinin (tüm binaların %28'i civarında) Balçova'daki binalardan kaynaklandığı görülmektedir. Diğer ilçelere göre Balçova'daki binaların bireysel ısıtma sistemleriyle(soba ile) ısıtıldığı düşünüldüğünde böyle bir sonuç olağan karşılanmaktadır. Konak'takilerin oranı ise %25 ile çok yakın bir değerdir. Karabağlar'da merkezi sistemli binaların çoğunlukta olması ve kullanılan yakıtın da fuel-oil olması G CO<sub>2</sub> salım sınıfına ait binaların oranının %14 civarında kalmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Şekil 38).



Şekil 38. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının ilçelere göre yüzdelerinin dağılımı

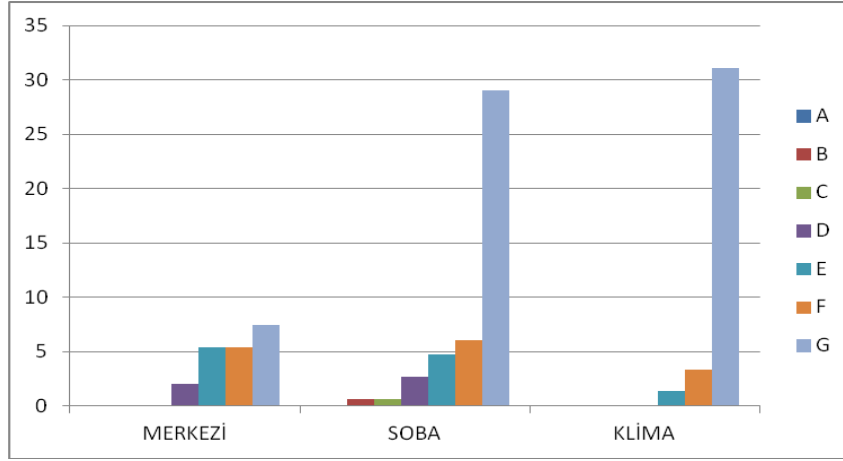
CO<sub>2</sub> değerleri binaların yapım yılları dikkate alındığında, G CO<sub>2</sub> salım sınıfında olan binaların en yüksek oranın % 22 ile 1980-89 yılları arasında inşa edilmiş olduğu anlaşılır. Bu dönemin yakıt tipi veya ısıtma sistemi açısından diğer dönemlerden ayırt eden bir özelliği olmadığı düşünülmektedir (Şekil 39).



Şekil 39. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının yıllara göre yüzdelerinin dağılımı

Isıtma sistemlerine göre CO<sub>2</sub> salım sınıfları incelendiğinde, tüm binaların %31'inin klimalı ve G CO<sub>2</sub> sınıfında, %29'unun ise sobalı ve G CO<sub>2</sub> sınıfında olduğu görülür. Bu açıdan çevreye en az zararı

merkezi sistemli binaların verdiği söylenebilir. Bunlardan G CO<sub>2</sub> sınıfında olanların tüm binalara oranı sadece %7 civarında kalmıştır (Şekil 40).

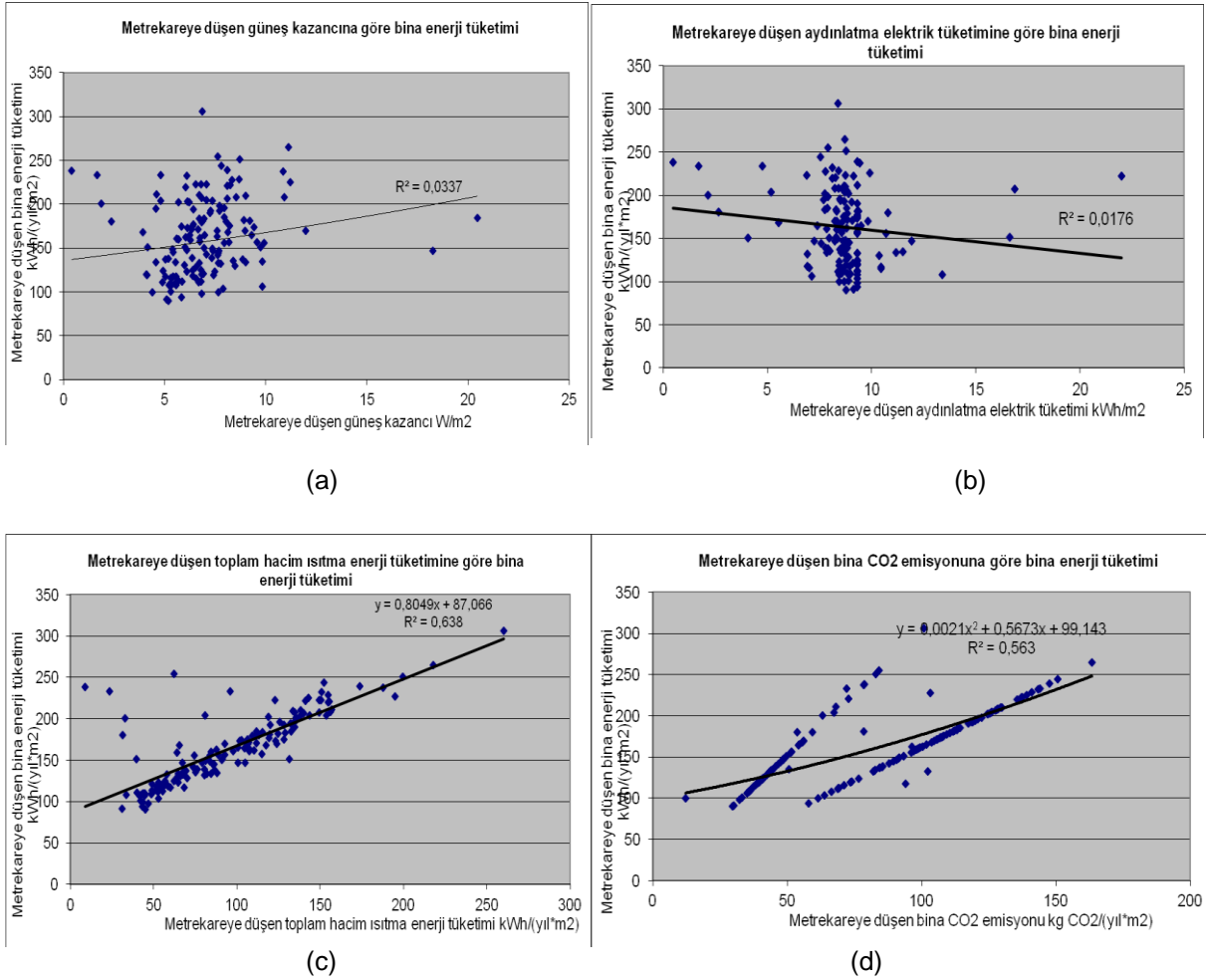


Şekil 40. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının ısıtma sistemine göre yüzdelerinin dağılımı

#### 4.1.3 Binaların enerji tüketimi bileşenleri (hacim ısıtma, iç kazanç, güneş kazancı v.b.)

Binaların enerji performansını belirleyen ve KEP-SDM yöntemi sonucunda elde edilen metrekareye düşen bina enerji tüketimini belirleyen başlıca bileşenler güneş kazancı, aydınlatma için harcanan elektrik tüketimi, toplam hacim ısıtma enerji tüketimi ve bunlara bağlı olarak hesaplanan CO<sub>2</sub> salım miktarıdır. Söz konusu bileşenler ile bina enerji tüketimi arasındaki ilişki Şekil 41'de gösterildiği gibi incelenmiştir. Buna göre, metrekareye düşen güneş kazancı çoğu bina için 5-10 W/m<sup>2</sup> aralığında homojen bir dağılım göstermekte iken metrekareye düşen bina enerji tüketimi 100-250 kWh/m<sup>2</sup> yıl olarak değişmektedir. Aralarında belirgin ve doğrusal bir ilişki görülmemiştir; ancak güneş kazancının yön ve pencere alanı ile birlikte toplam enerji tüketimini azaltan bir şekilde etki ettiği bilinmektedir. Böylece hesaplara katılmaktadır. Metrekareye düşen aydınlatma elektrik tüketimi ise 9-10 kWh/m<sup>2</sup> gibi dar bir aralıkta olduğundan toplam metrekareye düşen bina enerji tüketimine belirgin bir etkisi görülmemiştir. Toplam 100-250 kWh/m<sup>2</sup>yıl'lık bir aralık içerisinde aydınlatmaya düşen pay 9-10 kWh/m<sup>2</sup> lik bir aralıkta kalmıştır. Bu sonuç, daha çok mimari özelliklerin etkilerinin ön plana çıkması açısından hesaplama yönteminde basit ve tek tip ampullerin kullanılmasına bağlanabilir. Metrekareye düşen toplam hacim ısıtmanın toplam enerji tüketimine belirgin ve doğrusal olan etkisi Şekil 40'ta görülmektedir. Hacim ısıtma 50-150 kWh/m<sup>2</sup>yıl aralığında artarken toplam enerji tüketimi de 100-250 kWh/m<sup>2</sup>yıl aralığında artmaktadır. Benzer durum CO<sub>2</sub> salımı için de görülmüştür. Ancak benzer enerji tüketimi değerleri için iki farklı doğrusal ilişki ilginçtir. Bu durumun, kullanılan yakıt tipinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fueloil kullanılan merkezi sistemli binaların CO<sub>2</sub> salımı 30-60 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl gibi düşük bir aralıkta olmuştur. Linyit veya elektrik kullanılan binalarda ise CO<sub>2</sub> salımı 60-150 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl gibi yüksek bir aralıktadır.





Şekil 41. Binaların enerji tüketimi bileşenlerinin dağılımı; (a) metrekareye düşen güneş kazancına göre, (b) metrekareye düşen elektrik tüketimine göre, (c) metrekareye düşen toplam hacim ısıtma enerjisi tüketimine göre, (d) metrekareye düşen CO<sub>2</sub> salımına göre.

## 4.2 İstatistiksel Analizlerin bulguları

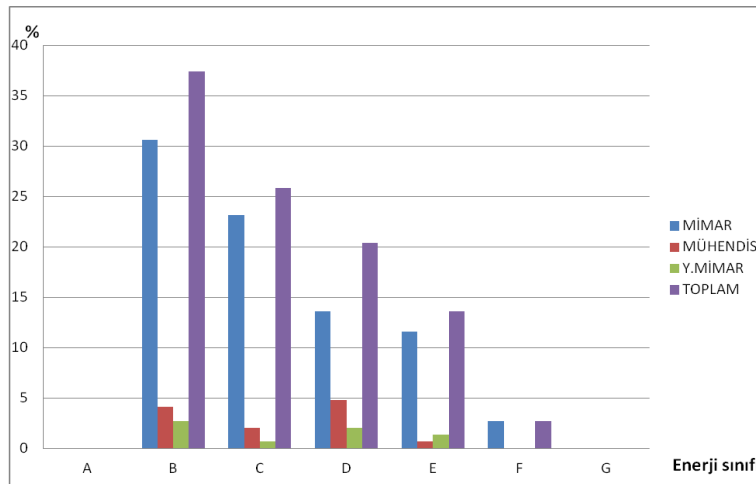
İstatistiksel analizler, mesleki unvan, parsel durumu, tasarım verimlilik göstergeleri, mimari ölçütler (pencere alanı, A/V oranı, yönler ve kat adedi) değişkenleri ile binaların enerji sınıfları ve enerji tüketimleri arasındaki anlamlı ilişkiyi araştırmak üzere gerçekleştirilmiştir. Benzer analizler CO<sub>2</sub> salımları ve CO<sub>2</sub> sınıfları için de tekrar edilmiştir. İncelenen binaların ısıtma sistemleri merkezi ısıtma, soba ve klima olarak belirlenmiş ve analizler bu şekilde enerji performansları hesaplanan binaların verileri kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler aracılığıyla aşağıda açıklanmıştır.

Isıtma sistemlerinin enerji performansına olan belirgin etkisi dikkate alınmış; bu bağlamda sonuçlar üzerinde bu etkinin azaltılması için klimalı ısıtılan binaların sobalı olarak ısıtıldığı koşul varsayılarak binaların enerji performansı yeniden hesaplanmış ve analizlerin tümü tekrar edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler yardımıyla EK-9 ve 10' da sunulmuştur.

#### 4.2.1 Mesleki Unvan ile enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımı bağlantısı

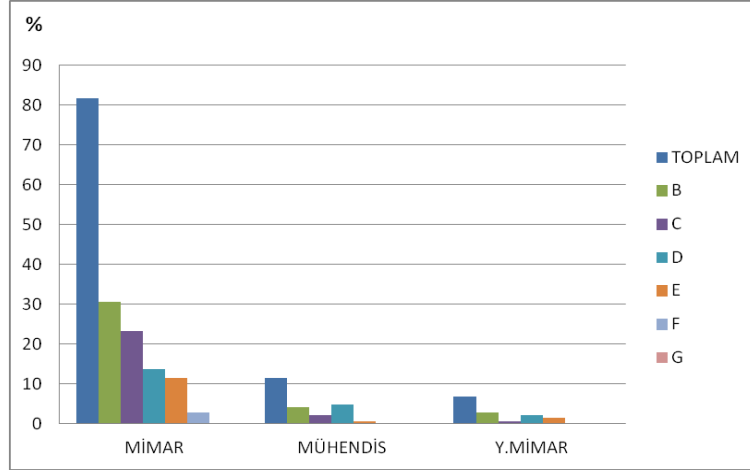
Proje yapımcısının mesleki unvanı, yapıya ilişkin uygulama projesinde imza yetkisine sahip kişinin mesleki kuruluşunca tanınan unvanıdır. Ülkemizde uzun bir dönem incelendiğinde yapı tasarlama yetkisinde farklı mesleki unvanlar bulunmaktadır (mimar, mühendis, y.mimar). Farklı unvanlara sahip tasarımcıların çözümlerinin de farklılık göstereceği düşünülerek mesleki unvana göre gruplandırılan konut binalarının enerji tüketimlerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterip göstermediği incelenmiştir.

Mesleki unvan ile enerji sınıfları arasındaki ilişkinin belirlenmesinin ilk aşamasında, bina enerji sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı belirlenmiştir (Şekil 42). Toplam örneklem içerisinde, B enerji sınıfına ait binaların oranı yaklaşık % 37,4 olarak belirlenmiştir. Bunların %30'unun proje müellifinin mesleki unvanı mimardır. C enerji sınıfındaki binalar örneklemin %25,8'ini oluşturmaktadır. Tüm örneklem içinde C sınıfına ait olup proje müellifi mimar olan binaların oranı % 23, yüksek mühendis mimar olanların oranı %2'dir. D enerji sınıfındaki binalar örneklemin %22'ini oluşturmaktadır. D sınıfına ait olup proje müellifi mimar olanların oranı %13, yüksek mimar olanları %2, yüksek mühendis mimar olanları %0,6'dır. E sınıfındaki binaların proje müellifi mimar olanların oranı %11,5, yüksek mimar olanlarının oranı %1,3'tür. Mimar tarafından projelendirilen ve tüm binaların %2,7'isini oluşturan oranındaki binalar ile yüksek mimar tarafından projelendirilen binalar F sınıfına girmektedir.



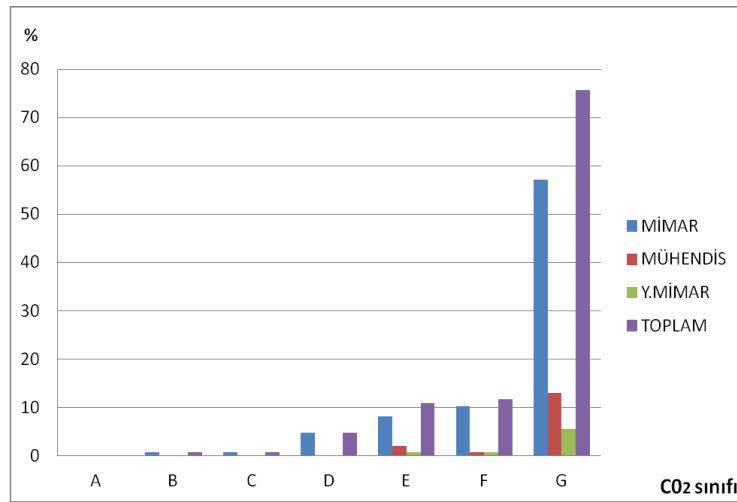
Şekil 42 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı

Yönetmelik gereği, yeni inşa edilecek binaların enerji sınıfının C ve üzeri olması istenmektedir. Bu bağlamda, mevcut binaların yarısından fazlasının C ve B enerji sınıfında olması olumlu bir sonuç olarak görülmüştür. Ancak A sınıfında hiçbir binanın bulunmayışı dikkat çekici olup, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile belki A sınıfı bina elde edilebileceği düşünülmektedir. D ve E sınıfında bulunan binaların iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilir. F sınıfında çok az miktarda ve G sınıfında hiçbir binanın olmayışı benzer şekilde olumlu bir sonuç olarak karşımıza çıkar.

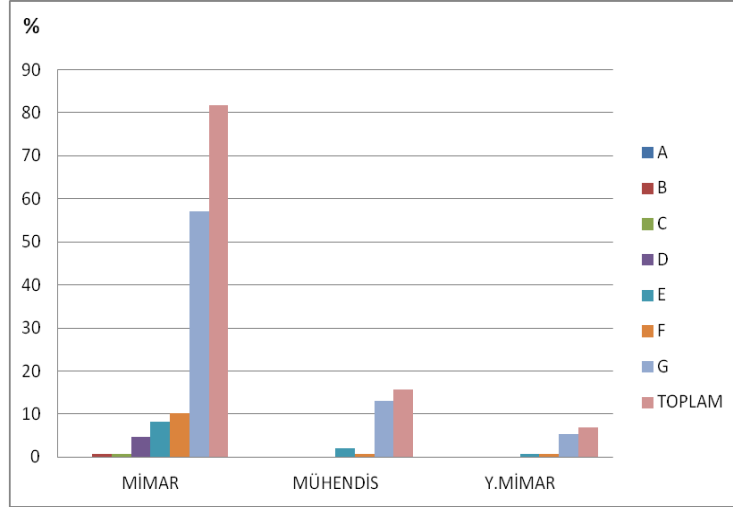


Şekil 43 Mesleki unvana ait konut binalarının, bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Elde edilen bulgulara göre İzmir’de seçilen konut binalarının projelerinin büyük bir çoğunluğunun mimarlar tarafından hazırlandığı sonucuna ulaşılr (Şekil 43). Mühendis unvanına sahip müelliflerin binalarının genel olarak eski yıllarda inşa edildiği görülmüştür. İzmir dışındaki illerde de benzer durum olup olmadığı sonraki araştırmalarda ele alınabilir. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı ise Şekil 44 ‘te verilmiştir (Şekil 44 ve 45).



Şekil 44 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil 45 Mesleki unvana ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Analiz sonuçlarına göre mesleki unvan ile enerji tüketimleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Mesleki unvan ile enerji tüketimleri arasındaki ilişki, %5 güven aralığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

H<sub>0</sub>:  $\tau_i = 0$ ; Binaların enerji tüketimine göre mesleki unvanlar arasında anlamlı farklılık yoktur(Tablo 14)

Gruplar arası ortalamaların karesi 627,9024 ve grupların içinde ortalamaların karesi 1982,04 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 163,21, 171,80 ve 168,22'dir. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 0,3168, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 2, 145 için 3,0585) daha küçük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez (H<sub>0</sub>) %5'lik düzeyde kabul edilir. Bu analize göre, enerji tüketiminde, mesleki unvanlara göre anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır. Binaların proje müelliflerinin mesleki unvanlarına (mimar ve y.mimar mühendis) göre gruplandırılan binalardan herhangi birinde hesaplanan enerji tüketiminin diğerindeki enerji tüketimine göre daha yüksek/veya düşük olduğuna kararı verilemez. Kısaca, mesleki unvan binaların hesaplanan enerji tüketimini değişmesinde etkili olmamaktadır. Farklı unvanlara sahip tasarımcıların çözümlerinin farklılık göstermediği anlaşılmıştır.

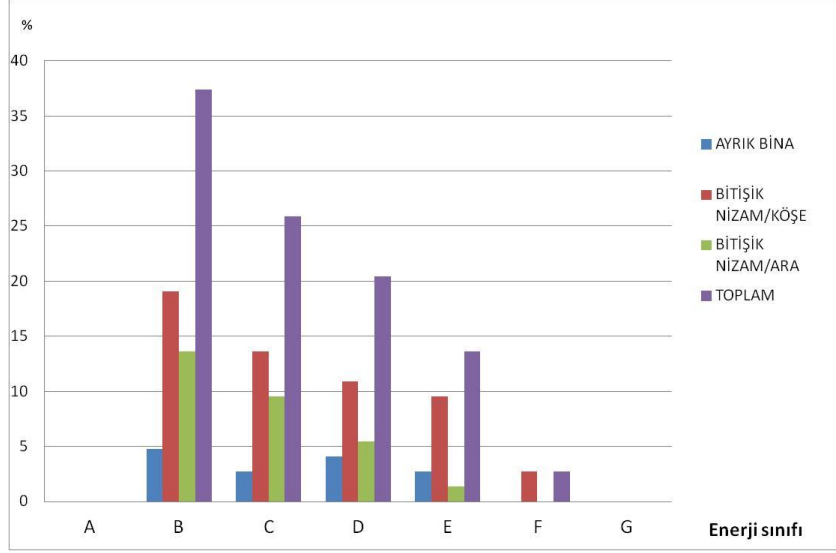
Tablo 14. Mesleki unvana göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	Varyans		
MİMAR	120	19585.52	163.21	2099.05		
MÜHENDİS	1	2920.56	171.80	1221.10		
YÜKSEK MİMAR	11	1850.44	168.22	1807.11		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar arasında	1255.805	2	627.9024	0.316796	0.72882	3.058486
Gruplar içinde	7395.8	145	1982.04			
Toplam	288651.6	147				

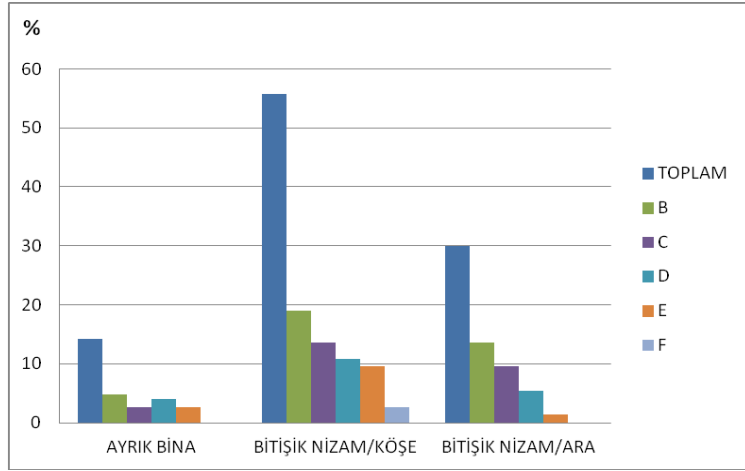
#### 4.2.2 Parsel Durumu ile enerji tüketimleri bağlantısı

Yapının imar düzeni, yapının komşu parsellerdeki yapılarla ilişkisini belirleyen durumdur. Çok katlı konut binalarının tasarımı ve yapımı aşamasında kamu yararı gözetilerek belli yasal düzenlemeler getirilmiştir. Yapının çevresindeki diğer yapılara olan konumunu (ayrık, bitişik ve yanaşık gibi) belirleyen imar düzeni de tasarımı etkilemektedir. İşte bu durumun, araştırılan konu kapsamında anlamlı farklılıklar oluşturup oluşturmadığını anlamak için imar durumu etmen olarak seçilmiştir.

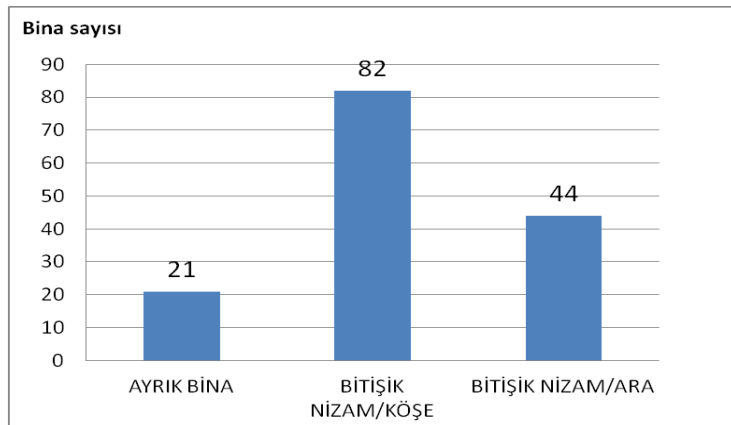
İmar düzeni ile enerji sınıfları arasındaki ilişkinin belirlenmesinin ilk aşamasında, bina enerji sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı belirlenmiştir (Şekil 46-47). İncelenen binaların 82'sinin bitişik nizam/köşe, 44'ünün bitişik nizam/ara ve 21'inin de ayrık düzende olduğu anlaşılmıştır. Toplam örneklem içerisinde, B enerji sınıfına ait binaların oranı yaklaşık %37 olarak belirlenmiştir. Bunların % 4,7'si ayrık, %19,04'ü bitişik nizam/köşe ve %13,6'sı bitişik nizam/aradır. C enerji sınıfındaki binaların oranı %25,8'dir. Bitişik nizam/ara olanların oranı % 9,5'i, bitişik nizam/köşe olanları %13,6 ve ayrık binaların oranı ise % 2,7 'dir. D enerji sınıfındaki binaların oranı da %20,4'tür. E enerji sınıfındaki binaların oranı % 13,6 olup, parsel durumu bitişik nizam/köşe olanların oranı %9,5 ve ayrık olanların ise oranı %2,7'dir. F enerji sınıfındakilerin oranı % 2,7 olup tamamı bitişik nizam/köşedir. CO<sub>2</sub> sınıflarına ait konut binalarının imar düzenine göre yüzdelerinin dağılımı ise Şekil 48-49 'de verilmiştir.



Şekil 46 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerin dağılımı

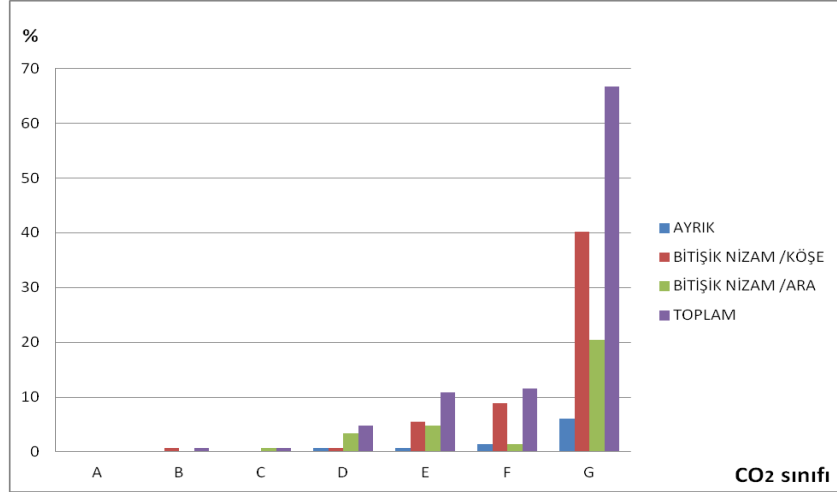


(a)

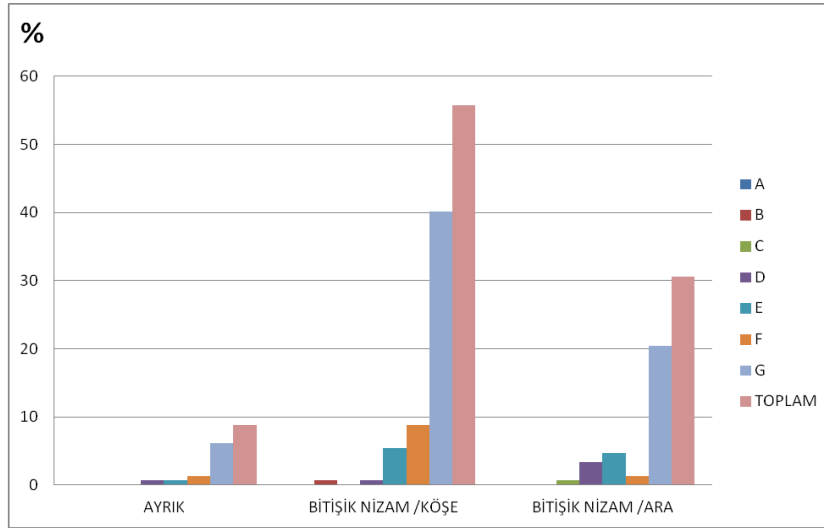


(b)

Şekil 47 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının (a) bina enerji sınıfına göre yüzdelerin dağılımı (b) toplam sayısı



Şekil 48 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil 49 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı  
Analiz sonuçlarına göre parsel durumu ile enerji tüketimleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

$H_0: \tau_i = 0$ ; Binaların enerji tüketimine göre parsel durumları arasında farklılık yoktur. (Tablo 15)

Gruplar arası ortalamaların karesi 7805,495 ve grupların içinde ortalamaların karesi 1890,274 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 173,12, 149,28 ve 171,20'dir. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 4,1293, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 2, 144 için 3,0589) daha büyük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde ret edilir. Bu analize göre, enerji tüketiminde, imar düzenine göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Belirlenen imar düzenine (bitişik nizam/ara, bitişik nizam köşe, ayrik) göre gruplandırılan binalardan herhangi birinde hesaplanan

enerji tüketiminin diğerindeki enerji tüketimine göre daha yüksek/veya düşük olduğu kararı verilebilir. Kısaca, imar düzeni binaların hesaplanan enerji tüketimini değişmesinde etkili olmaktadır. Böylece, iki değişken arasında anlamlı bir bağlantı olduğu sonucuna varılır.

Tablo 15 Parsel durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	Varyans		
AYRIK	21	3635.54	173.12	2100.54		
BITİŞİK NİZAM /ARA	45	6717.75	149.28	1350.01		
BITİŞİK NİZAM/KÖŞE	81	13867.57	171.20	2134.85		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar arasında	15610.99	2	7805.495	4.129294	0.018039	3.058928
Gruplar içinde	272199.4	144	1890.274			
Toplam	287810.4	146				

#### 4.2.3 Yalıtım ile enerji tüketimleri bağlantısı

Binanın enerji tüketimine bir çok faktörün etkisinin olmaktadır. Özellikle bina dış kabuğuna uygulanan yalıtımın enerji tüketiminde çok etkin ve baskın bir faktör olduğu düşünülmektedir. KEP-SDM' de binanın sadece ısıtma için harcanan enerji tüketimi hesaplandığından ve bina dış kabuğunda kullanılan malzemeler ve özellikle yalıtım esas alındığından yukarıdaki söylem uygun görülmüştür. Bu bağlamda, yalıtımın uygulandığı ve uygulanmadığı binalar gruplandırılarak enerji tüketimleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı incelenmiş, yalıtımın etkisi kanıtlanmaya çalışılmıştır.

$H_0: \tau_i = 0$ ; Binaların enerji tüketimine göre yalıtım olup olmaması arasında farklılık yoktur.  
(Tablo 16)

Tablo 16 Yalıtım durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
Yalıtımsız	122	20974,55	171,9225	1802,492		
Yalıtımlı	26	3381,968	130,0757	1320,74		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	37531,61	1	37531,61	21,820	6,73E-06	3,905
Gruplar İçinde	251120	146	1720			
Toplam	288651,6	147				



Analiz sonuçlarına göre yalıtım durumu ile enerji tüketimleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Gruplar arası ortalamaların karesi 37531,61 ve grupların içinde ortalamaların karesi 1720 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 171,92 ve 130,07'dir. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 21,82, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 1, 146 için 3,905) daha büyük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde ret edilir. Bu analize göre, enerji tüketiminde, yalıtım durumuna göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Yalıtımlı ve yalıtımsız olarak gruplandırılan binalardan herhangi birinde hesaplanan enerji tüketiminin diğerindeki enerji tüketimine göre daha yüksek/veya düşük olduğu kararı verilebilir. Kısaca, yalıtım binaların hesaplanan enerji tüketimini değişmesinde etkili olmaktadır. Böylece, iki değişken arasında anlamlı bir bağlantı olduğu sonucuna varılır.

#### 4.2.4 Tasarım göstergelerinin enerji tüketimlerine olan etkisi

Tasarım verimlilik göstergelerinin --;

- *yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı(G1)*
- *pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2)*
- *biçim faktörü(en/boy oranı)(G3)*
- *yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4)*
- *yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G5)*
- *yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6)*
- *yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranının (G7)*
- *yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8) --,*

belirlenen bina enerji sınıflarına (A, B, C, D, E, ,F ve G) olan etkileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Verilerin incelenmesi için çeşitli istatistiksel yöntemlerden (t-test, regresyon, ANOVA v.b.) faydalanılmıştır. Bu amaçla, verilerin çözümlenmesi için MS Excel ile SPSS istatistik analiz programı kullanılmıştır.

Öncelikle, bina enerji sınıflarını oluşturan enerji tüketim aralıklarının, her bir tasarım verimlilik göstergesine olan bağımlılık seviyesinin anlaşılması için doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. Dağılım grafikleri çizilerek, bina enerji tüketim aralıkları ile her bir gösterge arasındaki anlamlı ilişkinin biçimi, yönü ve kuvvetini değerlendirmek mümkün olacaktır. Örneğin, enerji tüketim değerlerinin yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı göstergesine olan bağımlılık seviyesi anlaşılacak ve iki değişken arasındaki anlamlı ilişki değerlendirilecektir. Bağımlılık derecesi yüksek ise ve ne kadar kuvvetli bir ilişki var ise gösterge değeri değiştikçe enerji tüketimi de o kadar değişecektir denilebilir.

**Regresyon analizi sonucuna göre;**

Tahmin edilen doğrusal regresyon denkleminin genel olarak örnekleme uygun olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan çıkarımsal istatistik işlemi belirleme katsayısı yani  $R^2$  değerinin bulunması ve regresyon denkleminin f-sınaması uygulanması ile gerçekleşir.  $R^2$ , modelin ileriki çalışmalarda, ilgili çıktılarını ne kadar iyi bir şekilde tahmin edilebileceğine dair bir ölçüt sağlar. Eğer  $R^2$  değeri sıfıra yakınsa, toplanan verilere kullanılan modelin uygun olmadığı sonucu çıkarılır ve bu uygunsuzluk modelinin değiştirilmesini gerektirir.  $R^2$  değeri birine yakın bulunur ise, bağımlı değişkendeki (bina enerji tüketimi) değişimin büyük bir kısmı bağımsız değişken (G1-G8) tarafından açıklanabilir yorumu yapılabilmektedir (İkiz ve diğerleri, 2006; McCall, 1990; SPSS, 2005; Vikipedi, 2011).

$R^2$  değeri 0,47 olarak hesaplanmıştır. Bu örnekte  $R^2$  değeri sıfır ile bir aralığında orta bir değerde çıktığı için kullanılan modelin uygunluğunun orta seviyede olduğu ve bina enerji tüketimindeki değişimin % 47'lik kısmının göstergeler tarafından açıklanabildiği yorumu getirilebilir (Tablo 17).

ANOVA tablosunun anlamlılık sütunundaki değer, söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablodaki ilişki formüle edilecek olursa;

$F(8,35) = 3,86$ ;  $p < 0,05$  denklemi oluşturulur (Tablo 18).

Tablo 17 Regresyon modeli özet tablosu

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,685(a)	,469	,347	26,901096352121450

a Predictors: (Constant), yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı(kcal/h), pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü en/boy, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (kcal/h), yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı

Tablo 18. ANOVA anlamlılık tablosu

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	22344.778	8	2793.097	3.860	.002(a)
	Residual	25328.414	35	723.669		
	Total	47673.192	43			

a Predictors: (Constant), yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (kcal/h), pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü en/boy, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı, yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı

b Dependent Variable: tüm bina enerji tüketimi

Katsayı (Coefficients) tablosunda, regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayıları ve bunların anlamlılık düzeyleri verilmektedir. Bu analizde, bina enerji tüketimi ile, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı ve yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı arasındaki ilişki  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı iken diğer göstergelerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. (Tablo 19) Tabloda yer alan verilerden bina enerji tüketiminin alabileceği değer aşağıdaki şekilde formüle edilebilir.

$$\text{Bina enerji tüketimi} = 93,762 + 97,996 G1 + 26,454 G2 - 31,142 G3 - 0,005 G6 - 0,078 G7 + 29,183 G4 + 33,103 G5 - 0,22 G8$$

Tablo 19 Regresyon modeli katsayılar tablosu

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	93.762	42.115		2.226	.033
	yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı (G1)	97.996	57.707	.650	1.698	.098
	pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı(G2)	26.454	69.434	.092	.381	.706
	biçim faktörü en/boy (G3)	-31.142	29.435	-.162	-1.058	.297
	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6)	-.005	.067	-.021	-.077	.939
	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G7)	-.078	.112	-.191	-.696	.491
	yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G4)	29.183	63.721	.189	.458	.650
	yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G5)	33.103	143.366	.040	.231	.819
	yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8)	-.220	.114	-.340	-1.927	.062

a Dependent Variable: tüm bina enerji tüketimi

Bina enerji sınıfları için; tasarım verimlilik göstergelerinin, her bir grup içinde ve gruplar arasındaki varyasyonlarından yola çıkarak, aralarında anlamlı farklılıklar olup olmadığına tek-yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre;

- G1 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;

- G2 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G3 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G4 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G5 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G6 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G7 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G8 ile bina enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;

görülmüştür. Her bir gösterge için ANOVA tabloları EK-6'da sunulmaktadır.

Ayrıca; her bir tasarım verimlilik göstergesi ile bina enerji sınıfları arasındaki bağlantı, dağılım grafikleri (regresyon analizleri) ile incelenmiştir. Grafikler EK-7'de sunulmaktadır. Her bir göstergenin bina enerji tüketimine etkisi ayrı ayrı incelendiğinde, etki değerlerinin düşük olduğu ancak tümünün etkisi incelendiğinde (çoklu regresyonla yukarıdaki örnekte) ise istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Bu sonuç ilk aşamada; incelenen tüm mimari göstergeler ile ısıtma ve aydınlatma yüklerinin birbirleriyle etkileşerek bir bütün olarak bina enerji tüketimini belirlediğini göstermektedir.

#### 4.2.5 Mimari ölçütlere göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizleri

##### 4.2.5.1 Pencere alanına göre

Binalarda yalıtımın enerji tüketimine olan etkisini gösteren sonuca dayanarak, bu çalışmada incelenen binalar arasından yalıtımsız olanları seçilmiş, ve bina enerji sınıfı ile pencere alanı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

$H_0: \tau_i = 0$ ; Pencere alanına göre bina enerji sınıfları arasında farklılık yoktur. (Tablo 20)

Tablo 20 Bina enerji sınıfına göre pencere alanlarının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
B	36	11543,33	320,6481	19602,49		
C	34	8023,148	235,9749	19778,42		
D	30	7491,43	249,7143	16174,91		
E	18	4636,43	257,5794	17825,03		
F	4	1556,944	389,236	44737,51		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	202907,1	4	50726,77	2,643566	0,037052	2,449202
Gruplar İçinde	2245086	117	19188,77			
Toplam	2447993	121				

Gruplar arası ortalamaların karesi 50726,77 ve grupların içinde ortalamaların karesi 19188,77 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 320,6, 235,9, 249,7, 257,6 ve 389,3'tür. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 2,64, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 4, 117 için 2,44) daha büyük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde ret edilir. Bu analize göre, bina enerji sınıflarında, pencere alanlarına göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Pencere alanının bina enerji sınıflarına olan etkisi görülmektedir.

#### 4.2.5.2 A/V oranına göre

Binaların ısıtma enerjisi tüketiminin hesaplanmasında doğrudan etkili olan alan/hacim oranı ile bina enerji sınıfı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

$H_0: \tau_i = 0$ ; A/V oranına göre bina enerji sınıfları arasında farklılık yoktur. (Tablo 21)

Tablo 21 Bina enerji sınıfına göre A/V oranının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	Varyans
B	36	15.53696	0.431582	0.021006
C	34	13.4897	0.396756	0.012512
D	30	11.36252	0.378751	0.000554
E	18	7.00948	0.389416	0.00229
F	4	1.519537	0.379884	0.000665

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.053333	4	0.013333	1.294492	0.276233	2.449202
Gruplar İçinde	1.205088	117	0.0103			
Toplam	1.258421	121				

Gruplar arası ortalamaların karesi 0,01334 ve grupların içinde ortalamaların karesi 0,0103 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 0,43, 0,39, 0,37, 0,38 ve 0,37'dir. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 1,29, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 4, 117 için 2,44) daha küçük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde kabul edilir. Bu analize göre, bina enerji sınıflarında, A/V oranına göre anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır. A/V oranının bina enerji sınıflarına etkisi yokmuş gibi görülmektedir.

#### 4.2.5.3 Yönlere göre

Binaların ısıtma enerjisi tüketiminin hesaplanmasında, ısı kaybı olan dış yüzeylerin yönlenmesi güneşin konumuna göre güneş ısısından faydalanma oranını etkilediğinden yönler ile bina enerji tüketimleri

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Yönlerin farklılaşması ısıtma enerji ihtiyacı hesaplarına katılan güneş kazancı hesaplarını etkilemektedir. Analiz sonucunda da söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

$H_0: \tau_i = 0$ ; Bina enerji tüketimlerine göre yönler arasında farklılık yoktur. (Tablo 22)

Tablo 22 Yönlere göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
KUZEY/DOĞU/BATI	7	1037.451	148.2073	5786.487
GUNAY/BATI/DOĞU	16	2813.835	175.8647	3763.168
KUZEY/GÜNEY (KUZEY/GÜNEY/BATI KUZEY/GÜNEY/DOĞU KUZEY/GÜNEY/BATI/DOĞU)	45	7008.946	155.7544	2268.773
DOĞU/BATI	13	1901.081	146.237	2975.59

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	27631.32	4	6907.829	2.666627	0.035579	2.446603
Gruplar İçinde	313447.4	121	2590.474			
Toplam	341078.7	125				

Gruplar arası ortalamaların karesi 6907,829 ve grupların içinde ortalamaların karesi 2590,474 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 148,2, 175,8, 155,7, 183,7 ve 146,2'dir. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 2,66, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 4, 117 için 2,44) daha büyük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde ret edilir. Bu analize göre, bina enerji sınıflarında, yönlere göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Yönlerin bina enerji sınıflarına olan etkisi görülmektedir.

#### 4.2.5.4 Kat adedine göre

Binaların enerji tüketimi ile kat adedi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

$H_0: \tau_i = 0$ ; Bina enerji tüketimlerine göre katlar arasında farklılık yoktur. (Tablo 23)

Gruplar arası ortalamaların karesi 5323,9 ve grupların içinde ortalamaların karesi 1917,3 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 177,0, 158,7 ve 158,9'dur. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 2,77, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 2, 145 için 3,05) daha küçük

çıkılmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde kabul edilir. Bu analize göre, binanın kat adedinde enerji tüketimlerine göre anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır. Enerji tüketimi ile kat adedi arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 23 Katlara göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans			
5-6	47	8319.186	177.004	1753.72			
7-8-9	64	10155.33	158.677	1827.434			
10-11	37	5882.006	158.9731	2283.449			
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü	
Gruplar Arasında	10647.93	2	5323.966	2.776852	0.065547	3.058486	
Gruplar İçinde	278003.7	145	1917.267				
Toplam	288651.6	147					

#### 4.2.6 Önerilen tasarım verimlilik sınıflarına göre enerji tüketim analizleri

Bina enerji sınıfları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasında uygulanan analiz sonuçlarında bazı göstergelere göre bina enerji sınıfları arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Ancak çalışmanın bir sonraki aşamasında, tasarım verimlilik sınıfları oluşturulması ve bu gruplar ile enerji tüketim değerleri arasında anlamlı bir ilişki araştırılabilmesi için yeniden varyans analizleri uygulanmıştır. Bu sayede, 'yüksek performanslı, orta performanslı ve düşük performanslı konut grupları oluşturulması amaçlanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre;

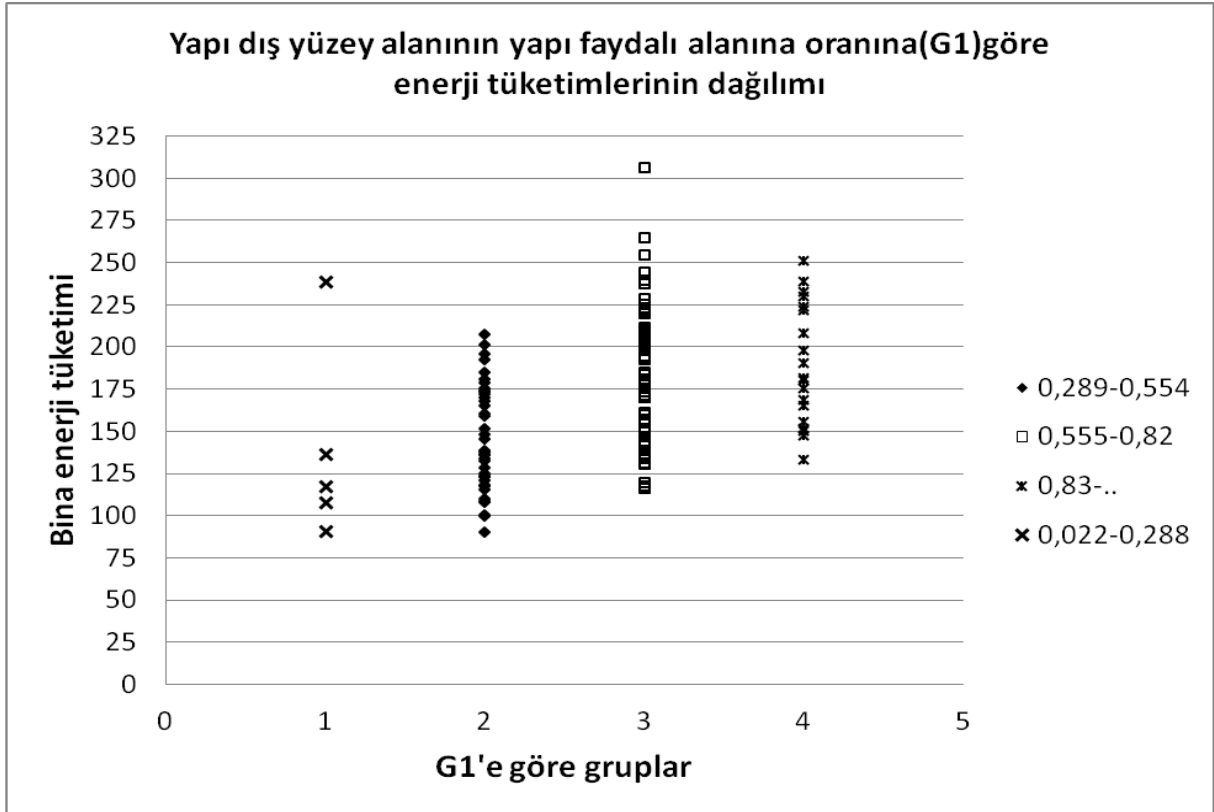
- G1 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G2 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G3 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G4 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G5 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G6 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G7 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G8 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;

görülmüştür.

Öncelikle, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre 4 grup oluşturulmuştur. Şekil 50'de görüldüğü gibi G1 değeri 0,022 ile 0,288 arasında olanlar en düşük verimlilik grubu(1), 0,289 ile 0,554 arasında olanlar düşük verimlilik grubu(2), 0,555 ile 0,82 arasında olanlar orta verimlilik grubu(3), 0,83'ten sonrasındakiler ise yüksek verimlilik grubuna(4) dahil olmuştur. Tek yönlü varyans analizi % 5'lik güven aralığında belirlenen dört gruba uygulanmıştır. ( $\alpha=0.05$ )

$H_0: \tau_i = 0$ ; Bina enerji tüketimlerine göre yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranları(G1) arasında farklılık yoktur. (Tablo 24)

Analiz sonucuna göre, gruplar arası ortalamaların karesi 16209.98 ve grupların içinde ortalamaların karesi 1436.2 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalamaları sırasıyla 138,3, 146,4, 185,9 ve 189,6'dır. Tek yönlü varyans analizine göre hesaplanan F değeri, 11,29, olması beklenen F değerinden ( $\alpha=0.05$ , 3, 118 için 2,68) daha büyük çıkmıştır. Bu sonuçla, hipotez ( $H_0$ ) %5'lik düzeyde ret edilir. Bu analize göre, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranları(G1) arasında, enerji tüketimlerine göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı arttıkça ortalama enerji tüketimi değerlerinin arttığı görülmüş, ve de istatistiksel olarak G1 için düşük verimlilik grubunda olan binaların enerji tüketimlerinin, yüksek verimlilik grubundakilere göre düşük olduğu sonucuna varılabilmektedir.



Şekil 50 Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin dağılımı



Tablo 24 Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
0,022-0,288	5	691.6528	138.3306	3407.70251		
0,289-0,554	39	5709.133	146.388	977.459891		
0,555-0,82	59	10970.85	185.9467	1652.06039		
0,83-..	19	3602.912	189.627	1270.98694		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	48629.93	3	16209.98	11.2867148	1.45E-06	2.681466
Gruplar İçinde	169471.6	118	1436.2			
Toplam	218101.5	121				

Diğer göstergeler için oluşturulan gruplar ve analiz sonuçları EK-8'de sunulmaktadır.

Kısaca özetlemek gerekirse;

Özellikle pencere alanının dışı duvar alanına oranı (G2) ile enerji tüketimleri arasında, önceki analiz sonucunun aksine, istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur (Çizelge 8). İncelenen binalar pencere alanının dışı duvar alanına oranına göre 3 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G2 değeri 0,104 ile 0,237 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 0,238 ile 0,36 arasında olanlar orta verimlilik grubunda ve 0,37 ile 0,6 arasında olanlar yüksek verimlilik grubunda yer almıştır. Her grubun ortalama enerji tüketim değerlerine bakıldığında, pencere alanı oranının arttıkça enerji tüketimlerinin azaldığı görülmüştür. Analiz sonucuna göre, pencere oranları ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Ortalamalar da incelendiğinde pencere oranı az olan binaların enerji tüketimlerinin (ısıtma için harcanan enerji) anlamlı şekilde pencere oranı fazla olanlarından daha fazla olduğu sonucuna ulaşılır. Çalışmanın ilk aşamasında pencere alanının güneş kazancını artırdığı ve ısıtma enerjisi tüketimini azalttığı yönündeki düşünceleri destekleyen bir bulgudur.

İncelenen binalar biçim faktörüne göre 4 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G3 değeri 0,213 ile 0,408 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 0,409 ile 0,604 arasında olanlar orta verimlilik grubunda ve 0,604 ile 0,8 arasında olanlar yüksek verimlilik grubunda ve 0,8'den büyük olanlar ise çok yüksek verimlilik grubunda yer almıştır. Her grubun ortalama enerji tüketim değerlerine bakıldığında, biçim oranının arttıkça enerji tüketimlerinin de arttığı görülmüştür. Sonuçta, biçim oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı görülür.

İncelenen binalar duvar alanının yapı toplam faydalı alanı oranına göre 4 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G4 değeri 0,013 ile 0,32 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 0,409 ile 0,604 arasında olanlar orta verimlilik grubunda ve 0,604 ile 0,94 arasında olanlar yüksek verimlilik grubunda ve 0,94'ten büyük olanlar ise çok yüksek verimlilik

grubunda yer almıştır. Sonuçta, yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır.

İncelenen binalar duvar alanının yapı toplam faydalı alanı oranına göre 3 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G5 değeri 0,004 ile 0,045 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 0,046 ile 0,086 arasında olanlar orta verimlilik grubunda ve 0,087 ile 0,127 arasında olanlar yüksek verimlilik grubunda yer almıştır. Analiz sonucunda, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı anlaşılır.

İncelenen binalar yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranına göre 2 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G6 değeri 5,76 ile 198,53 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 198,54 ile 391,31 arasında olanlar orta verimlilik grubunda yer almıştır. Sonuca göre, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır.

İncelenen binalar yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına göre 2 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G7 değeri 5,04 ile 69,5 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 69,6 ile 133,96 arasında olanlar orta verimlilik grubunda yer almıştır. Sonuca göre, yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır.

İncelenen yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına göre 3 gruba ayrılmış ve her bir grup için bina enerji tüketimlerinin dağılımı belirlenmiştir. Buna göre, G8 değeri 0,14 ile 47,15 arasında olanlar düşük verimlilik grubunda, 47,16 ile 94,15 arasında olanlar orta verimlilik grubunda ve 94,16 ile 141,15 arasında olanlar yüksek verimlilik grubunda yer almıştır. Sonuca göre, yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı sonucuna varılır.

#### **4.2.7 Isıtma sistemi değişikliğine göre tekrarlanan analizler**

Yukarıda sunulan sonuçlar, ısıtma sistemi merkezi, sobalı ve klimalı ısıtma olan binalardan elde edilen sonuçlardır. Isıtma sisteminin enerji verimliliğine olan etkinliği göz önünde bulundurularak incelenen diğer mimari parametrelerin etkisini ortaya çıkarmak için özellikle 53 adet klimalı olan binanın ısıtma sistemi sobalı olarak değiştirilmiş ve analizler tekrarlanmıştır. Bu sonuçlar EK-9 ve 10'da sunulmaktadır. Her iki koşulda elde edilen sonuçlar Tablo 25 ile karşılaştırılarak özetlenmiştir. Genel olarak sonuçlarda büyük bir değişiklik olmamakla beraber bazı belirgin farklılıklar görülmüştür. Örneğin, klimalı ısıtmadan sobalı ısıtmaya geçişte, enerji tüketim değerlerinin iyileştiği, enerji sınıflarının da yükseldiği gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak tekrarlanan analizlerde, enerji tüketimi ile yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4) ve yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8) arasında önceki analiz sonuçlarının aksine istatistiksel olarak

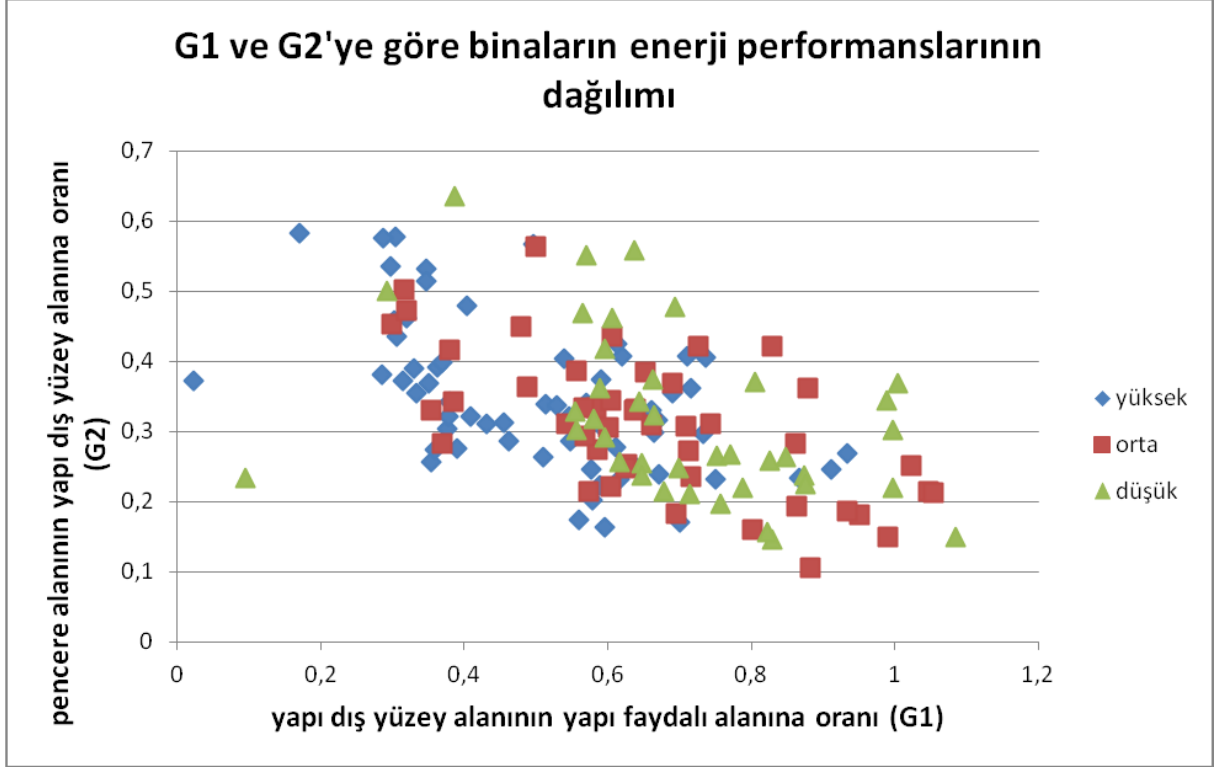
anamlı bir bağlantı bulunmuştur. A/V oranının enerji tüketimine etkisi ikinci koşuldaki analizlerde ortaya çıkmıştır. Diğer sonuçlar benzer niteliktedir.

Tablo 25 Isıtma sistemine göre enerji sınıfı ve tüketimi ile mimari parametreler arasındaki ilişkinin durumu

	merkezi ısıtma, soba, klima birinci koşul		merkezi ısıtma, soba ikinci koşul	
	enerji sınıfı	enerji tüketimi	enerji sınıfı	enerji tüketimi
mesleki unvan	yok	o	yok	o
parsel durumu	var	o	<b>var</b>	o
yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı(G1)	var	var	o	<b>var</b>
pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2)	yok	var	o	<b>var</b>
biçim faktörü(en/boy oranı)(G3)	yok	yok	o	yok
yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4)	var	yok	o	<b>var</b>
yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G5)	yok	yok	o	yok
yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6)	yok	var	o	<b>var</b>
yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranının (G7)	var	yok	o	yok
yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8)	yok	yok	o	<b>var</b>
yalıtım	o	var	o	<b>var</b>
pencere alanı	o	var	yok	<b>var</b>
A/V oranı	o	yok	yok	<b>var</b>
yön	o	var	O	<b>var</b>
kat adedi	o	yok	O	yok

#### 4.2.8 Tasarım verimlilik grupları ile mimari ölçütlerin enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarına olan etkinliği

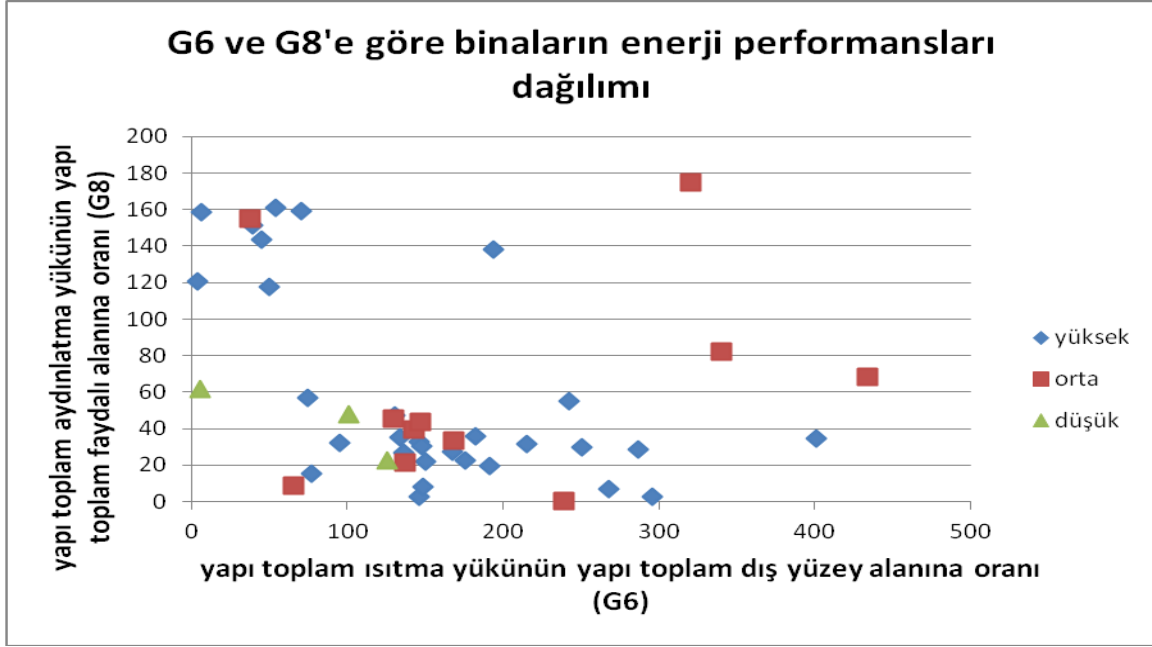
Enerji performanslarına göre sınıflandırılan yüksek performanslı binalar (A,B sınıfı), orta performanslı binalar (C,D sınıfı) ve düşük performanslı (E, F,G sınıfı) binaların G1 ve G2'ye göre dağılımı Şekil 51'de görülmektedir. Buna göre, G1 değeri 0,2 ile 0,5 aralığında iken G2 değeri 0,3 ile 0,6 aralığında olan binaların büyük çoğunluğunun yüksek performanslı binalar olduğu anlaşılır. Bu bölgede düşük performanslı binalar pek bulunmamaktadır. G1 değeri 0,5 ile 0,8 aralığında iken G2 değeri 0,2 ile 0,4 aralığında olan binalar tüm performans sınıflarını temsil etmektedir. Ancak G1 değeri 0,8'den büyük olan ve G2 değeri 0,1 ile 0,3 aralığında olan binaların büyük çoğunluğu düşük-orta performans sınıfindadırlar.



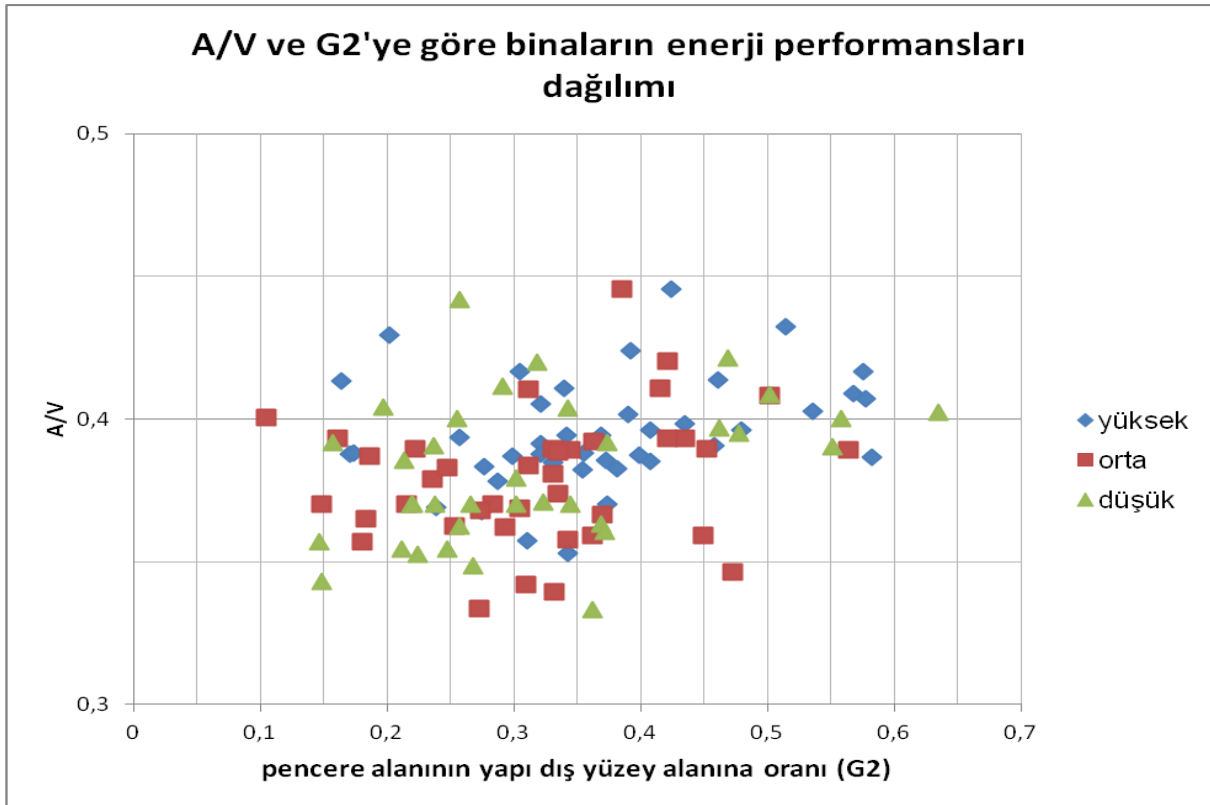
Şekil 51. G1 ve G2'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı

Enerji performanslarına göre sınıflandırılan yüksek performanslı binalar (A,B sınıfı), orta performanslı binalar (C sınıfı) ve düşük performanslı (D, E, F sınıfı) binaların G6 ve G8'e göre dağılımı Şekil 52'de görülmektedir. Buna göre, G6 değeri 100 ile 300 aralığında iken G8 değeri 0 ile 40 aralığında olan binaların çoğunlukla yüksek performans sınıfında olduğu görülmüştür. G6 değeri 100'den az olan ve G8 değeri 120 ile 160 aralığında olan binalar da yüksek performanslı sınıftadırlar.

Enerji performanslarına göre sınıflandırılan yüksek performanslı binalar (A,B sınıfı), orta performanslı binalar (C sınıfı) ve düşük performanslı (D, E, F sınıfı) binaların A/V ve G2'ye göre dağılımı Şekil 53'te görülmektedir. Buna göre, G2 değeri 0,25'ten küçük iken A/V değeri 0,3-0,4 aralığında olan binalar çoğunlukla düşük-orta enerji performansındadırlar. G2 değeri 0,25 ile 0,4 aralığında olanlarda bir kısmı yüksek diğer kısmı da orta-düşük sınıfa düşmektedirler. G2 değeri 0,4'ten büyük olanların A/V oranı da 0,4 civarındakilerin sınıfı yüksek performanstır. G2 ve A/V grupları incelendiğinde her iki değer arttıkça enerji performanslarının arttığı sonucuna ulaşılır.



Şekil 52. G6 ve G8'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı



Şekil 53. A/V ve G2'ye göre binaların enerji performanslarının dağılımı

Tablo 26 Tasarım verimlilik göstergelerinin enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlik durumları (Merkezi ısıtma ve sobalı ısıtma sistemlerine göre hesaplanan değerler için)

tasarım verimlilik göstergeleri	önerilen tasarım verimlilik sınıfları	enerji tüketimine göre	CO <sub>2</sub> salıma göre
			etkin
yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı(G1)	0,022-0,288	çok düşük	G1 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı azalır. Yüksek G1 verimlilik sınıfı düşük enerji performans sınıfına neden olur
	0,289-0,554	düşük	
	0,555-0,82	orta	
	0,83-..	yüksek	
			<b>etkin</b>
pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2)	0,104-0,237	düşük	G2 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı artar. Yüksek G2 verimlilik sınıfı yüksek enerji performans sınıfına neden olur
	0,238-0,36	orta	
	0,37-0,6	yüksek	
			<b>etkin değil</b>
biçim faktörü(en/boy oranı)(G3)	0,2125-0,408	çok düşük	G3 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansının artıp azalacağına karar verilemez.
	0,409-0,604	düşük	
	0,605-0,8	orta	
	0,8-..	yüksek	
			<b>etkin</b>
yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4)	0,013815-0,32	çok düşük	G4 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı azalır. Yüksek G4 verimlilik sınıfı düşük enerji performans sınıfına neden olur.
	0,33-0,63	düşük	
	0,64-0,94	orta	
	0,95-...	yüksek	
			<b>etkin değil</b>
yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G5)	0,00408-0,045	çok düşük	G5 arttıkça enerji performansının artıp azalacağına karar verilemez. Yüksek G5 verimlilik sınıfı düşük CO <sub>2</sub> performans sınıfına neden olur.
	0,046-0,086	düşük	
	0,087-0,127	orta	
	0,128-	yüksek	
			<b>etkin</b>
yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6)	5,76-198,53	düşük	G6 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı artar. Yüksek G6 verimlilik sınıfı yüksek enerji performans sınıfına neden olur.
	198,54-391,31	yüksek	
			<b>etkin değil</b>
yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranının (G7)	5,04-69,50	düşük	G7 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansının artıp azalacağına karar verilemez.
	69,6-133,96	yüksek	
			<b>etkin</b>
yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8)	0,14-47,159	düşük	G8 arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı azalır. Yüksek G8 verimlilik sınıfı düşük enerji performans sınıfına neden olur.
	47,16-94,15	orta	
	94,15-141,15	yüksek	

Tasarım verimlilik göstergeleri düşük, orta ve yüksek verimlilik sınıflarına ayrılmış ve enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlikleri değerlendirilmiştir (Tablo 26). Buna göre,

- G1 oranı için düşük tasarım verimlilik sınıfına ait binaların(örn.  $G1 < 0,554$ ) enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı;
- G2 oranı için yüksek tasarım verimlilik sınıfına ait binaların (örn.  $G2 > 0,36$ ) enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı;
- G4 oranı için düşük tasarım verimlilik sınıfına ait binaların(örn.  $G4 < 0,63$ ) enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı;
- G6 oranı için yüksek tasarım verimlilik sınıfına ait binaların (örn.  $G6 > 198$ ) enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı;
- G8 oranı için yüksek tasarım verimlilik sınıfına ait binaların (örn.  $G8 > 94$ ) enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı sonuçlarına ulaşılır.

Bu değerler, incelenen binalar popülasyonu içerisinde, göstergelerin binaların enerji performanslarına olan etkinliklerini açıklayan eşik değerler olarak ifade edilebilirler.

Tablo 27 Mimari ölçütlerin enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlik durumları (Merkezi ısıtma ve sobalı ısıtma sistemlerine göre hesaplanan değerler için)

Mimari ölçütler	önerilen verimlilik sınıfları		enerji tüketimine göre	CO <sub>2</sub> salıma göre
			etkin	etkin
A/V oranı	0,33-0,373	düşük	A/V arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı azalır. Yüksek A/V verimlilik sınıfı düşük enerji performans sınıfına neden olur	
	0,374-0,416	orta		
	0,417..	yüksek		
			etkin	etkin
yön	KUZEY/GÜNEY	çok düşük	Yön verimlilik performansı arttıkça enerji ve CO <sub>2</sub> performansı azalır. Yüksek yön verimlilik sınıfı düşük enerji performans sınıfına neden olur	
	DOĞU/BATI	düşük		
	KUZEY/DOĞU/BATI (KUZEY/GÜNEY/BATI KUZEY/GÜNEY/DOĞU KUZEY/GÜNEY/BATI/DOĞU)	orta		
		yüksek		
	GÜNEY/BATI/DOĞU	çok yüksek		
			etkin değil	etkin
kat adedi	5 ve 6	çok düşük	Kat adedi arttıkça enerji performansının artıp azalacağına karar verilemez. Yüksek kat adedi verimlilik sınıfı yüksek CO <sub>2</sub> performans sınıfına neden olur.	
	7 ve 8	düşük		
	9	orta		
	10 ve 11	yüksek		

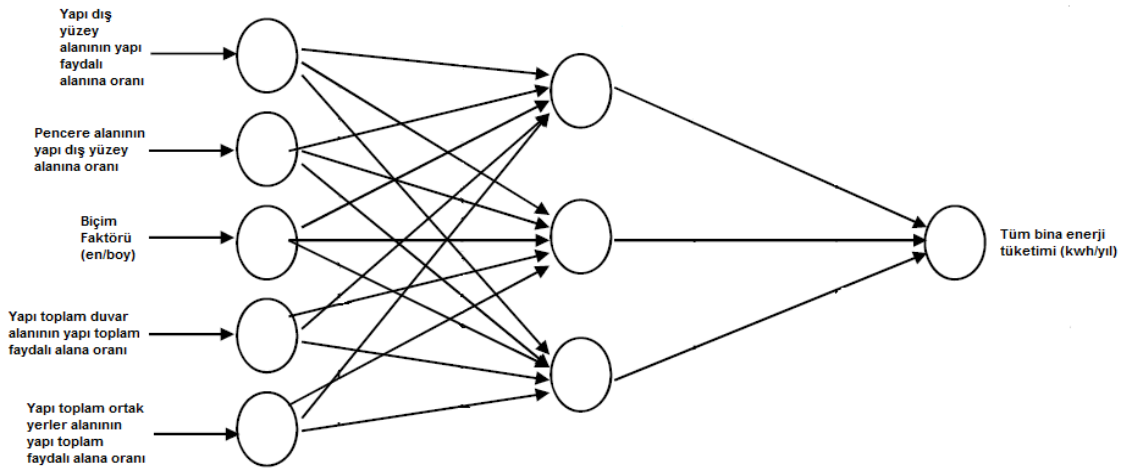
Mimari ölçütler dikkate alındığında, A/V oranı arttıkça enerji ve CO<sub>2</sub> performansının azaldığı, ve yüksek A/V verimlilik sınıfının düşük enerji performans sınıfına neden olduğu; Yön verimlilik performansı arttıkça enerji ve CO<sub>2</sub> performansının azaldığı, yüksek yön verimlilik sınıfının düşük enerji performans sınıfına neden olduğu sonuçlarına ulaşılır. Bu bağlamda, binaların A/V oranınının 0,4'ten düşük olması ve doğu/batı veya kuzey/güney yönlenmesine sahip olması belirgin şekilde enerji performansını artırmaktadır.

### 4.3 Yapay Sinir Ağ Modelinin bulguları

Binalarda enerji tüketimini tahmin edebilmek amacıyla yapay sinir ağları kullanılarak bir tahminleme yöntemi kullanılmıştır. Girdi değerleri olarak binaların projelerinden derlenen mimari özelliklere ait verilerden hesaplanan tasarım verimlilik göstergeleri seçilmiştir. Bunlar;

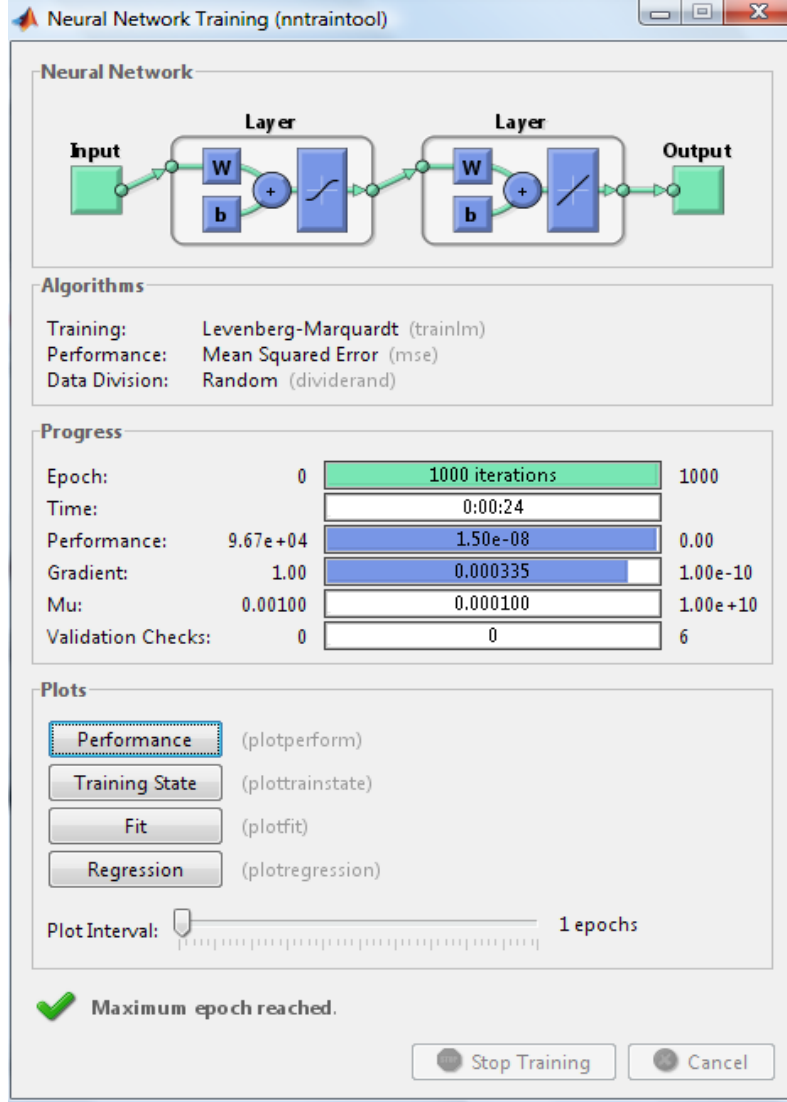
1. yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı
2. pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı
3. biçim faktörü(en/boy oranı)
4. yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı
5. yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır.

Çıktı parametresi tüm binanın enerji tüketimidir. Bu değerler KEP-IYTE-ESS yazılımı tarafından hesaplanan çıktı değerleridir. Modelde 5 girdi parametresi ile 1 çıktı parametresi kullanılmıştır (Şekil 54). Öğrenim algoritması Levenberg-marquart seçilmiştir. Performansın değerlendirilmesinde ortalama kare hata kullanılmıştır. Transfer fonksiyonu tanjant hiperbolik fonksiyonudur. İterasyon sayısı 1000 olarak seçilmiştir. Modelin öğrenmesi ve test edilmesi için MATLAB 2008b ve NEUROSOLUTIONS 5 yazılımları kullanılmıştır. Model gizli katman sayıları ile denenmiş ve optimum sonucun ulaşıldığı gizli katman sayısı seçilmiştir (Şekil 55).



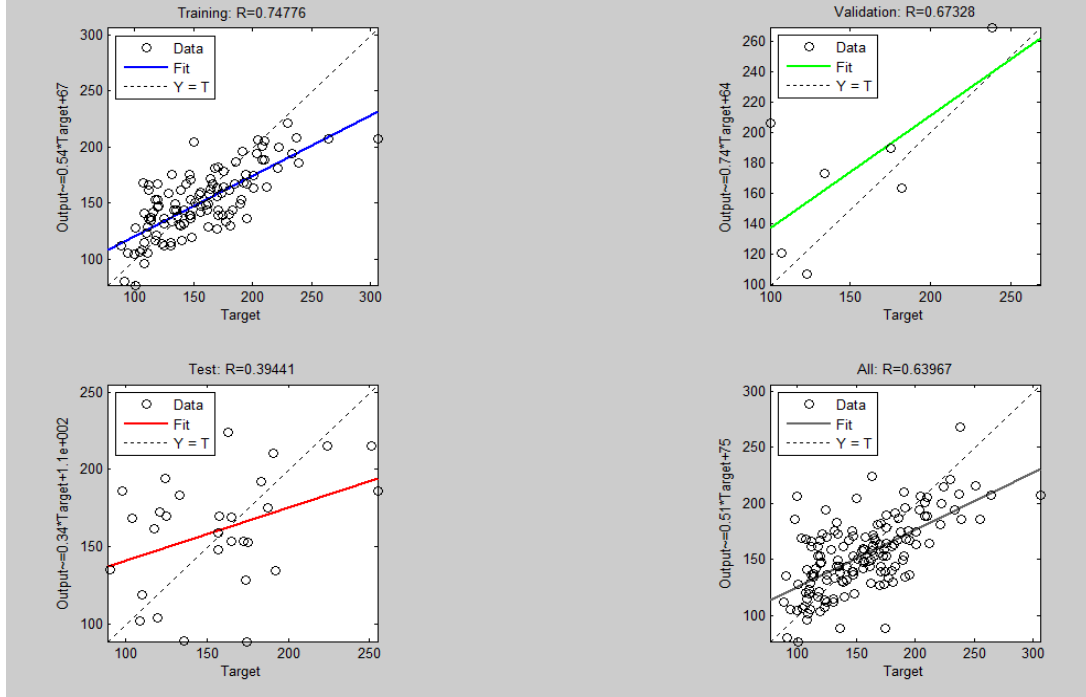
Şekil 54. Yapay sinir ağ model yapısı



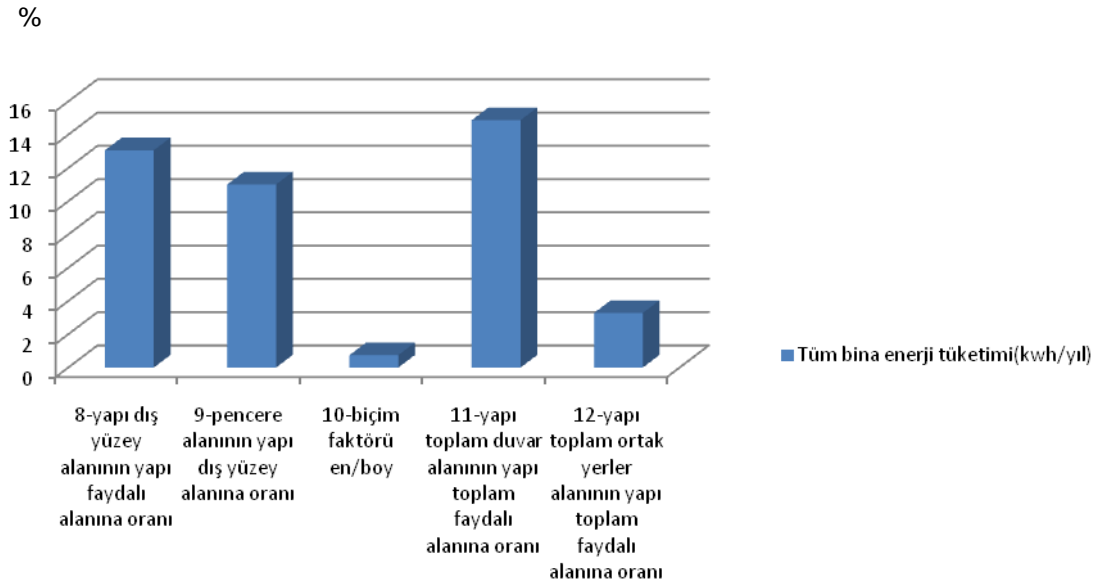


Şekil 55. Yapay sinir ağ modelinin MATLAB programı ile oluşturulması

Yapay sinir ağında 148 adet bina veri olarak incelenmiştir. Bunlardan 113 adeti eğitim için kullanılmıştır. Eğitim tamamlandıktan sonra eğitim sürecinde kullanılmayan veri grubu ile model test edilmiştir. Eğitim performansı 0,26 iken test performansı 0,61'dir. Böylece model performansı %38 bulunmuştur (Şekil 56).



Şekil 56. Yapay sinir ağı modeli sonuçları



Şekil 57. Duyarlılık analizi sonuçları

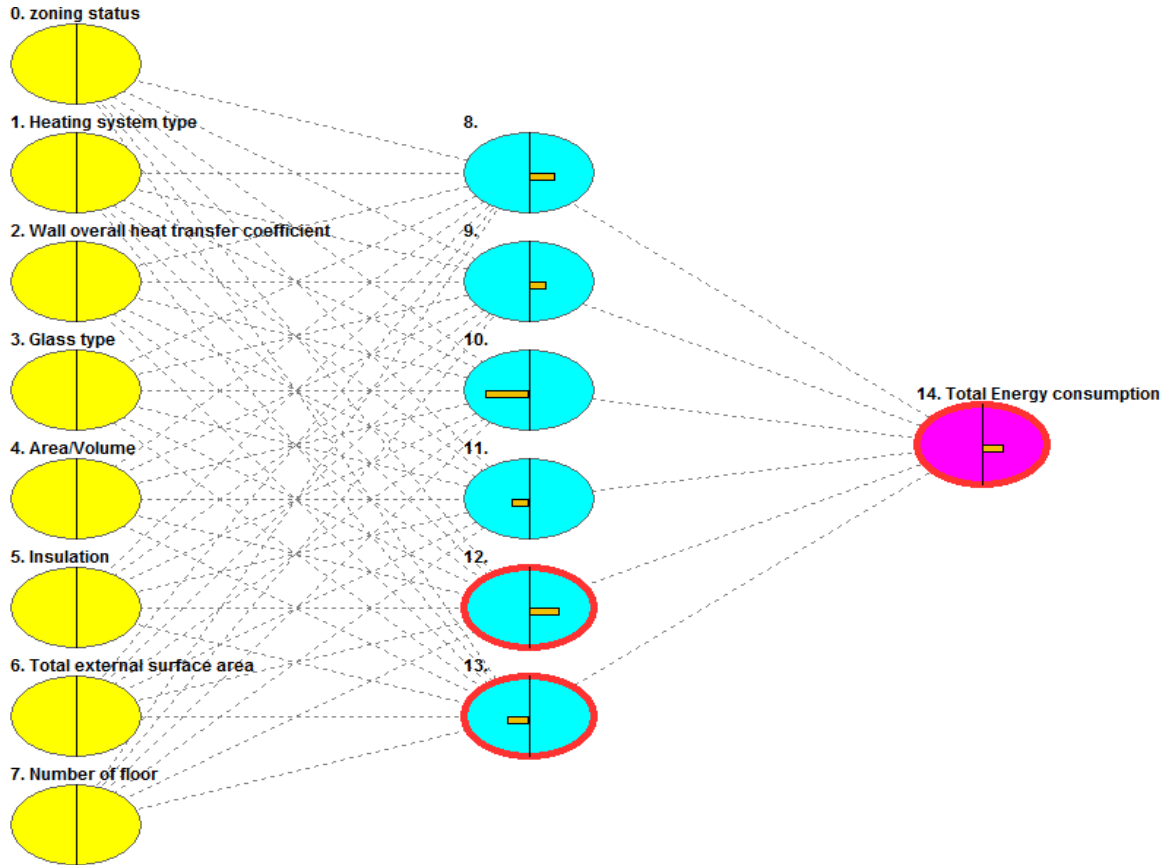
Binanın enerji tüketimine, tasarım verimlilik parametrelerinin ne oranda etki ettiğinin anlaşılması için duyarlılık analizi yapılmıştır (Şekil 57). Duyarlılık analizi sonucunda şu bilgilere ulaşılmıştır. Tasarım verimlilik göstergeleri binanın enerji tüketimine etki eder. Bu nedenle bilinmesi ve bilgilerin doğru kullanılması oldukça önem taşımaktadır. Tüm binanın enerji tüketimine en çok etki eden parametre yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır. Biçim faktörü en az etki oranına sahiptir. Yapay sinir ağı (%63'lük tahmin oranı ile) regresyon analizine (%47'lik tahmin oranı ile) göre

daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu nedenle bina enerji tüketimi problemlerine farklı bir yaklaşım getirmesi açısından kullanılabilir. Ayrıca ne kadar fazla veri ile model eğitilirse problemin teşhisi o kadar doğru olabilir.

Binanın toplam enerji tüketimini etkileyen çeşitli parametreler kullanılarak model performansı iyileştirilebilir. Bu parametreler ile yeni bir model oluşturulursa girdi parametreleri şöyledir;

1. Bina yönü
2. Isıtma sistemi tipi
3. Duvar toplam ısı transfer katsayısı (Duvar U değeri)
4. Cam tipi
5. Alan/Hacim oranı
6. İzolasyon varlığı
7. Bina toplam dış yüzey alanı
8. Bina kat sayısı

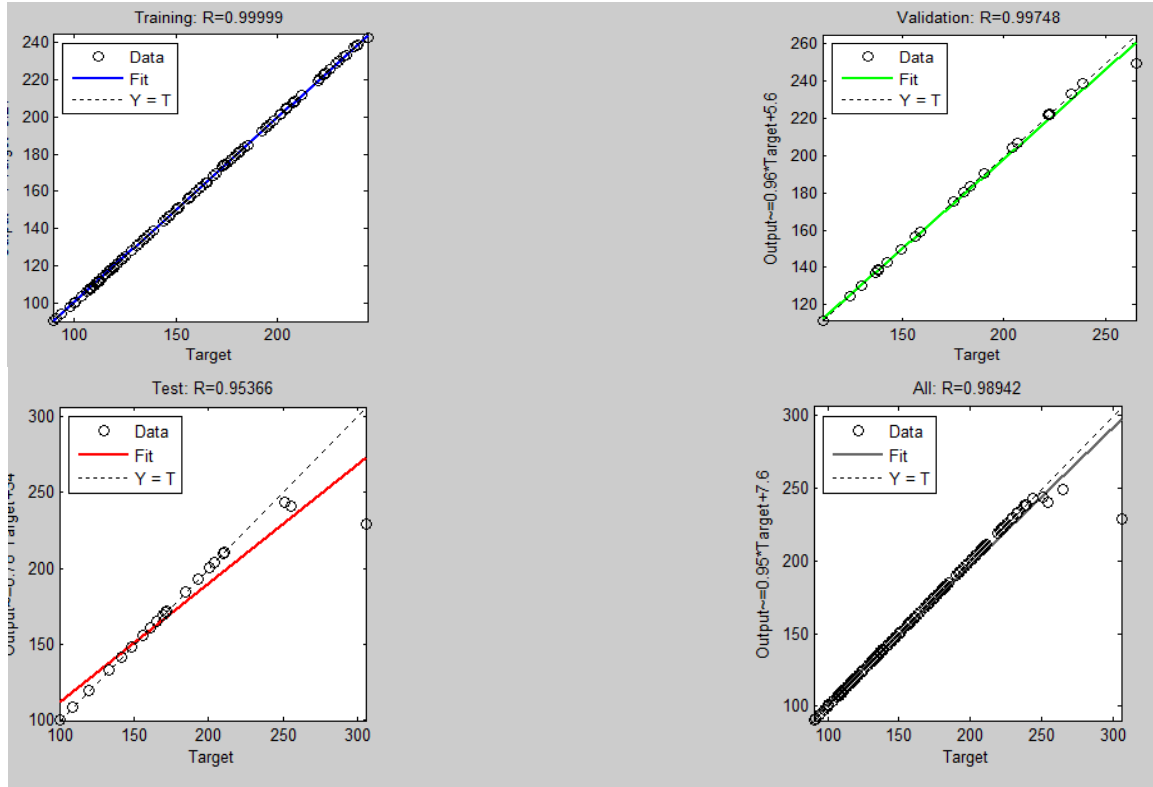
Çıktı parametresi tüm binanın enerji tüketimidir. Bu değerler KEP-IYTE-ESS yazılımı tarafından hesaplanan çıktı değerleridir (Şekil 58).



Şekil 58 Farklı parametrelerle oluşturulan yapay sinir ağı modeli

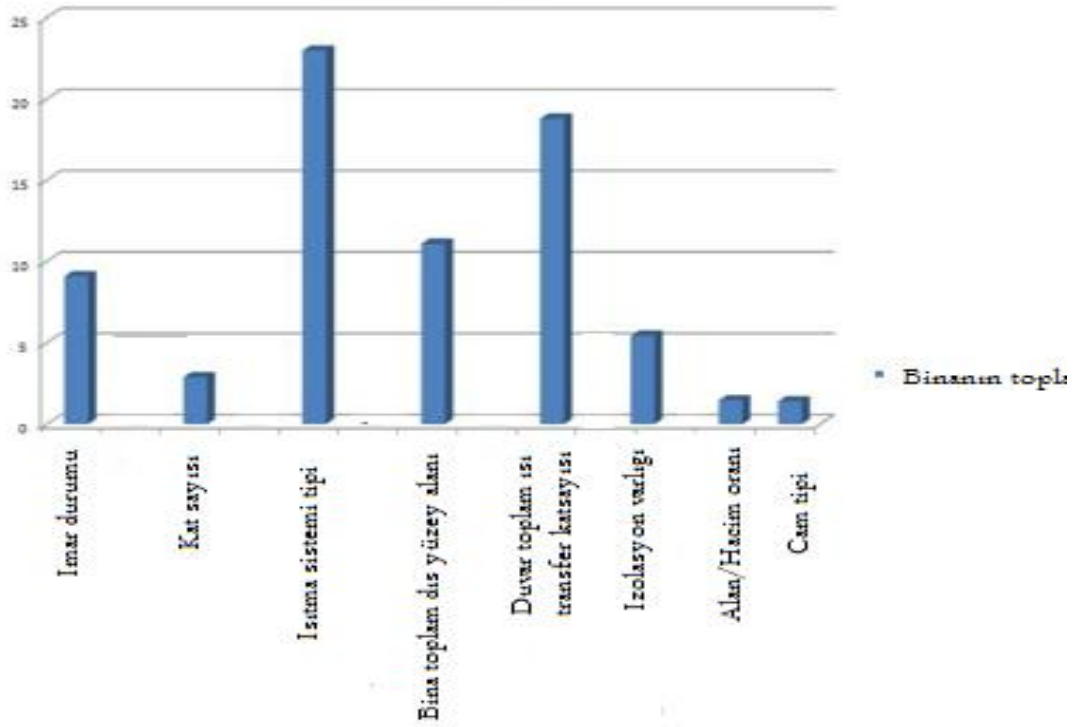
Yeni kurulan bu modelde 8 girdi parametresi ile 1 çıktı parametresi kullanılmıştır. Öğrenim algoritması Levenberg-marquart seçilmiştir. Transfer fonksiyonu tanjant hiperbolik fonksiyonudur. İterasyon sayısı 1000 olarak seçilmiştir. Modelin öğrenmesi ve test edilmesi için MATLAB 2008b ve NEUROSOLUTIONS 5 yazılımları kullanılmıştır. Modelin performansının optimum olduğu gizli katman sayısı 6 seçilmiştir.

Yapay sinir ağında 148 adet bina veri olarak incelenmiştir. Bunlardan 113 adeti eğitim için kullanılmıştır. Eğitim tamamlandıktan sonra eğitim sürecinde kullanılmayan veri grubu ile model test edilmiştir. Modelin tahmin gücü yaklaşık %98 bulunmuştur (Şekil 59).



Şekil 59 Farklı parametreler ile oluşturulan modelin test ve eğitim performanslarının karşılaştırılması

Binanın enerji tüketimine, modeldeki parametrelerinin ne oranda etki ettiğinin anlaşılması için duyarlılık analizi yapılmıştır (Şekil 61). Model duyarlılık analizi ile incelendiğinde tüm binanın enerji tüketimine en çok etki eden parametrenin ısıtma sistemi tipi olduğu görülmektedir. Cam tipi ile Alan/Hacim oranı en az etki oranlarına sahiptir.



Şekil 60 Yeni modelin duyarlılık analizi ile incelenmesi

## 5 TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1 İncelenen konut binalarının enerji ve CO<sub>2</sub> salım performansı

Binaların enerji performansı değerlendirmesinde KEP-SDM hesap yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile bir apartmandaki tüm konutların ve tüm binanın ısıtma enerjisi tüketimleri hesaplanabilmekte, ancak yöntem soğutma yüklerini hesaplamamaktadır; bu nedenle sonuçlar bu açıdan değerlendirilmiştir.

Gerek literatür taraması sonucunda gerekse enerji tüketimlerinin hesaplanması aşamasında binaların enerji performansını etkileyen birçok faktörün (mimari, mekanik, kullanım v.b) olduğu görülmüştür. Bu nedenle de her bir faktörün tek başına olan etkisinin oranı düşük bile olsa tüm faktörlerin bir arada oluşturdukları etkinin nihai performansta oluşturacağı değişim yüksek olmaktadır. İyileştirme çalışmaları yapılmadan önce bu durum göz önüne alınmalıdır.

Genel olarak mevcut binaların enerji performansı incelendiğinde konut binalarının büyük çoğunluğunun B ve C enerji sınıfında, ancak aynı zamanda G CO<sub>2</sub> salım sınıfında olduğu görülmüştür. Bu durum enerji performansı açısından yönetmelikte istenilen şartlara uygun olduğu için olumlu değerlendirilmiş, CO<sub>2</sub> salımı açısından ise kullanılan yakıttan kaynaklanan düşük performansın çevre kirliliğine neden

olduğu sonucuna varılmıştır. İzmir'deki konut binalarında ısıtma amaçlı kullanılan sistemlerin gözden geçirilip yenilenmesi, merkezi sistem ısıtmanın yaygınlaştırılması ve kullanılan yakıt tipinin de çevre kirliliğine zarar vermeyecek şekilde değişmesi önerilir.

Hesaplama yöntemine göre, mevcut binaların buldukları ilçelere göre enerji performanslarındaki farklılaşma binaların yapım yılları ile doğrudan ilgilidir. Yıllara göre bir değerlendirme yapıldığında özellikle 2000 yılında yalıtım yönetmeliği ile TS825'in uygulama zorunluluğu getirilmesinden sonraki dönemde Balçova ve Karabağlar'da inşa edilmiş binaların tamamına yakınının enerji performanslarının yüksek çıkmış olması (B ve C sınıfında olması) yalıtımın enerji tüketimindeki etkin gücünü gösterir. Konak'ta ise yapım yılları 1960-1999 arasında olan binaların gerek yalıtımsız olmaları gerekse eski yapım malzemeleriyle inşa edilmiş olmaları nedeniyle enerji tüketimlerinin diğer ilçelerdeki binalara göre daha fazla miktarda hesaplanmıştır.

Isıtma sistemi yakıt türü ile birlikte hem enerji performansını hem de CO<sub>2</sub> salımını etkileyen önemli faktörlerden biridir. İncelenen konut binalarının ısıtma sistemi merkezi, sobalı ve klimalı olarak üç çeşittir. Özellikle merkezi sistemli binaların enerji performansı diğerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Klimalı binaların CO<sub>2</sub> salım değerleri belirgin bir şekilde diğerlerinden farklılaşmaktadır. Isıtma sisteminin sonuçlara olan etkisini azaltmak için klimalı binalar sobalı olarak değiştirilmiş ve enerji tüketim değerleri yeniden hesaplanmıştır. Buna göre yinelenen analiz sonuçlarında büyük bir değişiklik olmamakla beraber bazı belirgin farklılıklar görülmüştür. Klima kullanımının azaltılması ve merkezi sistem ısıtmanın yaygınlaştırılması mevcut binaların enerji performanslarının iyileştirilmesi için gerekli görülmektedir.

Hesaplama, konvansiyonel ve mevcut kullanılan ısıtma sistemi ve yakıt türleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında özellikle pasif ısıtma yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr v.b.) binanın mekanik(aktif) enerji tüketimini azaltan etkisi literatürden bilinmektedir. Hesaplama yöntemleri geliştirilirken, pasif ısıtma yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanımının etkisi dikkate alınmalıdır.

## **5.2 Mimari özellikler ve önerilen tasarım verimlilik göstergeleri ile enerji tüketimleri bağlantısı**

Bu çalışmada mimari özellikler ile enerji tüketimi bağlantısının incelenmesinin, tasarım aşamasında, konutların enerji performansının çok daha iyi olmasını sağlayabilmek ve doğru tahminler elde edilebilmesi için yöntem geliştirilmesine katkı oluşturacağı; ayrıca, söz konusu konularda daha iyi çözümler üretmeyi amaçlayan tasarımcılar(mimarlar ve mühendisler) için ihtiyaç duyulan geribildirim ve fayda sağlayacağı düşünülmüştür.

Bu bağlamda, imar düzeni, yön, A/V oranı, pencere oranı ve kat adedi gibi mimari özelliklerin enerji tüketimlerine etkisi ortaya konulmuştur. İmar düzeni, binaların enerji performansında etkin olan faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Isı kayıplarına neden olan dış yüzey alanının artması binanın köşe bina veya ayrı bina olmasıyla ilgilidir. Yön kavramı ise güneşin konumuna göre hacimdeki güneş kazancı miktarını içermekle birlikte dış ortamla temas eden cephe(dış yüzey) adediyle de ilgilidir. Önceki araştırmaların sonuçlarından da tahmin edilebildiği üzere (Al-Sallal, 1998; İnanıcı ve Demirbilek, 2000; Numan ve diğerleri, 1999; Persson ve diğerleri,2006; Smeds and Wall, 2007; Wall, 2006), bu çalışmada da yönün enerji tüketimine anlamlı ve belirgin etkisi olmuştur. Bu durum, yön faktörünün güneş kazancını sağlamanın dışında, binanın imar düzeni ve dış yüzey alanlarına olan ilişkisi ile de açıklanabilir. Çünkü en iyi enerji performansı gösteren bitişik nizam/ara olan binalar kuzey/güney ile doğu/batı doğrultusunda yer almıştır. Bu iki gruptaki binaların ortalama enerji tüketimleri birbirine çok yakın olmasına karşın, varyanslarının farklı olması şöyle açıklanabilir. Öncelikle her iki grubun imar düzeni aynıdır. Ve de yönün enerji tüketimine etkisi dış yüzey alanınıniki kadar değildir. Örneğin, üç yöne bakan(kuzey/güney/batı, kuzey/güney/doğu, güney/batı/doğu) binalar için ortalamalar ve varyanslar benzerdir. Burada kuzeyin etkisinin çok az olduğu sonucuna ulaşılır; çünkü her üç grupta güney etkindir.

Birim hacim başına düşen dış alan miktarı (A/V) da, dış yüzeylerin baktığı yön gibi, bilindiği ve beklenildiği gibi, enerji performansını istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaştırmaktadır. Ancak, bu oranın en düşük olduğu değer aralığındaki binaların ortalama enerji tüketimi değeri diğerlerinden fazla olmuştur. Bu beklenmeyen durumun nedeni, som yıllarda inşa edilmiş olan binaların veya imar düzeni bitişik nizam/ara olanların enerji tüketimini azaltması dolayısı ile de A/V oranının etkisini azaltması olarak yorumlanabilir. Yalıtımın özellikle 2000 yılından sonra inşa edilmiş binalarda uygulandığı anlaşılmış ve enerji tüketimine belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık kattığı anlaşılmıştır. Binaların ısı kayıplarının azaltılmasında yalıtımlı malzemelerin bina kabuğunda kullanılmasının önemi bir kere daha görülmüştür. Uygulamaya geçirilen yönetmeliklerin bu açıdan fayda sağladığı ve gerekli olduğu söylenebilir.

Pencere oranının artması hacim içerisindeki güneş kazancını arttırdığından istatistiksel olarak enerji performansını belirgin bir şekilde iyileştirici etki göstermektedir. Literatürdeki çalışmalara göre (İnanıcı ve Demirbilek, 2000; Persson ve diğerleri, 2006), pencere boyutlarının ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli bir etkisi görülmemiştir. Pencere oranının %50 artırılması ile birlikte yalıtım kalınlığının da artırılmasının daha iyi ısı performansla sonuçlandığı anlaşılmıştır. İncelenen binaların pencere oranları 0,10 ile 0,60 arasında değişmekte; ve pencere alanlarına göre enerji sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılaşma oluşmamasına rağmen; enerji tüketimleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuş olması literatür çalışmalarındaki sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Kat adedinin söz konusu etkisinin olmaması, hesaplama yönteminde kat zammının olmamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bina yükseldikçe üst katlarda rüzgârın soğutma etkisi dolayısıyla ısıtma enerjisi performansını kötüleştirici etkisi düşünülmektedir. Bu da hesaplama yöntemleri geliştirilirken dikkate alınmalıdır. İncelenen binalarda da ara katların enerji performansı üst ve zemin katlardan daha

iyi çıkmıştır. Tüm binanın performansı belirlenirken tüm katların performansının aritmetik ortalaması alındığından, bina yükseldikçe enerji tüketiminin azalacağı çok açıktır.

Önerilen tasarım verimlilik göstergeleri, konut binalarının gerek yapım maliyeti gerekse kullanıma yönelik işletim maliyeti açısından optimum değerlerin sağlanması için kullanılır. Böylece, yapıların ve bunların içinde barındırdığı çeşitli işlemlere yönelik alanların çok daha verimli ve çok daha ucuza mal olacak şekilde tasarlanıp üretilmesini sağlamak için yol gösterici olmak amaçtır. Bu göstergelerin, etkin olanları için, önerilen düşük, orta ve yüksek verimlilik gruplarının ait olduğu binaların enerji performans gruplarından söz edilebilir. Bu öneri, incelenen konut binaları için geçerli olmaktadır. Genelleştirme yapılabilmesi için daha geniş ve çeşitlilik gösteren bir örneklem seçilerek çalışma geliştirilebilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara özgü olarak bazı dikkat çeken konular vardır. Bunlardan ilki, tasarım göstergeleri ile oluşturulan verimlilik grupları ile bina enerji performansının doğru orantılı olarak ilişkilendirilmesidir. Yapı faydalı alanı başına düşen yapı dış yüzey alanının (G1) artması tasarım açısından verimsizliğe neden olur; yapım maliyeti (kullanılan malzeme v.s.) ve kullanım sırasındaki işletim maliyeti artmaktadır. Aynı zamanda birim alan başına düşen hacim miktarı ve ısı kaybı olan dış yüzey alanı da arttığından aynı birim alanı ısıtmak için harcanan enerji miktarı da artış gösterir; enerji performansı düşer. Bu durumun aksine, pencere alanının yapı dış yüzey alanına bağlı olarak artması tasarım açısından boşluk ve doluluk dengesini bozduğundan, yapım ve işletim maliyetlerini arttırdığından verimsizliğe neden olur. Nicelik bakımından ısıtma yüklerini en az seviyede tutması amacıyla uygunluğu denetlenmelidir. Bu çalışma sırasında pencere alanı artışının enerji performansını arttıran yönde bir etki değeri olduğu anlaşılmıştır. Mimari açıdan dolu ve boşluk dengesi verimsiz tasarlanmış olan bir cephe çok iyi bir enerji performansı gösterebilir.

Göstergelerin bu açılardan ele alınışı, binaların proje aşamasında inşa edilmeye başlanmadan ve kullanıma açılmadan önceki sorunların farkına varılması ve düzeltilmesi nedeniyle gereklidir. Bu değerlerle, tüm binalar hakkında genelleme yapılamasa da incelenen binalar popülasyonu içerisinde, göstergelerin binaların enerji performanslarına olan etkinliklerini açıklayan eşik değerler olarak ifade edilebilir.

### **5.3 Yöntem ve enerji performansı tahmini üzerine**

Avrupa Birliği'nin hazırladığı enerji performansı yönergesi dikkate alınarak hazırlanmış yasa ve yönetmeliklerin uygulanması tecrübe ve sabit standartlar gerektirdiği için belirli bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Konut binalarının enerji performansının belirlenmesi, çok değişkenli ve karmaşık bir iş olmaktadır. Bu kapsamda, mimari, mekanik, yapım, ekonomik ve yasal konular ile kullanıcıların kullanım alışkanlıkları ve davranışları etkili olmaktadır. Yukarıda belirtilen konular ışığında, ülkemizde de mevcut binaların enerji performanslarının değerlendirilmesine ait bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma da, bu iş için hazırlık niteliğindedir ve binaların mimari özellikleri ile bunların enerji



performansları arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. İlgili enerji politikalarını sonuçlandırmak için geniş, kapsamlı ve yaygın bir şekilde, teknik ve sosyolojik bilgi birikiminin sağlanması için detaylı çalışmaların yapılması önkoşul olmalıdır.

Bu çalışmada, binaların enerji performansı KEP-SDM yöntemine dayanan KEP-İYTE-ESS yazılımı ile hesaplanmıştır. Yöntem dikkate alındığında şu öneriler getirilebilir. Soğutma yükleri nedeniyle ortaya çıkan enerji tüketimleri de hesaplanmalıdır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji performansına olumlu etkisi veya pasif ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin binaların enerji kazancına olan katkı değeri benzer programlarla hesaplanabilmeli ve bina uygulamalarında teşvik edilmeleri sağlanabilmelidir. Konutların enerji performansı hesaplanırken, yöntemle ya da yazılımla bütünlük bir simülasyon (3 boyutlu benzetim) programı geliştirilmelidir. Böylece mimari özellikler tasarım aşamasında görselleştirilir ve binanın enerji davranışı da benzer yardımcı araçlarla incelenebilir. Böylece tüm değişkenlerin binanın enerji performansına olan etkisi bir arada görülebilir. Böyle bir yöntem, iç mekânlar, yapı elemanları veya tasarım kararları nedeniyle oluşacak enerji tüketimi ile ilgili gereksinimler hakkında profesyonelleri yönlendirebilir. Yapım aşamasından önce bu eksiklikleri giderici önlemler alınmasını sağlayabilir.

Hesaplama ve benzetim programları dışında, yapay zeka yöntemleri de karmaşık ve çok değişkenli problemlerin çözümü için kullanıldığından enerji performansı tahminleme yöntemi olarak da kullanılabilir. Projelerden elde edilecek veriler ile hazırlanan model ile yapım aşamasından önce binaların enerji tüketimleri hakkında gerçeğe yakın tahminler elde dileyebilir. Bu amaç daha çok değişken ile modelleme üzerine yeni çalışmalar yapılması önerilir.

Bu çalışmada, mimari projelerden ve KEP-SDM yöntemi ile elde edilen veriler istatistiksel analizler aracılığıyla incelenmiş; bina enerji sınıfları ile bazı tasarım verimlilik göstergeleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Bir sonraki aşamada, tasarım verimlilik sınıfları oluşturulmuş ve bu gruplar ile enerji tüketim değerleri arasında anlamlı bir ilişki araştırılabilmesi için yeniden varyans analizleri uygulanmıştır. Bu sayede, 'yüksek performanslı, orta performanslı ve düşük performanslı konut grupları oluşturulmuştur.

Öncelikle, yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranlarına(G1) göre oluşturulan verimlilik grupları arasında, enerji tüketimlerine göre anlamlı farklılıklar olduğu sonucuna varılır. Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı arttıkça ortalama enerji tüketimi değerlerinin arttığı görülmüş, ve de istatistiksel olarak G1 için düşük verimlilik grubunda olan binaların enerji tüketimlerinin, yüksek verimlilik grubundakilere göre düşük olduğu sonucuna varılabilmektedir. Pencere alanının dışı duvar alanına oranı (G2) göre oluşturulan üç adet verimlilik (örn. düşük:0,104-0,237; orta:0,238-0,36; yüksek: 0,37-0,6) grubu ile enerji tüketimleri arasında, önceki analiz sonucunun aksine, istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur. Her grubun ortalama enerji tüketim değerlerine bakıldığında, pencere alanı oranının arttıkça enerji tüketimlerinin azaldığı görülmüştür. Çalışmanın ilk aşamasında pencere alanının güneş kazancını artırdığı ve ısıtma enerjisi tüketimini azalttığı yönündeki düşüncüyü destekleyen bir bulgudur. Benzer sonuç ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranına göre

bakıldığında da görülür. Biçim faktörüne göre oluşturulan 4 grubun ortalama enerji tüketim değerlerine bakıldığında, biçim oranının arttıkça enerji tüketimlerinin de arttığı görülmüştür. Ancak, biçim oranı ile, enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı görülür. Diğer göstergeler için de anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Ancak, ısıtma sistemine göre tekrarlanan analizler sonucunda; yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı ile yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranına göre oluşturulan gruplar ile enerji tüketimleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı ilişki görülmüştür.

Sonrasında enerji performanslarına göre sınıflandırılan yüksek performanslı binalar (A,B sınıfı), orta performanslı binalar (C,D sınıfı) ve düşük performanslı (E, F,G sınıfı) binaların, etkinlikleri anlamlı çıkan göstergelere göre dağılımları incelenmiştir. Belirli sınır değerler arasına düşen binaların performans değerleri hakkında yorum yapılabilmektedir. Örneğin, G1 değeri 0,2 ile 0,5 aralığında iken G2 değeri 0,3 ile 0,6 aralığında olan binaların büyük çoğunluğunun yüksek performanslı binalar olduğu anlaşılmıştır. G1 değeri 0,8'den büyük olan ve G2 değeri 0,1 ile 0,3 aralığında olan binaların büyük çoğunluğu düşük-orta performans sınıfındadırlar.

Son aşamada, tasarım verimlilik göstergeleri düşük, orta ve yüksek verimlilik sınıflarına ayrılmış ve enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> salımlarına göre etkinlikleri değerlendirilmiştir. Bu durumun oluşturduğu sonuç şöyle yorumlanmaktadır. G1 ve G4 oranı için düşük tasarım verimlilik sınıfına ait binaların; G2, G6 ve G8 oranı için yüksek tasarım verimlilik sınıfına ait binaların enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının yüksek olacağı sonucuna ulaşılır. Sınıfları belirleyen değerler, incelenen binalar popülasyonu içerisinde, göstergelerin binaların enerji performanslarına olan etkinliklerini açıklayan eşik değerler olarak ifade edilebilirler. A/V ve yöne göre belirlenen yüksek verimlilik sınıfına ait binalar için ise enerji ve CO<sub>2</sub> performanslarının düşük olacağı anlaşılmıştır.

Binalarda enerji tüketimini tahmin edebilmek amacıyla yapay sinir ağları kullanılarak bir tahminleme yöntemi kullanılmıştır. Girdi değerleri olarak binaların projelerinden derlenen mimari özelliklere ait verilerden hesaplanan tasarım verimlilik göstergeleri seçilmiştir. Bunlar; yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı, pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı, biçim faktörü(en/boy oranı), yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı, yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır. Binanın enerji tüketimine, tasarım verimlilik parametrelerinin ne oranda etki ettiğinin anlaşılması için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda, tasarım verimlilik göstergeleri binanın enerji tüketimine etki eder. Bu nedenle bilinmesi ve bilgilerin doğru kullanılması oldukça önem taşımaktadır. Tüm binanın enerji tüketimine en çok etki eden parametre yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranıdır. Biçim faktörü en az etki oranına sahiptir. Yapay sinir ağları (%63'lük tahmin oranı ile) regresyon analizine (%47'lik tahmin oranı ile) göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu nedenle bina enerji tüketimi problemlerine farklı bir yaklaşım getirmesi açısından kullanılabilir. Ayrıca ne kadar fazla veri ile model eğitilirse problemin teşhisi o kadar doğru olabilir. Parametreler değiştirilerek model geliştirilmiş;mimari özellikleri ile ısıtma sistem özelliklerini ifade eden parametrelerden bina yönü; ısıtma sistemi tipi; duvar toplam ısı transfer katsayısı (Duvar U değeri); cam tipi; alan/Hacim oranı; ısı yalıtımı varlığı; bina toplam dış yüzey alanı ve bina kat sayısı ile model

yeniden kurulmuştur. Bu ikinci model sonucunda, enerji tüketimi %2'lik hata oranı ile tahmin edilebilmiştir. Bir çok parametrenin aynı anda değerlendirilebildiği böyle bir yöntem benzer çalışmalarda kullanılması olumlu olarak değerlendirilmiştir.

## 5.4 Sonuç

Bu çalışma, İzmir'de inşa edilmiş mevcut konut binalarının mimari ve mekanik tesisat projelerinin incelenmesini, inşaat ve enerji sektöründeki profesyoneller ve aynı zamanda da ilgili araştırmacılar için bu binaların enerji performanslarının ortaya çıkarılmasını kapsamaktadır. Buna ek olarak, söz konusu binaların mimari konfigürasyonları ile enerji performansları arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için yöntem oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, enerji korunumu için stratejiler geliştirilirken mimari ölçütleri ve göstergelerin dikkate alınması gerekli olmaktadır. Yeni ve mevcut binalar için enerji stratejileri uygulanırken, etki değeri en yaygın ve etken olan imar düzeni, dış duvar yüzeyi alanı ile alan/hacim oranına ek olarak, yönelme, kat adedi, biçim oranı, ısıtma sistemi ve diğer konfigürasyon göstergeleri de düşünülmelidir. İncelenen binaların enerji sınıfları dikkate alındığında hiçbir binanın A enerji sınıfında olmadığı ve hiçbirinin yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmadığı anlaşılmıştır. Mimari ölçütler ve göstergeler kadar yenilenebilir enerji kaynakları da dikkate alınmalı ve bina kullanıcıları, bu kaynakların kullanımı için teşvik edilmelidir.

Böylece, enerji performansı iyi, yapım ve işletim faaliyetleri eskiye göre daha az maliyetli olan yeni binalar tasarlamak için daha iyi mimari çözümler önerilebilir.

## REFERANSLAR

AKTÜRE, T., *Konutta Kalite*, Mesa Mesken Sanayi, Ankara, (1994).

ALİ H.H., Alsairat S.F., Developing a Green Building Assessment Tool for developing countries-Case of Jordan, *Building and Environment*, 44, 1053-1064, (2009).

AL-SALLAL K.A., Sizing Windows to Achieve Passive Cooling, Passive Heating, and Daylighting in Hot Arid Regions, *Renewable Energy*, 14,1-4, 365-371, (1998).

ALTAŞ, H., Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel, *Aylık 3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi*, 45, 58-63, (1998).

ALVAREZ, S., Blanco, A., Sanz, J.A., Sanchez, F.J., *The Euroclass method-description of the software, in Energy Performance of Residential Buildings*, ed: Santamouris, M., James & James/Earthscan, UK, (2005).

ARISOY, A., Binalarda Enerji Performansına Yaklaşım, AB ve Türkiye'deki Çalışmalar, TMMOB 2. Enerji Verimliliği Kongresi, İstanbul, (2009).

ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, 1-P Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, (2007).

AVRUPA BİRLİĞİ, *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings*, Official Journal of the European Communities, (2003).

AVRUPA BİRLİĞİ, *Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings*, Official Journal of the European Communities, (2010).

AYKAL, D., Gümüş, B., Akça, Y.B.Ö., Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, (2009), pp.78-83.

BALAMİR, M., *Kentleşme, Kentsel Süreçler ve Kent Yapısı*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara, (1982).

BALARAS, C.A., Droutsas, K., Argiriou, A.A., Asimakopoulos, D.N., EPIQR Surveys of Apartment Buildings in Europe, *Energy and Buildings*, 31, 111-128, (2000).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Enerji Verimliliği Kanunu*, 2 Mayıs 2007 tarihli Resmi Gazete, Sayı: 26510, Ankara, (2007).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği*, 8 Mayıs 2000 tarihli Resmi Gazete, Sayı: 24043, Ankara, (2000).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*, 5 Aralık 2008 tarihli Resmi Gazete, Sayı:27075, Ankara, (2008).

BERKÖZ, E., Kocaaslan, G., Enerji ve Kaynak Tüketimini Azaltan Konut ve Yerleşme Tasarımı, *Konutta Kalite*, ed: Aktüre, T., MESA, Ankara, 141-156, (1994).

BOLATTÜRK, A., Determination of optimum insulation thickness for buildings walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey, *Applied Thermal Engineering*, 26, 1301-1309, (2006).

BORDEN I. et al., *Energy efficient design, A Guide to Energy Efficiency and Solar Applications in Building Design*, United Nations, New York, (1991).

*BREEAM 2009, Building Research Establishment environmental assessment method- The Code for Sustainable Homes. <http://www.breeam.org/page.jsp?id=86> , Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010, (2009).*

CEN, *prEN ISO 13790 - Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating and cooling*, CEN, Brussels, (2006).

CEN, *prEN 15203/15315 Energy performance of buildings - Assessment of energy use and definition of energy ratings*, CEN, Brussels, (2006).

CEN, *prEN 15217 Energy performance of buildings- Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*, CEN, Brussels, (2006).

CEN, *prEN 15251, Criteria for the indoor environment including thermal, indoor air quality, light and noise*, CEN, Brussels, (2005).

CEN, *prEN 15316-3-1,2,3, Domestic Hot Water systems (Part 1,2,3)*, CEN, Brussels, (2006).

CEN, *prEN15316-4-3, Method for Calculations of System Energy Requirements and System Efficiencies Part:4-3*, CEN, Brussels, (2005).

ÇALIKOĞLU, E., Enerji Verimliliği ve EİE Tarafından Yürütölen Çalışmalar, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE İşleri Genel Müdürlüğü, Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara, (2004), pp.59-64.

ÇENGEL, Y., Enerji Kaynağı olarak Enerji Verimliliği, *Enerji Verimliliği Dergisi*, Ocak-şubat,76-87, (2010).

COşKUN, C., Oktay, Z., Sarpdağ, Ö., Coşkunyörek, A.H., Evciman, M., Yeşil Enerji Etkin Akıllı Villalara Yönelik Özgün bir Tasarım, VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, (2008), pp.161-172.

DEAP, Dwellings Energy Assessment Procedure, Sustainable Energy Authority of Ireland, [http://www.seai.ie/Your\\_Building/BER/BER\\_Assessors/Technical/DEAP/DEAP\\_2006/](http://www.seai.ie/Your_Building/BER/BER_Assessors/Technical/DEAP/DEAP_2006/), (2006).

DEK-TMK (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi), *2005-2006 Türkiye Enerji Raporu*, DEK-TMK YAYIN NO: 0004/2007, Ankara, (2007).

Department for Communities and Local Government, *Code for Sustainable Homes- A step-change in sustainable home building practice*, Communities and Local Government Publications, London, [http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code\\_for\\_sust\\_homes.pdf](http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sust_homes.pdf), 17 Ocak 2011, (2006).

DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü), *Bina İnşaatı İstatistikleri*, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, (2003).

DİLİ, A.S., Naseer, M.A., Varghese, T.Z., Passive Environment Control System of Kerala Vernacular Residential Architecture for a Comfortable Indoor Environment: A Qualitative and Quantitative Analyses, *Energy and Buildings*, 42, 917–927, (2010).

DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) *Konut Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Yayın no:DPT:2432-ÖİK:490., Ankara, (1996).

DÜZGÜNEŞ, A., Yapılarda Tasarlama Etkerliğinin Değerlendirilmesi için Kullanılabilecek Göstergeler; Ankara'daki Apartman Yapıları Üzerine bir Çalışma, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi, Ankara, (1982).

EnEV, [http://www.enev-online.org/enev\\_2009\\_volltext/enev\\_2009\\_0\\_090430\\_bundesgesetzblatt\\_amtliche\\_fassung\\_lesversion.pdf](http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung_lesversion.pdf), 20 Eylül 2010, (2009).

ENPER-TEBUC, *Energy Performance of Buildings: Assessment of Innovative Technologies*, ENPER B2 Final Report of a research project of SAVE programme of European Union, Belgian Building Research Institute, [http://www.enper.org/pub/download/ENPER\\_B2\\_final.pdf](http://www.enper.org/pub/download/ENPER_B2_final.pdf), 17 Ocak 2010, (2003).

EPA, <http://www.eposadvies.nl/> Erişim Tarihi: 22 Eylül 2010, (2000).

EPB, [http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background\\_doc\\_j.pdf](http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background_doc_j.pdf). Erişim Tarihi: 22 Eylül 2010, (1995).

ERİŞ, B., Binalarda Enerji Verimliliği ve Yasal Düzenlemeler, TMMOB 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, İstanbul, (2009).

ESİN, T., Yüksek, İ., Çevre Dostu Ekolojik Yapılar, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Turkey, (2009).

FLORİDESA, G.A., Tassoub, S.A., Kalogiroua S.A., Wrobelb L.C., Measures Used to Lower Building Energy Consumption and Their Cost Effectiveness, *Applied Energy*, 73, 299–328, (2002).

Flourentzou, F., J.L. Genre, C.A. Roulet, T. Stöckli, *EPIQR-TOBUS: a new generation of refurbishment decision aid method*, *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege* 5, (2000) 543-544.

Gonzalez, P.A., Zamarreno, J.M. Prediction of Hourly Energy Consumption in Buildings based on a Feedback Artificial Neural Network, *Energy and Buildings*, 37, 595–601, (2005).

GÖKÇEN, G., Yaman, M.C., Akın, S., Aytaş, B., Poyraz, M., Kala, M. E., Toksoy, M., Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) için Geliştirilen Enerji Sertifikalandırma Yazılımı (KEP-İYTE-ESS), IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, (2009), pp. 411-422.

GÜNER, D., İzmir'de Modern Konut Mimarlığı 1950-2006, *Planlama*, 3, 123-141,(2006).

HAMILTON, B., *A Comparison of Energy Efficiency Programmes for Existing Homes in Eleven Countries*, Department of Energy and Climate Change United Kingdom, Şubat, (2010).

HASTEKİN, A., Kaya, E., Kobaş, B., Enerji Kimlik Belgesi için BEP-TR Yazılımı, *Termodinamik Dergisi*, Ocak, 42-68, (2010).

HEGNER, H.D., Binaların Enerji Performansı AB Yönergesi 2002/91/EC: AB, Almanya ve Türkiye'deki Hazırlıklar, *TTMD Dergisi*, Eylül-Ekim, 37-39, (2004).

IEA (International Energy Agency) *Integral Building Envelope Performance Assessment, Technical Synthesis Report IEA ECBCS Annex 32*, Energy Conservation in Buildings and Community System, FaberMaunsell Ltd., United Kingdom, (2003).

İMAMOĞLU, V., Konutlarda Isı Konforu, *Konutta Kalite*, ed: Aktüre, T., MESA, Ankara, (1994), pp.105-116.

İNANICI M.N., Demirbilek F.N., Thermal Performance Optimization of Building Aspect Ratio and South Window Size in Five Cities Having Different Climatic Characteristics of Turkey, *Building and Environment*, 35, 41-52, (2000).

ISSA, M.,H., Rankin,J., H., Christian, A.,J., Canadian Practioners' Perception of Research Work Investigating the Cost Premiums, Long Terms Costs and Health and Productivity Benefits of Green Buildings, *Building and Environment*, 45,1698-1711, (2010).

İKİZ, F., Püskülcü, H., Eren, Ş., İstatistiğe Giriş, Barış Yayınları, İzmir, (2006).

KALATAŞ H., Leed Yeşil Bina Sertifikalandırma Programı, XI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, (2009), pp. 1069-1078.

KALATAŞ, H., Yeşil Bina, *Termodinamik Dergisi*, Kasım-Aralık, 66-76, (2008).

KAVAK, K., *Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, (Uzmanlık Tezi), DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: 2689, Ankara, (2005).

KAZANASMAZ, T., *An Investigation On The Planimetric Design Efficiency of Inpatient Departments in Healthcare Facilities*, (Doktora Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Ankara, (2005).

KAZANASMAZ,Z.T. The Impact of Planimetric Configuration on Structurally Damaged Residential Buildings, *Architectural Science Review*, 52,1,1-66, (2009).

KESKİN, T., Enerji Verimliliği Kanunu ve Uygulama Süreci, *Mühendis ve Makine*, 48(569), 106-112, (2007).

Kılıç N. Konut sektörüne bakış, *Ar&Ge Bülten 2009 Ekonomi*, İzmir Ticaret Odası, ss. 31-37. Konut Habercisi, 2009. <http://www.konuthabercisi.com/tag/ekolojik-konut-projeleri/>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010, (2009).

KULA, B.O., *An Investigation on The Planimetric Design Efficiency of Guestroom Floors in Four-Star Hotels*, (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Ankara, (2009).

Kyoto Protocol, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Erişim tarihi.19 Eylül 2010, (1997).

LOPES, L., Hokoi, S., Miura, H., Shuhei, K., Energy Efficiency and Energy Savings in Japanese Residential Buildings—Research Methodology and Surveyed Results, *Energy and Buildings*, 37, 7, 698-706, 2005.

MANİOĞLU, G., Yılmaz, Z., Energy Efficient Design Strategies in the Hot Dry Area of Turkey, *Building and Environment*, 43, 1301–1309, (2008).

MCCALL, R.B., *Fundamental Statistics for Behavioral Sciences*, Harcourt Brace Jovanovich, USA, (1990).

Methode de calcul TH-C-E-ex, <http://www2.equipement.gouv.fr/bulletinofficiel/fiches/Bo200818/A0180009.pdf>, 16 Eylül 2010, (2008).

MIGUEZ, J.L., Review of the Energy Rating of Dwellings in the European Union as a Mechanism for Sustainable Energy, *Renewable and Sustainable Energy*, 10, 24-45, (2006).

MMO Çalışma Grubu, *Konutlarda Enerji Performansı Standard Değerlendirme Metodu (KEP-SDM)*, KEP-SDM V 0.1 Taslak, İzmir, (2008).

MOLTAY Ö., Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Yeni Bina Tasarım, *Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi*, Mayıs-Haziran, 36-40, (2010).



NBN B62-002, *Thermal Properties of Buildings*, Official gazette:14/05/2009, (2008).

NIU, J., Some Significant Environmental Issues in High-rise Residential Building Design in Urban Areas, *Energy and Buildings*, 36, 1259–1263, (2004).

NUMAN, M.Y., Almaziad, F.A., Al-Khaja, W.A., Architectural and Urban Design Potentials for Residential Building Energy Saving in the Gulf Region, *Applied Energy*, 64, 401-410, (1999).

ORAL, G.K., Yener, A.K., Bayazit, N.T., Building Envelope Design with the Objective to Ensure Thermal, Visual and Acoustic Comfort Conditions, *Building and Environment*, 39, 281-287, (2004).

ORAL, G.K., Yilmaz,Z., The Limit U values for Building Envelope related to Building Form in Temperate and Cold Climatic Zones, *Building and Environment*, 37, 1173-1180, (2002).

PEDERSEN, L., Use of Different Methodologies for Thermal Load and Energy Estimations in Buildings Including Meteorological and Sociological Input Parameters, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 998–1007, (2007).

PERSSON, M., Roos, A., Wall, M., Influence of Window Size on the Energy Balance of Low Energy Houses, *Energy and Buildings*, 38, 181-188, (2006).

POEL, B., Cruchten, G.,Balaras, C., Energy Performance Assessment of Existing Dwellings, *Energy and Buildings*, 39, 393-403, (2007).

POLICY, <http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=pm&id=460&action=detail>. Erişim Tarihi. 21 Eylül 2010, (2009).

REY, E., Office Building Retrofitting Strategies: Multicriteria Approach of an Architectural and Technical Issue, *Energy and Buildings*, 36, 367-372, (2004).

ROULET, C., Anderson, B., *CEN Standards for Implementing the European Directive on Energy Performance of Buildings*, PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, (2006).

SANTAMOURIS,M., *Energy Performance of Residential Buildings:A Practical Guide for Energy Rating and Efficiency*, James & James/Earthscan, UK, (2005), pp.16-18.

SANTAMOURIS,M.,Introduction On the Energy Rating of Buildings, *Energy Performance of Residential Buildings*, ed: Santamouris, M., James & James/Earthscan, UK, (2005), pp.1-15.

SAP2005- The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, Revision 1, Version 9.81, Building Research Establishment of U.K, Garston, Watford, 2008.

SEKTÖREL DERNEKLER FEDERASYONU, *TMB İnşaat Sektörü Analizi*,  
<http://www.sedefed.org/default.aspx?pid=62176&nid=59071>, 8 Ekim 2010, (2009).

SEV, A., Canbay, N., Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri, *Yapı*, Nisan, 43-47, (2009).

Singh, T.N., Sinha, S., Singh, V.K. Prediction of thermal conductivity of rock through physico-mechanical properties, *Building and Environment*, 42, 146–155, (2007).

SMEDS, J., Wall, M., Enhanced Energy Conservation in Houses through High Performance Design, *Energy and Buildings*, 39, 273-278, (2007).

SOMALI, B., Ilıcalı, E., Leed Ve Breeam Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, (2009), pp.1081-1088.

SOYSAL S., *Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi*, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara, (2008).

SPSS Base 14 User's Guide, SPSS Inc., USA, (2005).

TOKİ-Toplu Konut İdaresi, *Türkiye'de Konut Sektörü ve T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi'nin Konut Üretimindeki Yeri*, Yapı Endüstri Merkezi, TOKİ Araştırma Dizisi 2, İstanbul, (2006).

TÖNÜK, S., Köksal C., Çevresel Etki Değerlendirilmesi Metodları Kapsamında Casbee Sisteminin incelenmesi ve Çevreci Bina tasarımının Değerlendirilmesi, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, İstanbul, (2010), pp. 203-214.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), Bina İnşaatı İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, (2000).

TS 825, *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı*, Resmi Gazete, Sayı:23725, Ankara, (1999).

TURAN, O., Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi ve Çözüm Önerileri, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE İşleri Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara, (2004), pp. 91-97.

USGBC(U.S. Green Building Council), *LEED for Homes Program-Pilot Rating System*, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2267>, 17 Ocak 2011, (2007).

USGBC (U.S. Green Building Council), *LEED for New Constructions and Major Renovations*, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=7244>, (2008).

USGBC (U.S. Green Building Council, *LEED Gold, Southern Living Idea House Leicester, North Carolina*, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5106>, 17 Ocak 2011, (2009).

USGBC (U.S. Green Building Council), *LEED Platinum, Vista Dunes La Quinta, California*, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=7867>, 17 Ocak 2011, (2009).

USGBC (US Green Building Council), <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>, 17 Ocak 2011, (2011).

ÜNVER, R., Akdağ, N.Y., Gedik, G.Z., Öztürk, L.D. ve Karabiber, Z., Prediction of Building Envelope Performance in the Design Stage: an Application for Office Buildings, *Building and Environment*, 39, 143-152, (2004).

VİKİPEDİ, Regresyon Analizi, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon\\_analizi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon_analizi), 01 Eylül 2011, (2011).

VURAL, S.M., Balanlı, A., Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma, *Megaron*, 1,1, 28-39, (2005).

WALL, M., Energy-efficient Terrace Houses in Sweden Simulations and Measurements, *Energy and Buildings*, 38, 627–634, (2006).

WAN, K.S.Y., Yik, F.W.H., Building Design and Energy End-use Characteristics of High-rise Residential Buildings in Hong Kong, *Applied Energy*, 78, 19-36, (2004).

WARREN, A., *Energy Performance of Building Directive. A Summary of Its Objectives and Content*, CIBSE Briefing 6, London, <http://www.heepi.org.uk/documents/cibseeudirectivebriefing.pdf>, 17 Ocak 2011, (2003).

YAMAN, M., *Energy Efficiency in a University Building: Energy Performance Assessment of Iztech Administrative Building*, (Yüksek Lisans Tezi), İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Mühendisliği, İzmir, (2009).

YILMAZ, Z., Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *Tasarım*, 157, 100-104, (2005).

YILMAZ, Z., Evaluation of Energy Efficient Design Strategies for Different Climatic Zones: Comparison of Thermal Performance of Buildings in Temperate-humid and Hot-dry Climate, *Energy and Buildings*, 39, 306-316, (2007).

**EK-1**

## **BELEDİYELERE GÖNDERİLEN ÖRNEK İZİN YAZISI**

T.C. İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Fakültesi

KONU: Bilgi ve belge temini

İZMİR

.... Ocak 2010

İZMİR ..... BELEDİYE BAŞKANLIĞI,  
(İMAR VE ŞEHİRCİLİK MÜDÜRLÜĞÜNE)

Fakültemiz Mimarlık Bölümü Öğretim Görevlisi Dr. Zehra Tuğçe KAZANASMAZ; “**Çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi**” konulu TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında farklı semtlerden toplam yaklaşık 150-200 adet ve kat adedi 1-13 arasında değişen farklı mimari özellikteki konut yapıları seçileceğinden, söz konusu konutların;

- Isı yalıtım değerlerinin ve ısıtma yüklerinin tespiti için tesisat projelerine ve ısı yalıtım bilgilerine,
- Mimari özelliklerin (yön, pencere alanı, dış duvar alanı v.b.) tespiti için de mimari projeleri ile ilgili her türlü yazılı, görsel, ve dijital belgeyi inceleme çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır.

Adı geçen öğretim görevlimize incelemeleri sırasında arşivinizden faydalanabilmesi için gerekli yardım ve kolaylığın gösterilmesi konusunda ilgilerinizi bekler, gereğini müsaadelerinize arz ederim.

imza

DEKAN



# EK- 3

## MİMARİ PROJELERDEN ELDE EDİLEN VERİLERE ÖRNEKLER

Tablo E.3.1 Mimari projelerden elde edilen konut birimleri için veriler (Konak için)

konut birimlerin faydalı hacmi	Kat yüksekliği	yapı toplam duvar alanı								yapı pencere alanı								konut içi birimlerin faydalı alan toplamları			
		K	G	D	B	KD	KB	GD	GB	Top.	K	G	D	B	KD	KB	GD		GB	Top.	
<b>KONAK 01</b>																					
868,617	2,7																				
Z01(D)	171,909	2,7	18,78	22,8	0	0	0	0	0	41,58	3	2,76	0	0	0	0	0	0	5,76	63,67	
101	174,177	2,7	14,5	19,78	0	0	0	0	0	34,28	4,28	3,02	0	0	0	0	0	0	7,3	64,51	
201	174,177	2,7	14,5	19,78	0	0	0	0	0	34,28	4,28	3,02	0	0	0	0	0	0	7,3	64,51	
301	174,177	2,7	14,5	19,78	0	0	0	0	0	34,28	4,28	3,02	0	0	0	0	0	0	7,3	64,51	
401	174,177	2,7	14,5	19,78	0	0	0	0	0	34,28	4,28	3,02	0	0	0	0	0	0	7,3	64,51	
324,51																					
<b>KONAK 02</b>																					
3748,788	2,7																				
B02	319,41	2,7	0	26,46	0	3,5	40,64	15,1	0	26,65	112,35	0	0	1,92	0	2,44	0	4,8	9,16	118,3	
B01	319,41	2,7	0	26,46	0	3,5	40,64	15,1	0	26,65	112,35	0	0	1,92	0	2,44	0	4,8	9,16	118,3	
Z01	284,256	2,7	0	23,58	0	3,5	40,64	15,1	0	28,84	111,66	0	2,88	0	1,92	0	2,44	0	1,8	9,04	105,28
101	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
201	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
301	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
401	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
501	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
601	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
701	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
801	353,214	2,7	0	20,3	0	3	40,64	15,1	0	27,08	106,12	0	6,16	0	2,44	0	2,44	0	2,88	13,92	130,82
1391,24																					
<b>KONAK 03</b>																					
4117,925	2,65																				
Z01(D)	46,9686	2,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,568	0	0	0	0	0	0	8,57	17,724	
Z02(D)	54,7755	2,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,8	0	0	0	0	0	0	9,8	20,67	
Z03(D)	63,6	2,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,96	0	0	0	0	0	0	8,96	24	
Z04	175,9865	2,65	25,26	0	0	0	0	0	0	25,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66,41	
101	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
102	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
201	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
202	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
301	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
302	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
401	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
402	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
501	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
502	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
601	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
602	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
701	275,8253	2,65	8,639	12,416	0	0	0	0	0	21,055	8,48	6,242	0	0	0	0	0	0	14,722	104,085	
702	263,6883	2,65	7,65	9,64	0	0	0	0	0	17,29	9,01	8,235	0	0	0	0	0	0	17,245	99,505	
1556,734																					



## EK- 4

### KEP-SDM İLE ELDE EDİLEN VERİLERE ÖRNEKLER

Tablo E.4.1 KEP-SDM ile elde edilen veriler (K:Konak)

	iç kazanç W	toplam güneş enerji kazancı W	hacim ısıtma ihtiyacı kWh	aydınlatma elektrik tüketimi kWh	hacim ısıtma toplam enerji tüketimi (ana ısıtma enerji tüketimi) (kWh/yıl)	yıllık toplam birincil enerji tüketimi (kWh/yıl)	m <sup>2</sup> 'ye düşen yıllık toplam birincil enerji tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	yıllık toplam CO <sub>2</sub> salımı kg CO <sub>2</sub> /yıl	m <sup>2</sup> 'ye düşen CO <sub>2</sub> salımı kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl	konut enerji sınıfı	konut CO <sub>2</sub> salım sınıfı
<b>K01</b>											
Z01(D)	318,35	424,29	2139,4	592,13	4578,41	9954,65	156,34	6142,019	96,46	C	G
101	322,55	394,76	2596,6	599,94	5556,8	10979,4	170,19	6774,29	105,01	C	G
201	322,55	391,66	2609,4	599,94	5584,06	11006,67	170,61	6791,115	105,27	C	G
301	322,55	391,66	2609,4	599,94	5584,06	11006,67	170,61	6791,115	105,27	C	G
401	322,55	443,24	4229	599,94	9050,77	14472,67	224,34	8929,637	138,42	E	G
						<b>57420,06</b>		<b>35428,18</b>			
								<b>tüm bina enerji tüketimi</b>	<b>bina CO<sub>2</sub> salımı</b>	<b>bina enerji sınıfı</b>	<b>bina CO<sub>2</sub> salım sınıfı</b>
								<b>159,8999</b>	<b>98,6582</b>	<b>C</b>	<b>G</b>
<b>K02</b>											
B02	591,5	775,38	12088	1100,19	19898,04	27579,52	233,13	9101,242	76,93	E	G
B01	591,5	746,61	9108,8	1100,19	14944,48	22675,96	191,68	7483,067	63,25	D	G
Z01	526,4	681,03	4355	979,41	7168,93	14295,89	135,78	4717,644	44,81	B	E
101	530,6	759,6	9178	986,51	15108,35	22271,86	209,87	7349,714	69,26	D	G
201	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
301	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
401	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
501	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
601	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
701	654,1	916,11	8965,6	1216,62	14758,68	22952,08	175,44	7574,186	57,90	C	G
801	654,1	918,41	9080,1	1216,62	14947,21	23140,62	176,88	7636,405	58,37	C	G
						<b>247676,33</b>		<b>81733,19</b>			
								<b>tüm bina enerji tüketimi</b>	<b>bina CO<sub>2</sub> salımı</b>	<b>bina enerji sınıfı</b>	<b>bina CO<sub>2</sub> salım sınıfı</b>
								<b>164,9043</b>	<b>54,4184</b>	<b>C</b>	<b>G</b>



## EK- 5

### TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ ÖRNEK TABLOSU

Tablo E.5.1 Tasarım verimlilik göstergeleri (BA: Balçova, KA: Karabağlar, K:Konak)

	yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranı (G1)	pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2)	biçim faktörü en/boy (G3)	yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G4)	yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G5)	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6)	yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G7)	yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8)
BA 01	0,875	0,224	0,548	0,679	0,064	5,762	5,040	61,916
BA 10	0,864	0,194	0,879	0,696	0,053	129,357	111,710	45,718
BA 12	0,639	0,249	0,705	0,480	0,100	44,765	28,582	143,629
BA 13	1,048	0,215	0,667	0,823	0,145	320,292	335,516	174,904
BA 22	0,736	0,406	0,659	0,438	0,120	3,954	2,912	120,744
BA 26	0,933	0,269	0,983	0,682	0,066	39,384	36,748	151,114
BA 28	0,538	0,403	0,651	0,321	0,130	6,159	3,317	158,603
BA 30	1,023	0,251	0,647	0,766	0,159	433,714	443,554	68,290
BA 45	0,710	0,308	0,819	0,491	0,063	37,932	26,923	155,010
KA 06	0,305	0,577	0,800	0,153	0,063	287,043	87,456	28,471
KA 07	0,314	0,372	0,386	0,197	0,045	241,948	75,887	55,190
KA 09	0,548	0,287	0,598	0,391	0,044	133,543	73,172	35,327
KA 17	0,671	0,238	0,600	0,511	0,052	95,033	63,745	32,364
KA 32	0,557	0,385	0,542	0,342	0,050	136,925	76,244	21,458
KA 37	0,879	0,362	0,812	0,326	0,071	143,009	125,749	39,587
KA 40	0,660	0,331	0,812	0,282	0,068	150,492	99,377	21,753
KA 46	0,404	0,479	0,517	0,224	0,052	250,192	100,980	29,547
K 02	0,882	0,105	0,565	0,789	0,076	65,233	57,506	8,509
K 03	0,320	0,461	0,711	0,172	0,063	77,191	24,674	15,285
K 04	0,350	0,369	0,705	0,221	0,057	175,360	61,420	22,662
K 20	0,513	0,340	0,793	0,339	0,026	148,579	76,237	7,870
K 22	0,569	0,341	0,560	0,375	0,056	215,084	122,482	31,486
K23	0,639	0,332	0,351	0,427	0,089	147,176	93,974	43,560
K 24	0,581	0,319	0,552	0,396	0,112	125,898	73,147	22,832
K30	0,496	0,568	0,593	0,215	0,059	191,143	94,834	19,663

## EK- 6

### TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

Tablo E.6.1 Bina enerji sınıflarına göre yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranının(G1) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	55	28.77291	0.523144	0.031332		
C	39	24.86962	0.637683	0.052057		
D	30	19.27736	0.642579	0.03285		
E	20	14.85147	0.742573	0.023558		
F	4	2.786726	0.696682	0.00603		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.857693	4	0.214423	6.025928	0.000165	2.434947
Gruplar İçinde	5.088433	143	0.035583			
Toplam	5.946127	147				

#### Test of Homogeneity of Variances

DisAlan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.437	4	143	.050

EK-6 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DisAlan

	(I) Enerji	(J) Enerji	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1.00	2.00	-.11454	.03949	.083	-.2378	.0087
		3.00	-.11943	.04281	.106	-.2531	.0142
		4.00	-.21943*	.04926	.001	-.3732	-.0657
		5.00	-.17354	.09769	.534	-.4784	.1313
	2.00	1.00	.11454	.03949	.083	-.0087	.2378
		3.00	-.00490	.04581	1.000	-.1479	.1381
		4.00	-.10489	.05188	.398	-.2668	.0570
		5.00	-.05900	.09904	.986	-.3681	.2501
	3.00	1.00	.11943	.04281	.106	-.0142	.2531
		2.00	.00490	.04581	1.000	-.1381	.1479
		4.00	-.09999	.05445	.500	-.2699	.0700
		5.00	-.05410	.10041	.990	-.3675	.2593
	4.00	1.00	.21943*	.04926	.001	.0657	.3732
		2.00	.10489	.05188	.398	-.0570	.2668
		3.00	.09999	.05445	.500	-.0700	.2699
		5.00	.04589	.10332	.995	-.2766	.3683
	5.00	1.00	.17354	.09769	.534	-.1313	.4784
		2.00	.05900	.09904	.986	-.2501	.3681
		3.00	.05410	.10041	.990	-.2593	.3675
		4.00	-.04589	.10332	.995	-.3683	.2766
Tamhane	1.00	2.00	-.11454	.04364	.102	-.2408	.0117
		3.00	-.11943*	.04080	.048	-.2381	-.0007
		4.00	-.21943*	.04180	.000	-.3435	-.0953
		5.00	-.17354	.04557	.095	-.3754	.0283
	2.00	1.00	.11454	.04364	.102	-.0117	.2408
		3.00	-.00490	.04929	1.000	-.1476	.1378
		4.00	-.10489	.05013	.344	-.2514	.0416
		5.00	-.05900	.05331	.969	-.2490	.1310
	3.00	1.00	.11943*	.04080	.048	.0007	.2381
		2.00	.00490	.04929	1.000	-.1378	.1476
		4.00	-.09999	.04767	.346	-.2403	.0403
		5.00	-.05410	.05101	.978	-.2451	.1369
	4.00	1.00	.21943*	.04180	.000	.0953	.3435
		2.00	.10489	.05013	.344	-.0416	.2514
		3.00	.09999	.04767	.346	-.0403	.2403
		5.00	.04589	.05182	.994	-.1466	.2384
	5.00	1.00	.17354	.04557	.095	-.0283	.3754
		2.00	.05900	.05331	.969	-.1310	.2490
		3.00	.05410	.05101	.978	-.1369	.2451
		4.00	-.04589	.05182	.994	-.2384	.1466

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tablo E.6.2 Bina enerji sınıflarına göre pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranı (G2) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	55	19.39462	0.352629	0.011217		
C	39	11.88143	0.304652	0.01176		
D	30	9.30398	0.310133	0.009711		
E	20	6.39318	0.319659	0.011749		
F	4	1.519454	0.379864	0.016938		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.076334	4	0.019083	1.696817	0.153965	2.434947
Gruplar İçinde	1.608268	143	0.011247			
Toplam	1.684602	147				

Tablo E.6.3 Bina enerji sınıflarına göre biçim faktörü(en/boy oranı)(G3) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	55	34.63475	0.629723	0.039166		
C	39	23.42837	0.600727	0.030232		
D	30	20.32131	0.677377	0.036377		
E	20	13.37117	0.668559	0.049091		
F	4	2.083784	0.520946	0.014764		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.17564	4	0.04391	1.185692	0.319684	2.434947
Gruplar İçinde	5.295741	143	0.037033			
Toplam	5.471381	147				

Tablo E.6.4 Bina enerji sınıflarına göre yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G4) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	55	18.93596	0.34429	0.024486		
C	39	17.88526	0.458597	0.046266		
D	30	13.81523	0.460508	0.040583		
E	20	11.37031	0.568516	0.060103		
F	4	1.849051	0.462263	0.019503		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.851434	4	0.212858	5.577188	0.000335	2.434947
Gruplar İçinde	5.457724	143	0.038166			
Toplam	6.309158	147				

## Test of Homogeneity of Variances

DuvarAlanı

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.649	4	143	.036

EK-6 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DuvarAlani

	(I) Enerji	(J) Enerji	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1.0000	2.0000	-.1143063	.0402567	.095	-.239942	.011329
		3.0000	-.0924748	.0441314	.360	-.230203	.045253
		4.0000	-.2518696*	.0493292	.000	-.405819	-.097920
		5.0000	-.1179726	.0995871	.843	-.428770	.192825
	2.0000	1.0000	.1143063	.0402567	.095	-.011329	.239942
		3.0000	.0218315	.0471532	.995	-.125327	.168990
		4.0000	-.1375633	.0520502	.143	-.300005	.024878
		5.0000	-.0036662	.1009625	1.000	-.318757	.311424
	3.0000	1.0000	.0924748	.0441314	.360	-.045253	.230203
		2.0000	-.0218315	.0471532	.995	-.168990	.125327
		4.0000	-.1593948	.0551017	.085	-.331360	.012570
		5.0000	-.0254978	.1025690	1.000	-.345602	.294606
	4.0000	1.0000	.2518696*	.0493292	.000	.097920	.405819
		2.0000	.1375633	.0520502	.143	-.024878	.300005
		3.0000	.1593948	.0551017	.085	-.012570	.331360
		5.0000	.1338970	.1049104	.803	-.193514	.461308
	5.0000	1.0000	.1179726	.0995871	.843	-.192825	.428770
		2.0000	.0036662	.1009625	1.000	-.311424	.318757
		3.0000	.0254978	.1025690	1.000	-.294606	.345602
		4.0000	-.1338970	.1049104	.803	-.461308	.193514
Tamhane	1.0000	2.0000	-.1143063	.0403920	.060	-.231332	.002720
		3.0000	-.0924748	.0359251	.120	-.197091	.012141
		4.0000	-.2518696*	.0626765	.005	-.443999	-.059741
		5.0000	-.1179726	.0729447	.878	-.566237	.330292
	2.0000	1.0000	.1143063	.0403920	.060	-.002720	.231332
		3.0000	.0218315	.0450748	1.000	-.108721	.152385
		4.0000	-.1375633	.0683335	.414	-.342142	.067015
		5.0000	-.0036662	.0778592	1.000	-.392877	.385545
	3.0000	1.0000	.0924748	.0359251	.120	-.012141	.197091
		2.0000	-.0218315	.0450748	1.000	-.152385	.108721
		4.0000	-.1593948	.0657919	.197	-.358322	.039532
		5.0000	-.0254978	.0756383	1.000	-.436578	.385582
	4.0000	1.0000	.2518696*	.0626765	.005	.059741	.443999
		2.0000	.1375633	.0683335	.414	-.067015	.342142
		3.0000	.1593948	.0657919	.197	-.039532	.358322
		5.0000	.1338970	.0914269	.863	-.212249	.480044
	5.0000	1.0000	.1179726	.0729447	.878	-.330292	.566237
		2.0000	.0036662	.0778592	1.000	-.385545	.392877
		3.0000	.0254978	.0756383	1.000	-.385582	.436578
		4.0000	-.1338970	.0914269	.863	-.480044	.212249

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tablo E.6.5 Bina enerji sınıflarına göre yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranı(G5) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	55	4.038032	0.073419	0.001637		
C	39	3.091692	0.079274	0.001056		
D	30	2.076163	0.069205	0.000757		
E	20	1.494533	0.074727	0.001039		
F	4	0.374508	0.093627	0.001284		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0.003242	4	0.000811	0.6659	0.616679	2.434947
Gruplar İçinde	0.174074	143	0.001217			
Toplam	0.177316	147				

EK-6 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

Test of Homogeneity of Variances

VAR00006

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.272	4	143	.895

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ortakalan

	(I) EnerjiSıvıvı	(J) EnerjiSıvıvı	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1.00	2.00	-.00585539	.00730381	.958	-.0286496	.0169388
		3.00	.00421334	.00791893	.991	-.0205006	.0289272
		4.00	-.00130790	.00911031	1.000	-.0297399	.0271241
		5.00	-.02020823	.01806815	.869	-.0765965	.0361800
	2.00	1.00	.00585539	.00730381	.958	-.0169388	.0286496
		3.00	.01006874	.00847287	.842	-.0163739	.0365114
		4.00	.00454749	.00959572	.994	-.0253994	.0344944
		5.00	-.01435283	.01831770	.961	-.0715199	.0428142
	3.00	1.00	-.00421334	.00791893	.991	-.0289272	.0205006
		2.00	-.01006874	.00847287	.842	-.0365114	.0163739
		4.00	-.00552124	.01007183	.990	-.0369540	.0259116
		5.00	-.02442157	.01857154	.785	-.0823808	.0335377
	4.00	1.00	.00130790	.00911031	1.000	-.0271241	.0297399
		2.00	.00454749	.00959572	.994	-.0344944	.0253994
		3.00	.00552124	.01007183	.990	-.0259116	.0369540
		5.00	-.01890033	.01910996	.913	-.0785399	.0407392
	5.00	1.00	.02020823	.01806815	.869	-.0361800	.0765965
		2.00	.01435283	.01831770	.961	-.0428142	.0715199
		3.00	.02442157	.01857154	.785	-.0335377	.0823808
		4.00	.01890033	.01910996	.913	-.0407392	.0785399
Tamhane	1.00	2.00	-.00585539	.00753920	.997	-.0274895	.0157787
		3.00	.00421334	.00741675	1.000	-.0171481	.0255748
		4.00	-.00130790	.00903858	1.000	-.0280059	.0253901
		5.00	-.02020823	.01872698	.986	-.1350032	.0945867
	2.00	1.00	.00585539	.00753920	.997	-.0157787	.0274895
		3.00	.01006874	.00723239	.842	-.0108751	.0310125
		4.00	.00454749	.00888793	1.000	-.0218340	.0309290
		5.00	-.01435283	.01865474	.999	-.1304094	.1017038
	3.00	1.00	-.00421334	.00741675	1.000	-.0255748	.0171481
		2.00	-.01006874	.00723239	.842	-.0310125	.0108751
		4.00	-.00552124	.00878430	1.000	-.0316978	.0206553
		5.00	-.02442157	.01860558	.956	-.1413699	.0925268
	4.00	1.00	.00130790	.00903858	1.000	-.0253901	.0280059
		2.00	-.00454749	.00888793	1.000	-.0309290	.0218340
		3.00	.00552124	.00878430	1.000	-.0206553	.0316978
		5.00	-.01890033	.01930947	.992	-.1255955	.0877949
	5.00	1.00	.02020823	.01872698	.986	-.0945867	.1350032
		2.00	.01435283	.01865474	.999	-.1017038	.1304094
		3.00	.02442157	.01860558	.956	-.0925268	.1413699
		4.00	.01890033	.01930947	.992	-.0877949	.1255955

Tablo E.6.6 Bina enerji sınıflarına göre yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranı (G6) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	32	5402.696	168.8342	20842.28		
C	13	2413.822	185.6786	13336.42		
D	2	238.1897	119.0948	635.83		
E	5	593.9984	118.7997	4781.661		
F	2	257.4017	128.7008	1047.659		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	23551.19	4	5887.798	0.348872	0.843548	2.561124
Gruplar İçinde	826957.9	49	16876.69			
Toplam	850509.1	53				

Tablo E.6.7 Bina enerji sınıflarına göre yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranının (G7) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	32	2261.905	70.68453	1414.45		
C	13	2045.972	157.3824	14339.12		
D	2	186.1801	93.09003	567.5898		
E	5	351.9207	70.38413	1668.564		
F	2	170.6107	85.30534	258.1071		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	72496.93	4	18124.23	3.975015	0.007162	2.561124
Gruplar İçinde	223417.4	49	4559.538			
Toplam	295914.3	53				

#### Test of Homogeneity of Variances

YsistmaAlan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.471	4	49	.000

EK-6 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN ANOVA TABLOLARI

Multiple Comparisons

Dependent Variable: YsistmaAlan

	(I) Enerji	(J) Enerji	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1.0000	2.0000	-86.697911*	22.20854	.009	-157.780839	-15.614983
		3.0000	-22.405502	49.21641	.995	-179.932570	135.121567
		4.0000	.3003998	32.47142	1.000	-103.630955	104.231755
		5.0000	-14.620803	49.21641	.999	-172.147872	142.906265
	2.0000	1.0000	86.6979110*	22.20854	.009	15.614983	157.780839
		3.0000	64.2924091	51.28843	.813	-99.866582	228.451400
		4.0000	86.9983108	35.53366	.217	-26.734375	200.730996
		5.0000	72.0771076	51.28843	.740	-92.081884	236.236099
	3.0000	1.0000	22.4055019	49.21641	.995	-135.121567	179.932570
		2.0000	-64.292409	51.28843	.813	-228.451400	99.866582
		4.0000	22.7059017	56.49493	.997	-158.117544	203.529347
		5.0000	7.7846986	67.52435	1.000	-208.340656	223.910054
	4.0000	1.0000	-.3003998	32.47142	1.000	-104.231755	103.630955
		2.0000	-86.998311	35.53366	.217	-200.730996	26.734375
		3.0000	-22.705902	56.49493	.997	-203.529347	158.117544
		5.0000	-14.921203	56.49493	.999	-195.744648	165.902242
	5.0000	1.0000	14.6208033	49.21641	.999	-142.906265	172.147872
		2.0000	-72.077108	51.28843	.740	-236.236099	92.081884
		3.0000	-7.7846986	67.52435	1.000	-223.910054	208.340656
		4.0000	14.9212032	56.49493	.999	-165.902242	195.744648
Tamhane	1.0000	2.0000	-86.697911	33.87050	.214	-200.566677	27.170855
		3.0000	-22.405502	18.11067	.993	-746.066618	701.255615
		4.0000	.3003998	19.44002	1.000	-90.694944	91.295743
		5.0000	-14.620803	13.16264	.993	-245.705105	216.463498
	2.0000	1.0000	86.6979110	33.87050	.214	-27.170855	200.566677
		3.0000	64.2924091	37.23982	.700	-66.688607	195.273425
		4.0000	86.9983108	37.90412	.304	-35.883636	209.880258
		5.0000	72.0771076	35.10075	.467	-46.131356	190.285572
	3.0000	1.0000	22.4055019	18.11067	.993	-701.255615	746.066618
		2.0000	-64.292409	37.23982	.700	-195.273425	66.688607
		4.0000	22.7059017	24.84970	.996	-132.193565	177.605368
		5.0000	7.7846986	20.31867	1.000	-369.106040	384.675437
	4.0000	1.0000	-.3003998	19.44002	1.000	-91.295743	90.694944
		2.0000	-86.998311	37.90412	.304	-209.880258	35.883636
		3.0000	-22.705902	24.84970	.996	-177.605368	132.193565
		5.0000	-14.921203	21.51200	.999	-119.526377	89.683971
	5.0000	1.0000	14.6208033	13.16264	.993	-216.463498	245.705105
		2.0000	-72.077108	35.10075	.467	-190.285572	46.131356
		3.0000	-7.7846986	20.31867	1.000	-384.675437	369.106040
		4.0000	14.9212032	21.51200	.999	-89.683971	119.526377

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

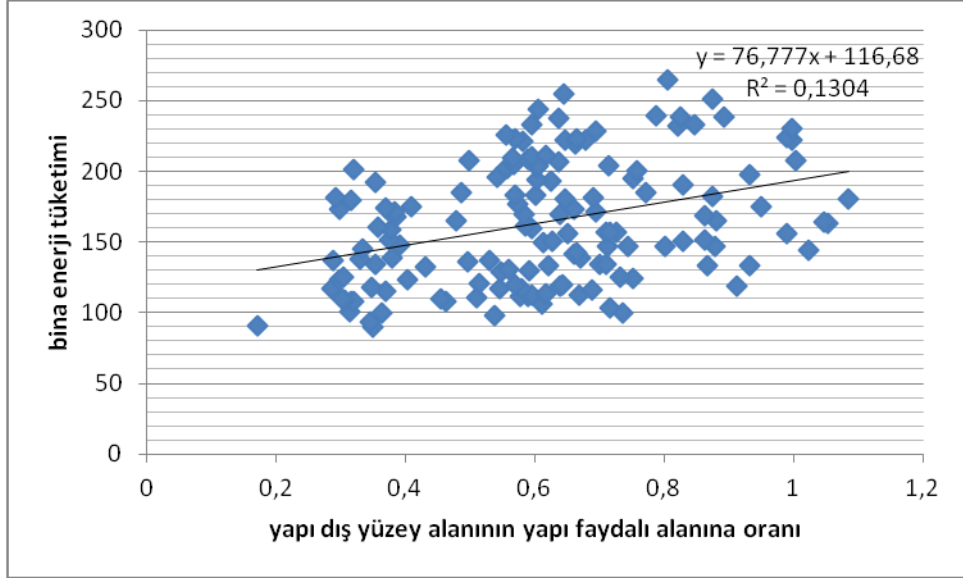
Tablo E.6.8 Bina enerji sınıflarına göre yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranı (G8) dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	49	3136.501	64.01022	2874.267		
C	34	1864.545	54.83956	1772.049		
D	21	974.7919	46.41866	1026.247		
E	16	997.0477	62.31548	1627.88		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	5222.883	3	1740.961	0.836634	0.476416	2.682809
Gruplar İçinde	241385.6	116	2080.91			
Toplam	246608.5	119				

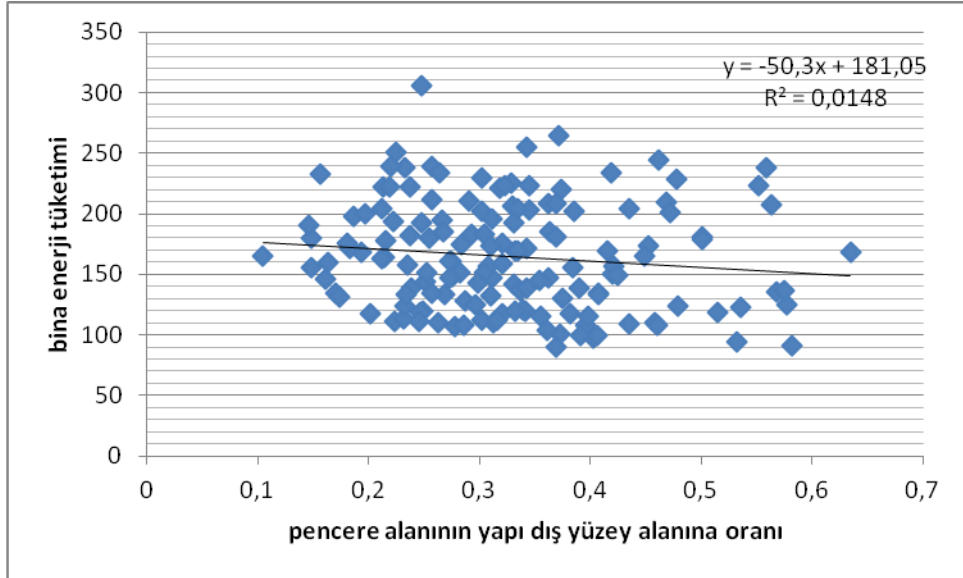


## EK- 7

### TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN DAĞILIM GRAFİKLERİ

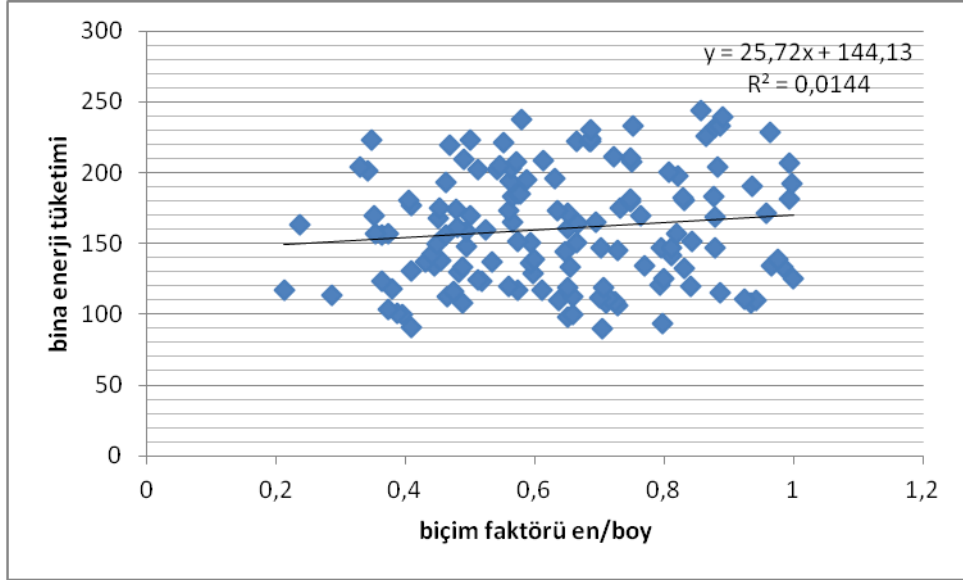


Şekil E.7.1 Bina enerji tüketiminin yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına (G1) göre dağılımı

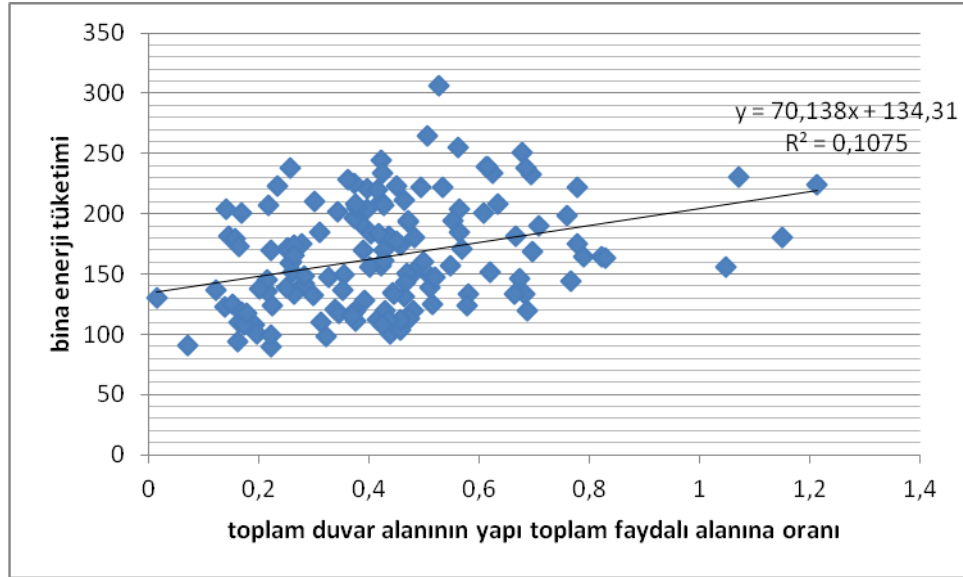


Şekil E.7.2 Bina enerji tüketiminin pencere alanının yapı dış yüzey alanına oranına (G2) göre dağılımı

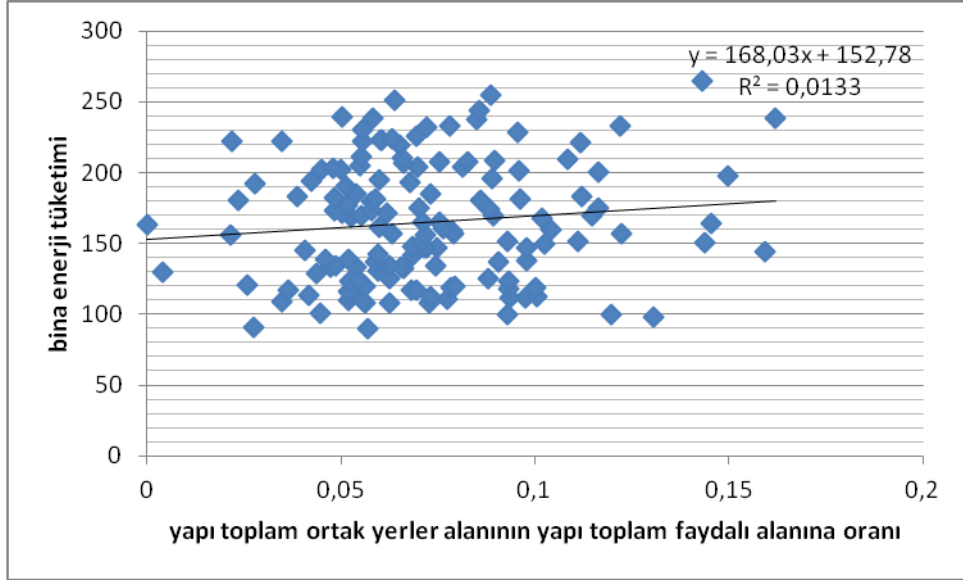
EK-7 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN DAĞILIM GRAFİKLERİ



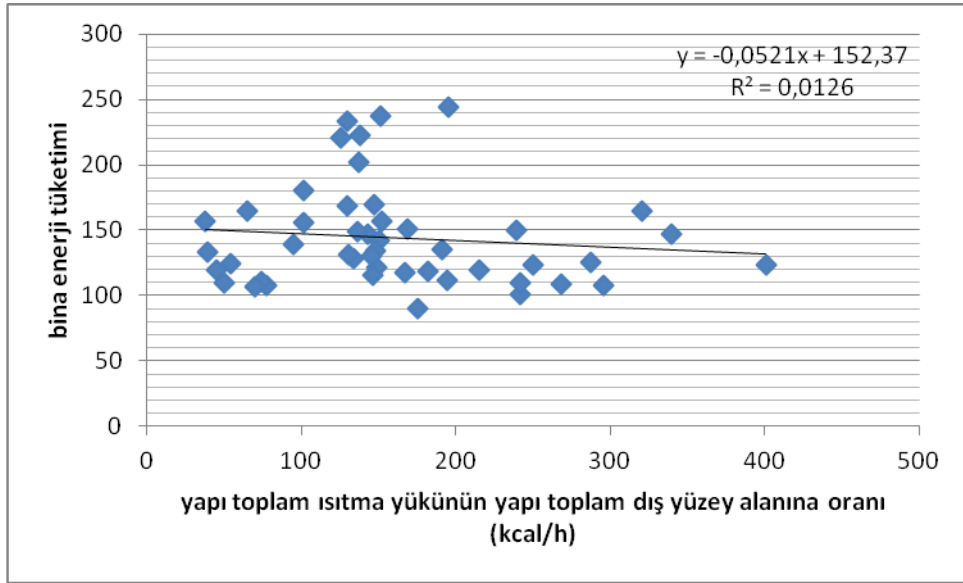
Şekil E.7.3 Bina enerji tüketiminin *biçim faktörü(en/boy oranına (G3) göre dağılımı*



Şekil E.7.4. Bina enerji tüketiminin *yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranına göre(G4) dağılımı*

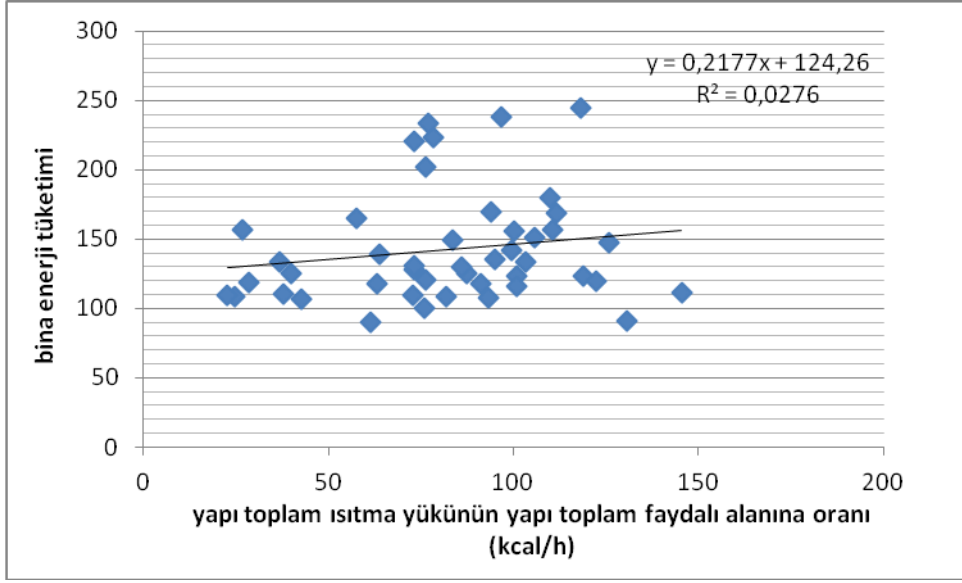


Şekil E.7.5. Bina enerji tüketiminin *yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranına*(G5) göre dağılımı

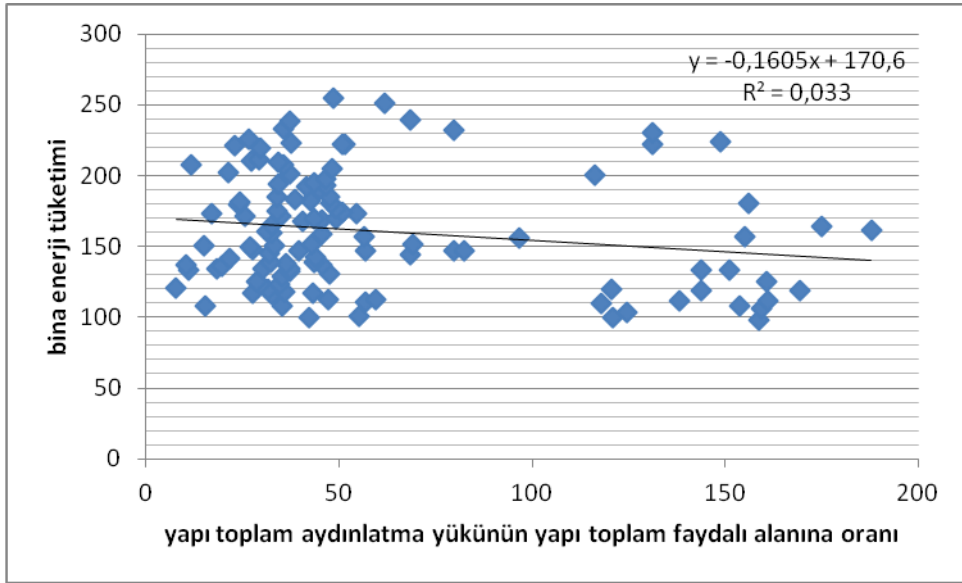


Şekil E.7.6. Bina enerji tüketiminin *yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanına oranına* (G6)göre dağılımı

EK-7 TASARIM VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ İÇİN OLUŞTURULAN DAĞILIM GRAFİKLERİ



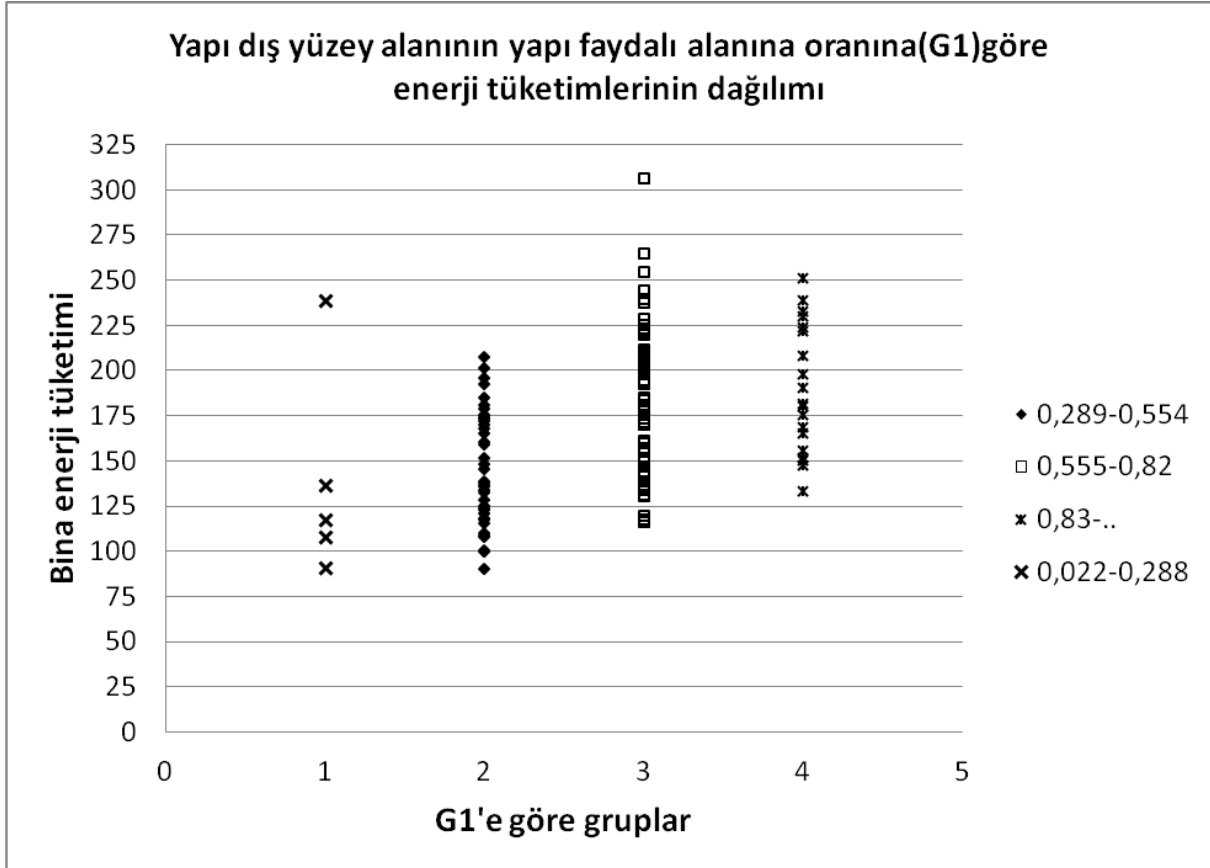
Şekil E.7.7. Bina enerji tüketiminin yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alana oranına (G7) göre dağılımı



Şekil E.7.8. Bina enerji tüketiminin yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranına (G8) göre dağılımı

## EK - 8

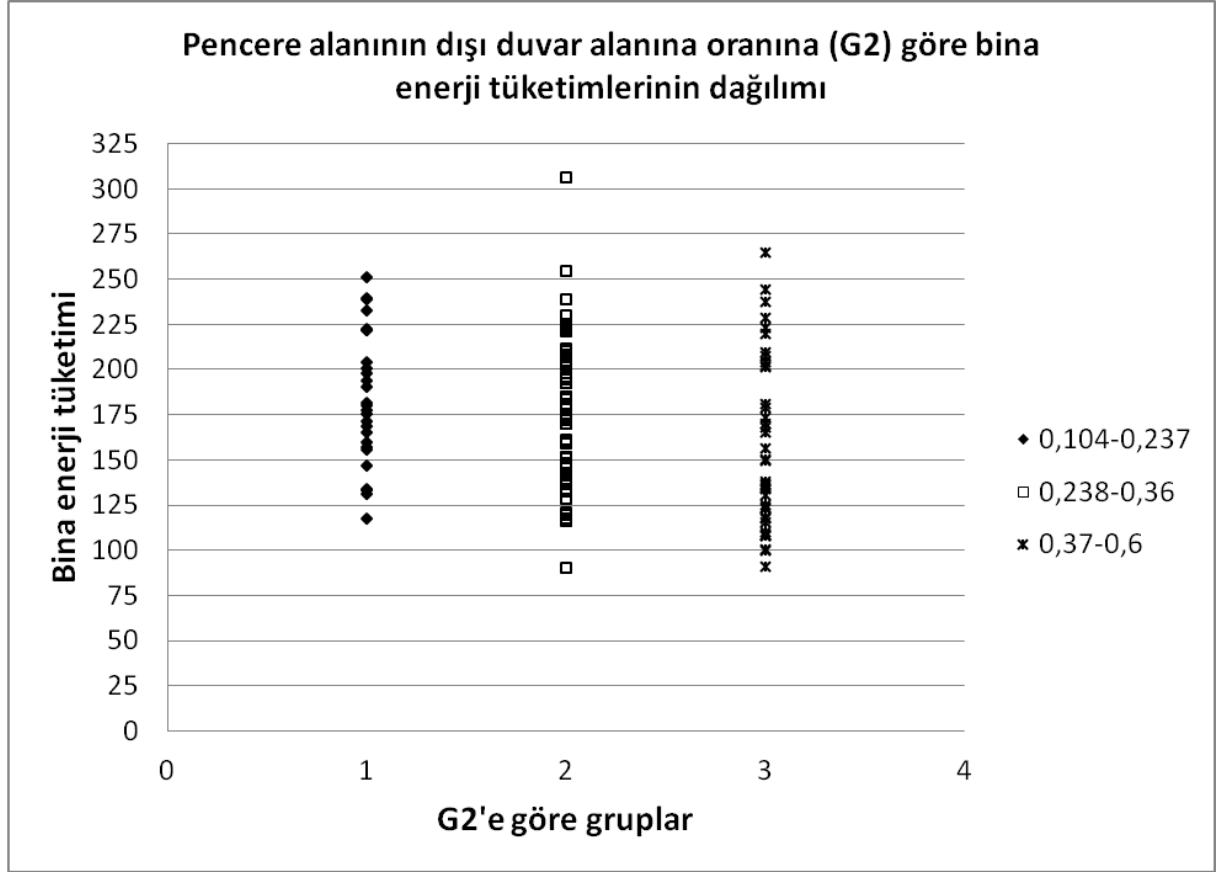
### ÖNERİLEN TASARIM VERİMLİLİK SINIFLARINA GÖRE ENERJİ TÜKETİMLERİNİN DAĞILIMI VE VARYANS ANALİZLERİ



Şekil E.8.1 Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.1. Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

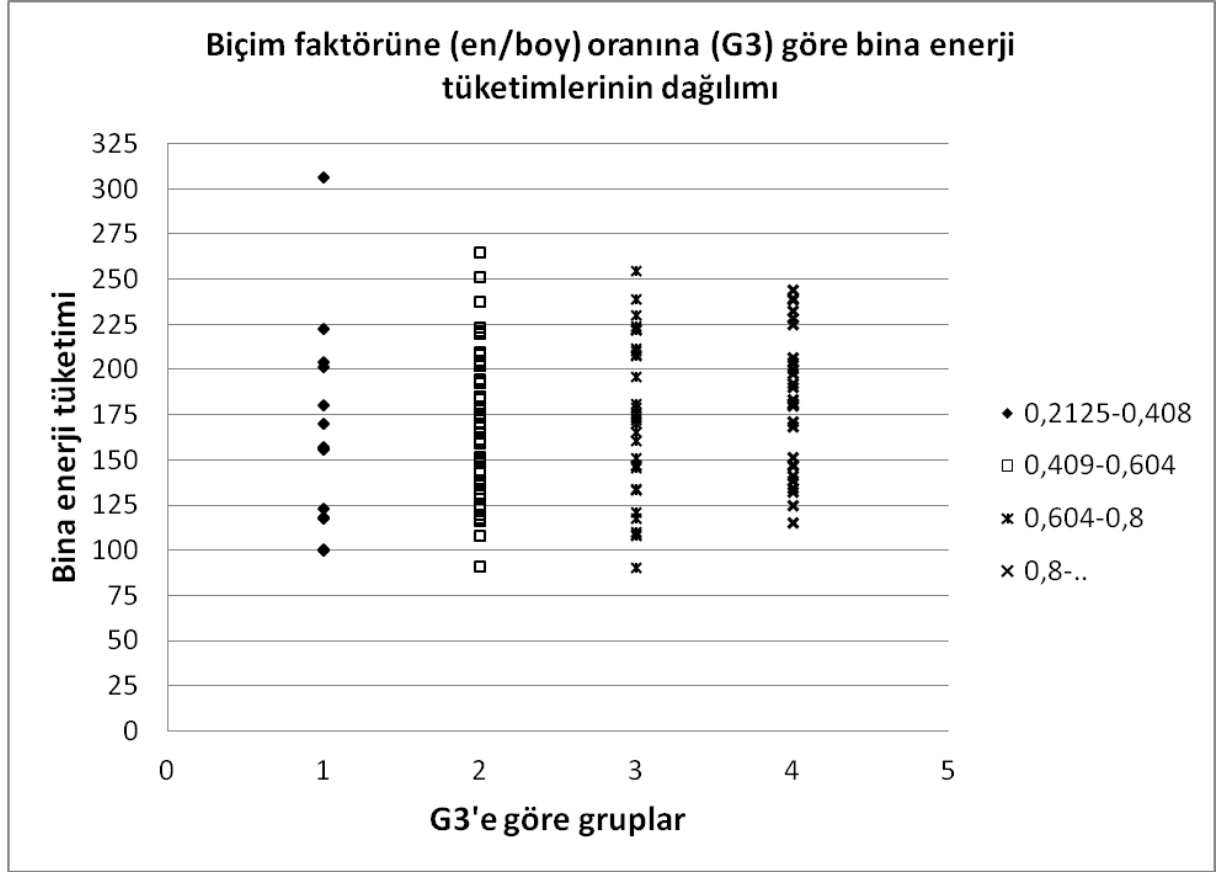
Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
0,022-0,288	5	691.6528	138.3306	3407.70251		
0,289-0,554	39	5709.133	146.388	977.459891		
0,555-0,82	59	10970.85	185.9467	1652.06039		
0,83-..	19	3602.912	189.627	1270.98694		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	48629.93	3	16209.98	11.2867148	1.45E-06	2.681466
Gruplar İçinde	169471.6	118	1436.2			
Toplam	218101.5	121				



Şekil E.8.2 Pencere alanının dışı duvar alanına oranına (G2)göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.2 Pencere alanının dışı duvar alanına oranı göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

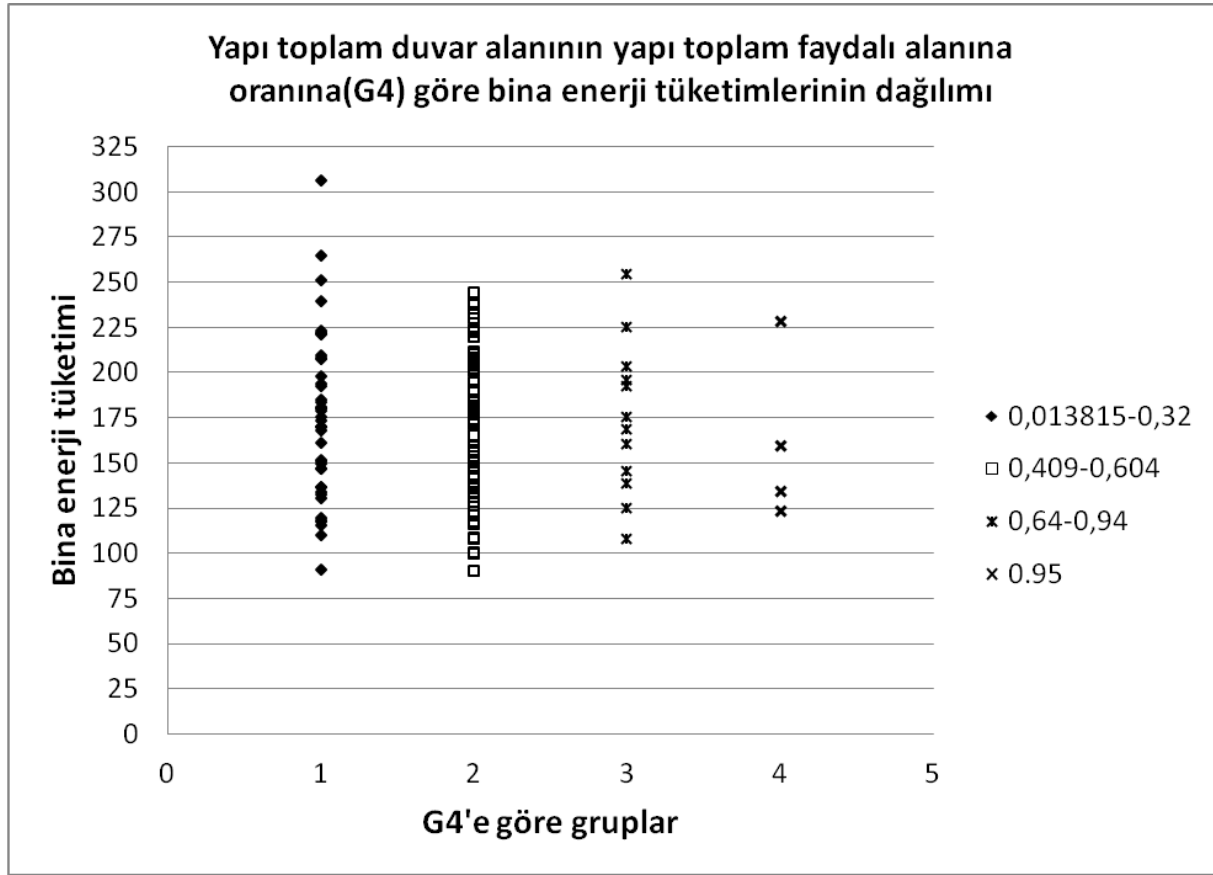
Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
0,104-0,237	27	4968,693	184,0257	1349,576		
0,238-0,36	56	9812,777	175,2282	1604,812		
0,37-0,6	39	6193,081	158,7969	2196,365		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	11286,02	2	5643,008	3,246942	0,042364	3,072429
Gruplar İçinde	206815,5	119	1737,945			
Toplam	218101,5	121				



Şekil E.8.3 Biçim faktörüne (en/boy oranına) (G3) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.3 Biçim faktörüne göre (en/boy oranı)(G3) bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
0,2125-0,408	14	2312.568	165.1834	3164.062		
0,409-0,604	49	8225.519	167.8677	1533.85		
0,605-0,8	32	5536.551	173.0172	1966.304		
0,8-..	27	4899.913	181.4783	1478.587		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	3945.222	3	1315.074	0.724605	0.53925	2.681466
Gruplar İçinde	214156.3	118	1814.884			
Toplam	218101.5	121				

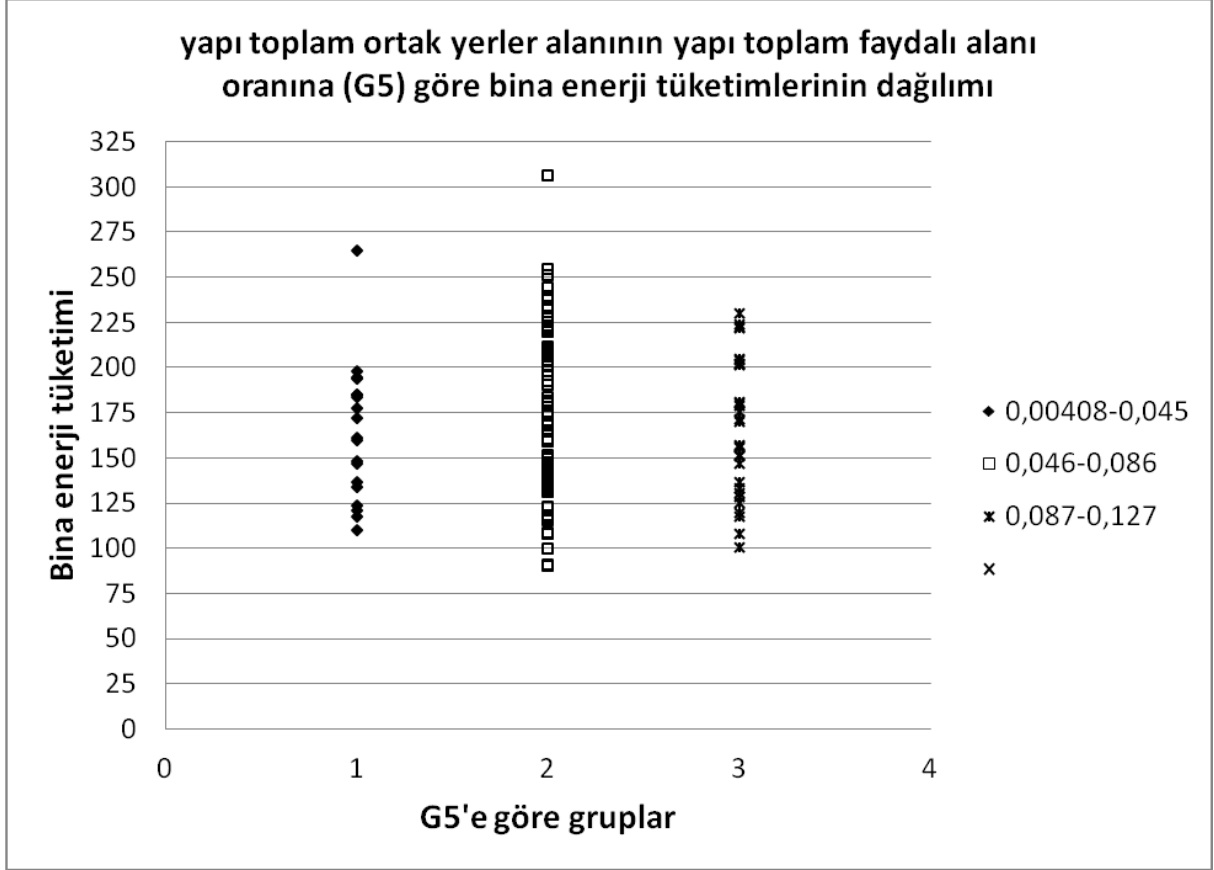


Şekil E.8.4 Yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranına (G4) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.4 Yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranına(G4)göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans		
0,013815-0,32	43	7522.508	174.9421	2033.07		
0,33-0,63	62	10573.38	170.5383	1705.929		
0,64-0,94	12	2093.329	174.4441	1806.365		
0,95-...	4	646.6154	161.6538	2223.222		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	999.8173	3	333.2724	0.180531	0.909428	2.682132
Gruplar İçinde	215990.3	117	1846.071			
Toplam	216990.1	120				





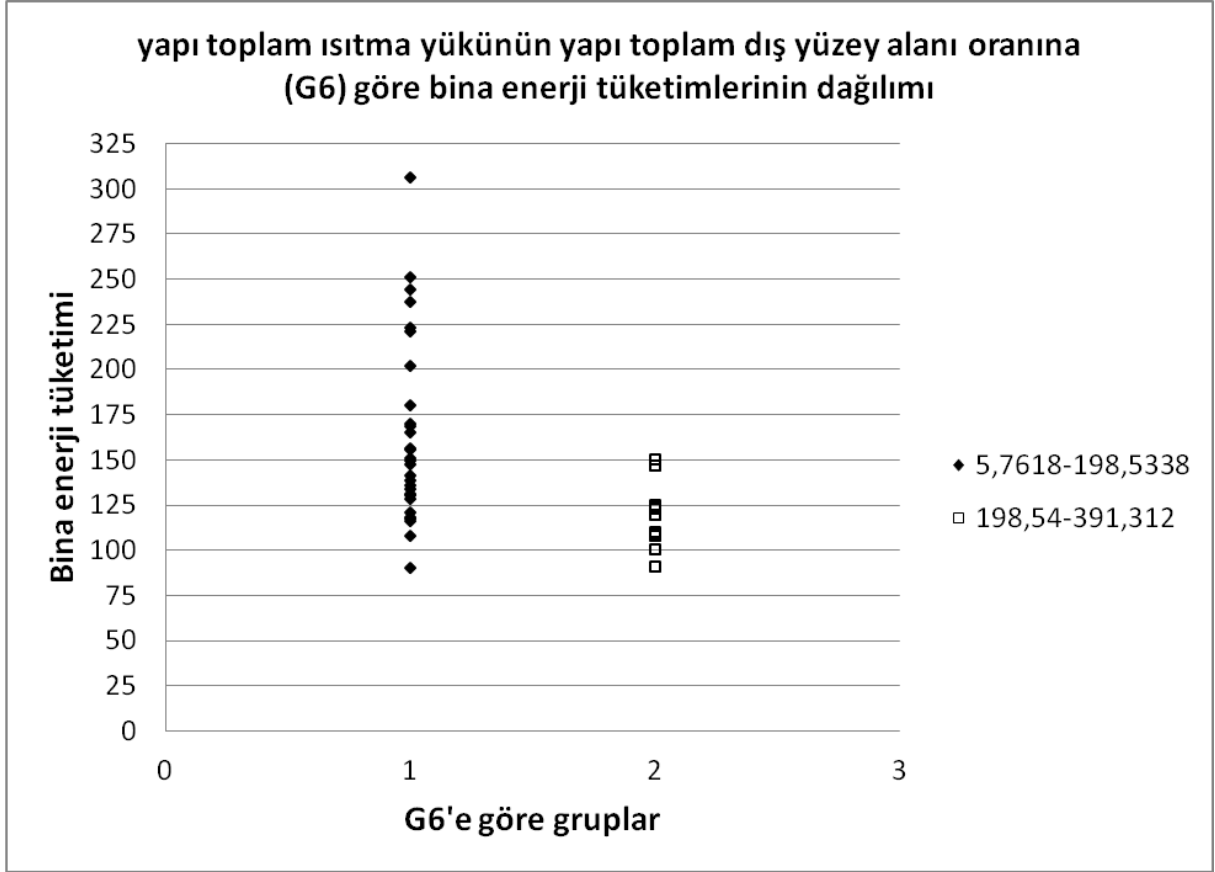
Şekil E.8.5 Yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanı oranına (G5) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.5 Yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanına oranına(G5) göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Sayı	Toplam	Ortalama	varyans
0,00408-0,045	19	3112.99	163.8416	1415.319
0,046-0,086	73	12875.12	176.3715	2057.273
0,087-	30	4986.442	166.2147	1408.244

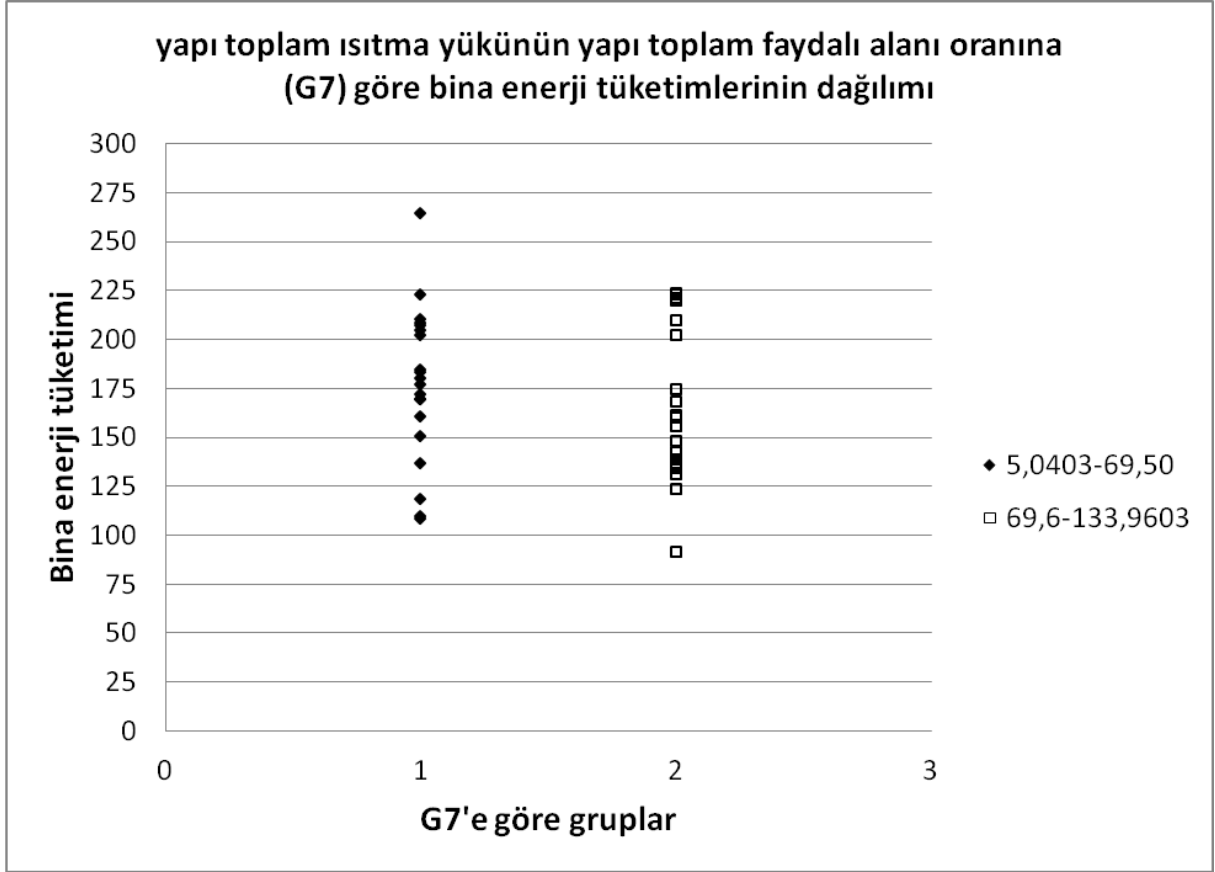
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	3663.003	2	1831.502	1.016369	0.365026	3.072429
Gruplar İçinde	214438.5	119	1802.004			
Toplam	218101.5	121				



Şekil E.8.6 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranına (G6) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.6 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranına (G6) göre bina enerji tüketimlerinin t-test analizi

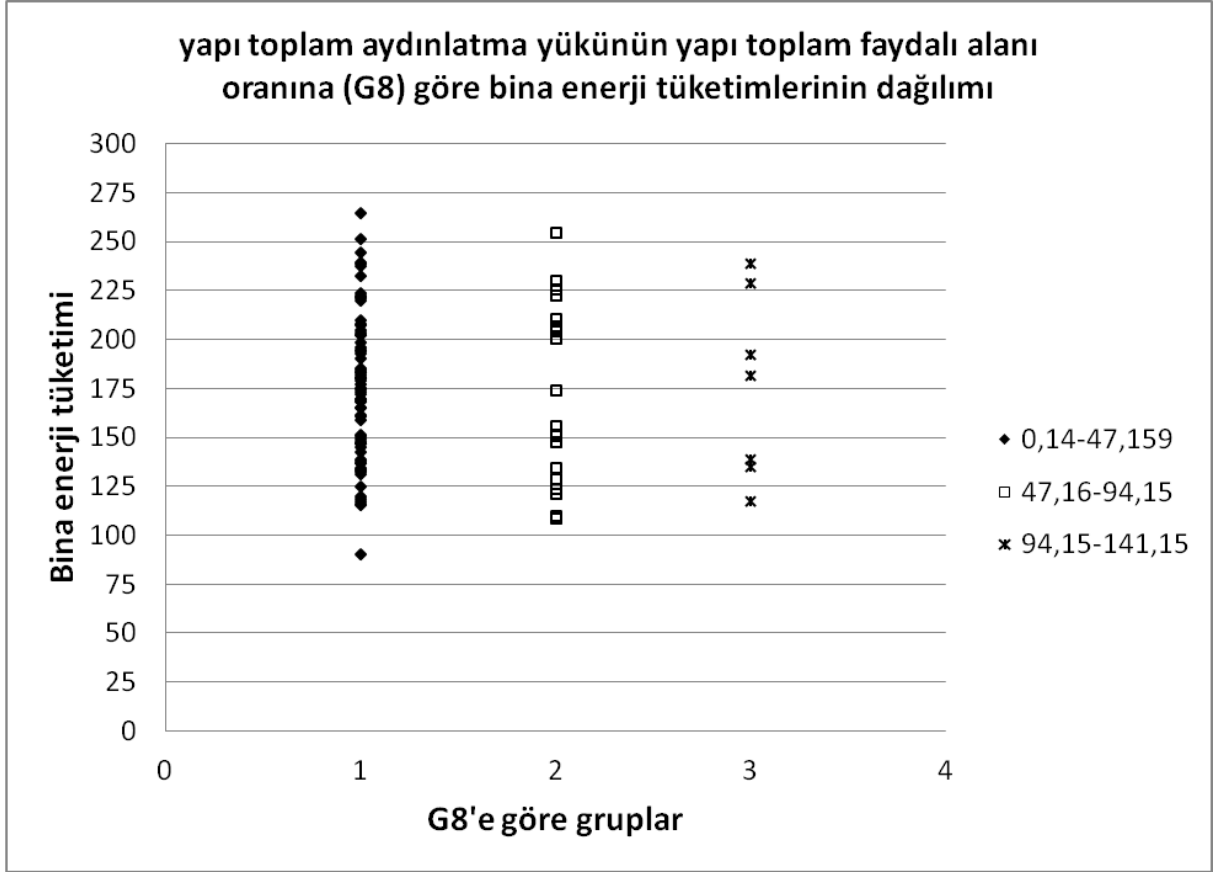
	5,76-198,53	198,54-391,31
Ortalama	163.3940012	118.8351697
Varyans	2577.654179	326.0268738
Gözlem	29	11
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	38	
t Stat	4.092905165	
P(T<=t) tek-uçlu	0.000107072	
t Kritik tek-uçlu	1.685954461	
P(T<=t) iki-uçlu	0.000214144	
t Kritik iki-uçlu	2.024394147	



Şekil E.8.7 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G7) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

Tablo E.8.7 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G7) göre bina enerji tüketimlerinin t-test ile varyans analizi

	5,04-69,50	69,6-133,96
Ortalama	177.0668138	164.9978009
Varyans	1566.618284	1521.544193
Gözlem	20	20
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	38	
t Stat	0.971262629	
P(T<=t) tek-uçlu	0.168779794	
t Kritik tek-uçlu	1.685954461	
P(T<=t) iki-uçlu	0.337559587	
t Kritik iki-uçlu	2.024394147	



Şekil E.8.8 Yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G8) göre enerji tüketimlerinin dağılımı

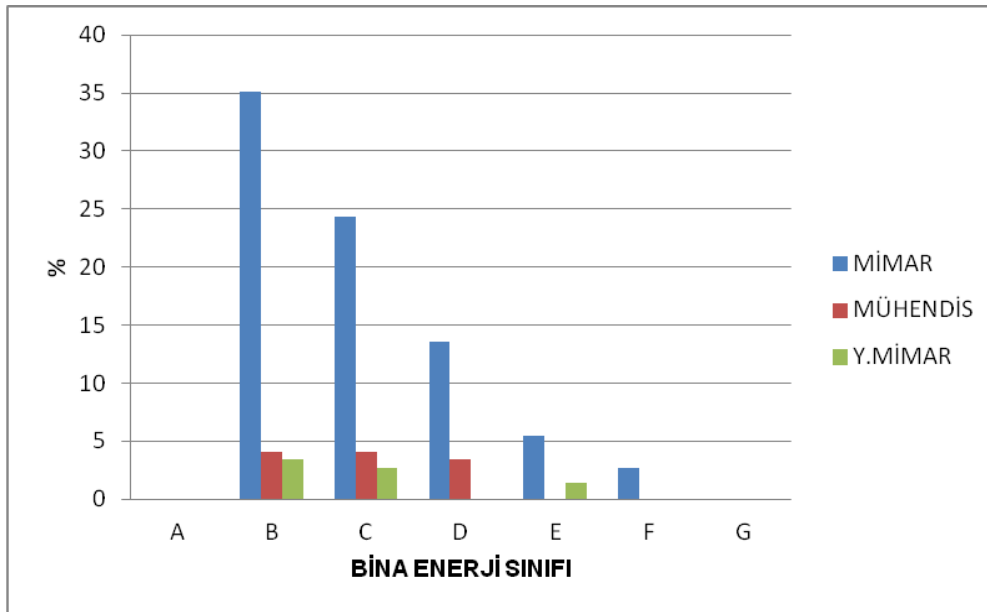
Tablo E.8.8 Yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanına oranına (G8) göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,14-47,159	73	12761.52	174.8154	1429.081		
47,16-94,15	20	3367.219	168.3609	2202.858		
94,15-141,15	7	1231.455	175.9221	2259.758		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	694.532	2	347.266	0.212782	0.808709	3.090187
Gruplar İçinde	158306.7	97	1632.028			
Toplam	159001.2	99				

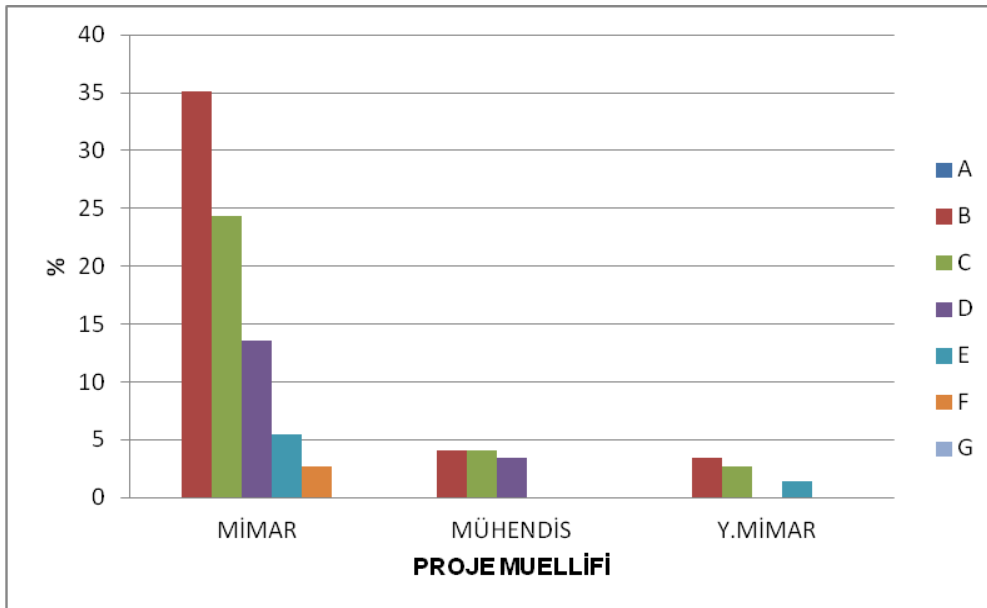
## EK-9

### MERKEZİ VE SOBALI ISITMA SİSTEMLERİNE GÖRE TEKRARLANAN ANALİZLER

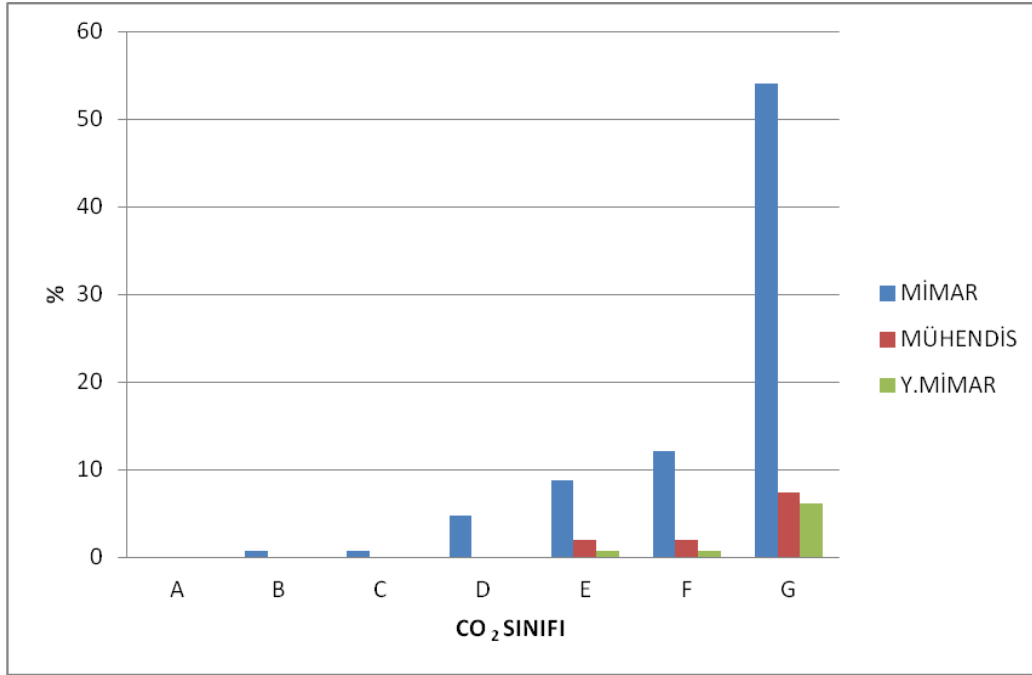
#### E.9.1 Mesleki Unvan ile enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımı bağlantısı



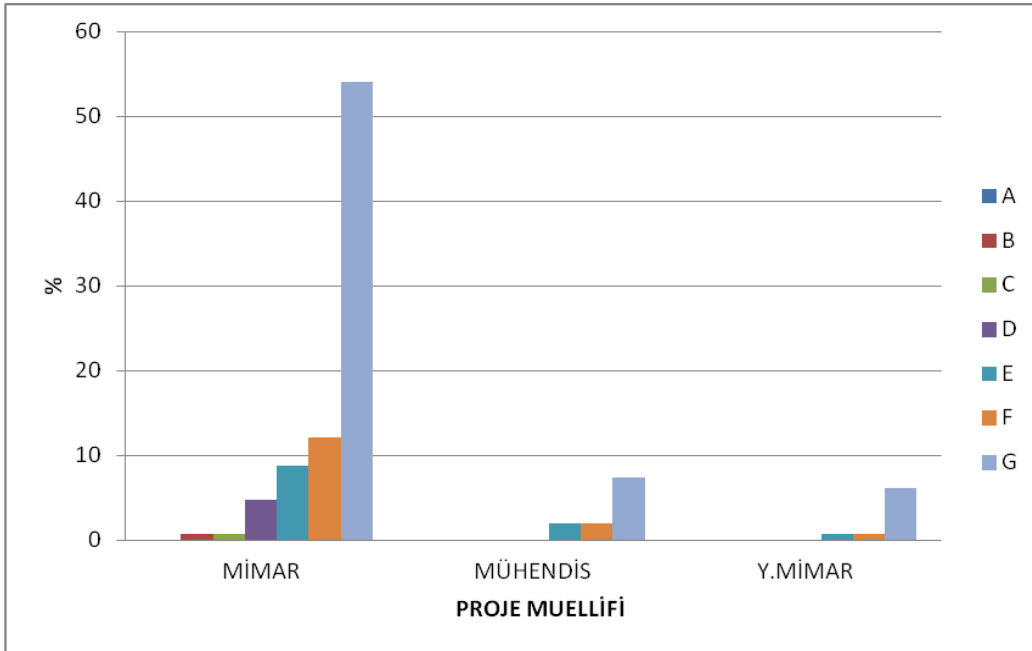
Şekil E.9.1 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil E.9.2 Mesleki unvana ait konut binalarının, bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil E.9.3 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının mesleki unvana göre yüzdelerinin dağılımı



Şekil E.9.4 Mesleki unvana ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

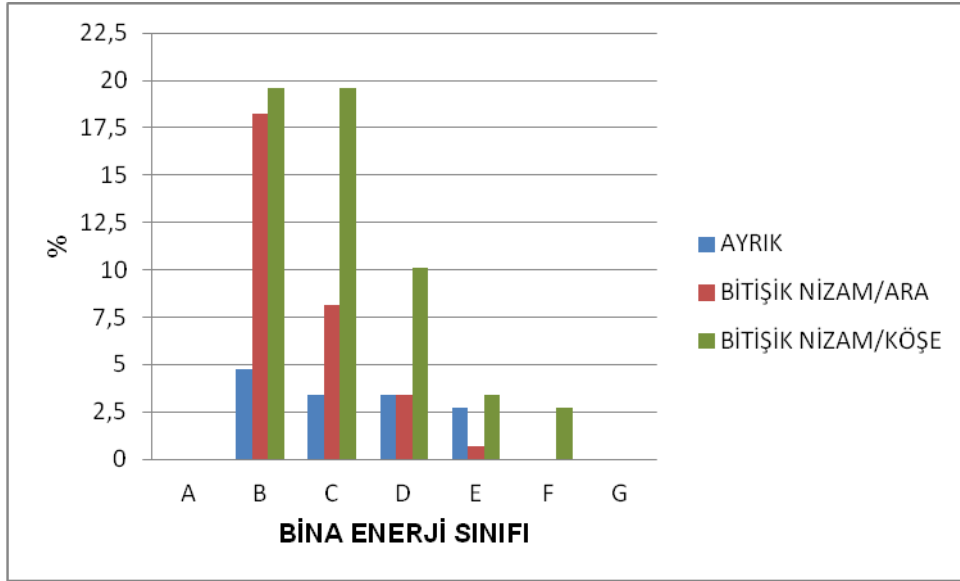
Tablo E.9.1. Mesleki unvana göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
MİMAR	120	18706,92	155,891	1823,763
MÜHENDİS	17	2666,99	156,8818	952,3068
Y.MİMAR	11	1675,949	152,359	1608,756

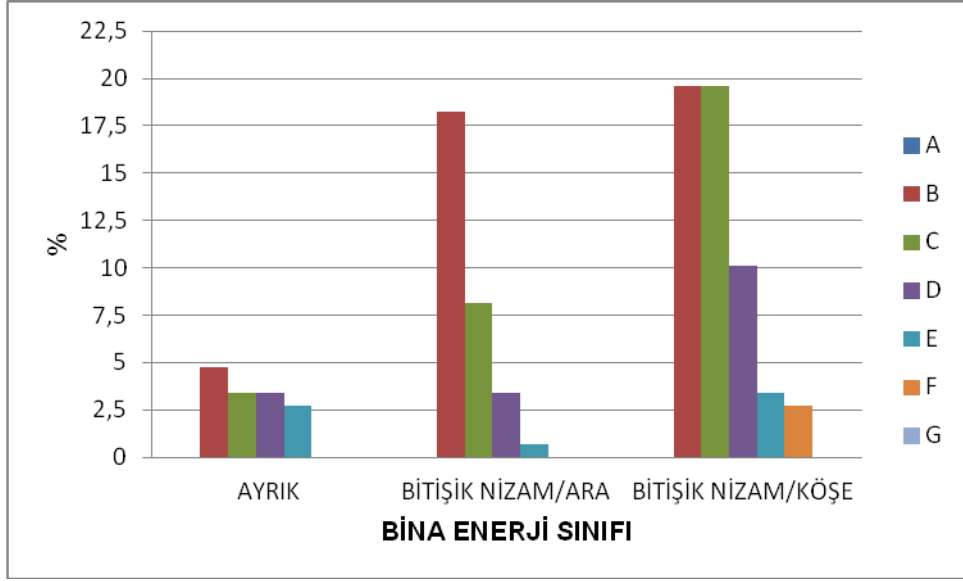
  

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	150,6387	2	75,31933	0,043975	0,956991	3,058486
Gruplar İçinde	248352,3	145	1712,775			
Toplam	248503	147				

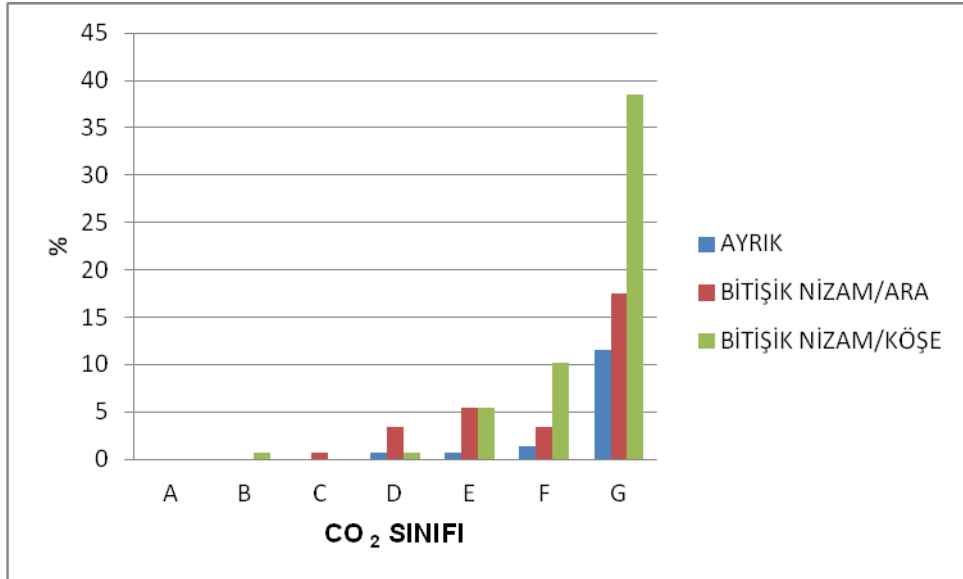
### E.9.2 Parsel Durumu ile enerji tüketimleri bağlantısı



Şekil E.9.5 Bina enerji sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı

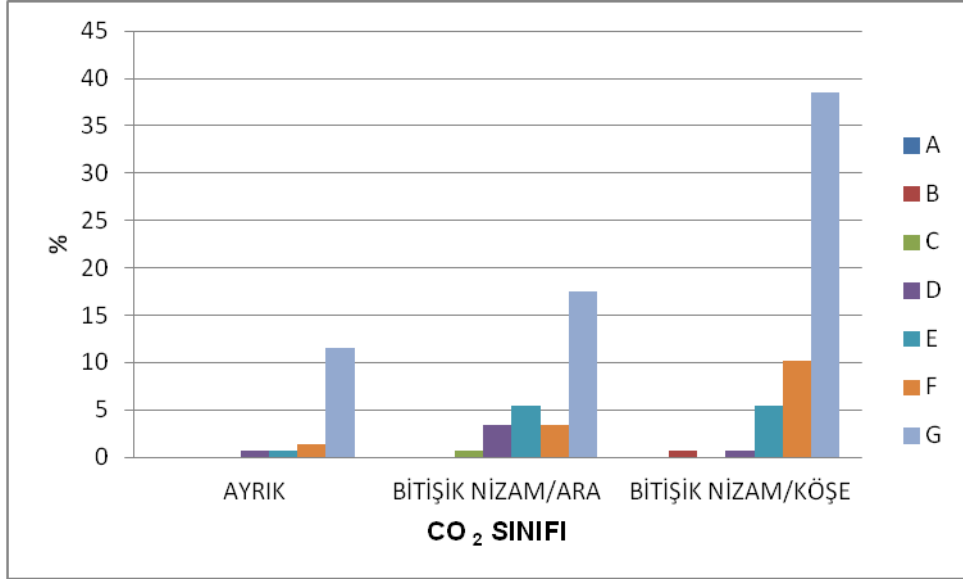


Şekil E.9.6 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının (a) bina enerji sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı (b) toplam sayısı



Şekil E.9.7 CO<sub>2</sub> sınıfına ait konut binalarının parsel durumuna (imar düzeni) göre yüzdelerinin dağılımı





Şekil E.9.8 Parsel durumuna (imar düzeni) ait konut binalarının CO<sub>2</sub> sınıfına göre yüzdelerinin dağılımı

Tablo E.9.2. Parsel durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
AYRIK	21	3583,996	170,6665	1915,78		
BİTİŞİK NİZAM/ARA	45	6242,018	138,7115	1051,562		
BİTİŞİK NİZAM/KÖŞE	82	13223,84	161,2664	1773,911		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	20231,79	2	10115,9	6,425713	0,002119	3,058486
Gruplar İçinde	228271,2	145	1574,284			
Toplam	248503	147				

#### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,451	2	145	,238

## Multiple Comparisons

	(I) ÝMAR (J) ÝMAR		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	31,95498(*)	10,48570	,011	6,0212	57,8888
		3,00	9,40010	9,70384	,626	-14,5999	33,4001
	2,00	1,00	-31,95498(*)	10,48570	,011	-57,8888	-6,0212
		3,00	-22,55488(*)	7,36089	,011	-40,7602	-4,3496
	3,00	1,00	-9,40010	9,70384	,626	-33,4001	14,5999
		2,00	22,55488(*)	7,36089	,011	4,3496	40,7602
Tamhane	1,00	2,00	31,95498(*)	10,70494	,016	4,9212	58,9887
		3,00	9,40010	10,62359	,765	-17,4514	36,2516
	2,00	1,00	-31,95498(*)	10,70494	,016	-58,9887	-4,9212
		3,00	-22,55488(*)	6,70829	,003	-38,8170	-6,2927
	3,00	1,00	-9,40010	10,62359	,765	-36,2516	17,4514
		2,00	22,55488(*)	6,70829	,003	6,2927	38,8170

\* The mean difference is significant at the .05 level.

ÝMAR	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
2,00	45	138,7115	
Scheffe(a, b)	3,00	161,2664	161,2664
	1,00		170,6665
Sig.		,055	,600

## E.9.3 Yalıtım ile enerji tüketimleri bağlantısı

Tablo E.9.3. Yalıtım durumuna göre enerji tüketiminin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
2000 öncesi	122	19708,75	161,5471	1643,94		
2000 sonrası	26	3341,114	128,5044	1047,433		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	23400,37	1	23400,37	15,17732	0,000149	3,905942
Gruplar İçinde	225102,6	146	1541,799			
Toplam	248503	147				

t-Test: Farklı Varyanslar Varsayarak İki Örnek

	2000 öncesi	2000 sonrası
Ortalama	161,5470918	128,5043866
Varyans	1643,940228	1047,432708
Gözlem	122	26
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	44	
t Stat	4,506535135	
P(T<=t) tek-uçlu	2,41249E-05	
t Kritik tek-uçlu	1,680229977	
P(T<=t) iki-uçlu	4,82497E-05	
t Kritik iki-uçlu	2,015367547	

#### E.9.4 Mimari ölçütlere göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizleri

Tablo E.9.4. Bina enerji sınıfına göre pencere alanlarının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	44	12887,11	292,8889	21788,68		
C	41	10750,64	262,2107	17781,81		
D	24	5997,976	249,9157	20110,43		
E	9	2058,612	228,7347	12054,27		
F	4	1556,944	389,236	44737,51		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	106620,5	4	26655,13	1,331975	0,262183	2,449202
Gruplar İçinde	2341372	117	20011,73			
Toplam	2447993	121				

Tablo E.9.5. Bina enerji sınıfına göre A/V oranının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
B	63	25,72754	0,408374	0,013019		
C	46	17,61985	0,38304	0,010855		
DEF	39	14,66466	0,376017	0,002346		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	0,030546	2	0,015273	1,599199	0,205601	3,058486
Gruplar İçinde	1,384804	145	0,00955			
Toplam	1,41535	147				

Tablo E.9.6 A/V oranına göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,33-0,373	42	7645,9	182,0452	1663,401		
0,374-0,416	66	9886,9	149,8015	1275,334		
0,417..	14	2175,944	155,4246	1580,251		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	27277,37	2	13638,69	9,455892	0,000154	3,072429
Gruplar İçinde	171639,4	119	1442,348			
Toplam	198916,8	121				

Tablo E.9.7 Yönlere göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
KUZEY/DOĞU/BATI	5	812,4351	162,487	2014,94		
GUNEY/BATI/DOĞU	15	2631,317	175,4211	1427,475		
KUZEY/GÜNEY	44	6446,249	146,5056	1528,614		
(KUZEY/GÜNEY/BATI KUZEY/GÜNEY/DOĞU KUZEY/GÜNEY/BATI/DOĞU)	45	7871,408	174,9202	1596,917		
DOĞU/BATI	12	1786,404	148,867	1095,77		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	22823,74	4	5705,934	3,758751	0,006517	2,44988
Gruplar İçinde	176092,6	116	1518,04			
Toplam	198916,4	120				

Tablo E.9.8. Katlara göre bina enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
5-6	47	7835,742	166,7179	1663,146		
7-8	36	5490,398	152,511	1668,843		
9	28	4223,217	150,8292	1353,077		
10-11	37	5500,503	148,6622	1902,427		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	8568,302	3	2856,101	1,714127	0,166733	2,667443
Gruplar İçinde	239934,6	144	1666,213			
Toplam	248503	147				

### E.9.5 Önerilen tasarım verimlilik sınıflarına göre enerji tüketimlerinin dağılımı ve varyans analizleri

Analiz sonuçlarına göre;

- G1 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G2 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G3 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G4 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G5 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;

- G6 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G7 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G8 grupları ile bina enerji tüketimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu; görülmüştür.

Tablo E.9.9. Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
0,022-0,288	5	657,6042	131,5208	3683,609
0,289-0,554	39	5275,872	135,2788	715,1593
0,555-0,82	63	11007,21	174,7176	1450,077
0,83-..	15	2768,059	184,5373	1201,877

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	50275,21	3	16758,4	13,30376	1,54E-07	2,681466
Gruplar İçinde	148641,6	118	1259,674			
Toplam	198916,8	121				

## Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,348	3	118	,262

## Multiple Comparisons

	(I) G1	(J) G1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	-7,16385	17,04015	,981	-55,4942	41,1665
		3,00	-43,38831	16,79775	,089	-91,0312	4,2545
		4,00	-53,01641(*)	18,62329	,049	-105,8370	-,1958
	2,00	1,00	7,16385	17,04015	,981	-41,1665	55,4942
		3,00	-36,22446(*)	7,23122	,000	-56,7341	-15,7148
		4,00	-45,85255(*)	10,81449	,001	-76,5253	-15,1798
	3,00	1,00	43,38831	16,79775	,089	-4,2545	91,0312
		2,00	36,22446(*)	7,23122	,000	15,7148	56,7341
		4,00	-9,62809	10,42837	,837	-39,2057	19,9495
	4,00	1,00	53,01641(*)	18,62329	,049	-,1958	105,8370
		2,00	45,85255(*)	10,81449	,001	15,1798	76,5253
		3,00	9,62809	10,42837	,837	-19,9495	39,2057
Tamhane	1,00	2,00	-7,16385	27,49392	1,000	-135,1062	120,7785
		3,00	-43,38831	27,60829	,710	-170,4605	83,6838
		4,00	-53,01641	28,58053	,548	-174,2912	68,2584
	2,00	1,00	7,16385	27,49392	1,000	-120,7785	135,1062
		3,00	-36,22446(*)	6,68502	,000	-54,1681	-18,2809
		4,00	-45,85255(*)	9,96589	,001	-74,7656	-16,9395
	3,00	1,00	43,38831	27,60829	,710	-83,6838	170,4605
		2,00	36,22446(*)	6,68502	,000	18,2809	54,1681
		4,00	-9,62809	10,27720	,930	-39,1106	19,8544
	4,00	1,00	53,01641	28,58053	,548	-68,2584	174,2912
		2,00	45,85255(*)	9,96589	,001	16,9395	74,7656
		3,00	9,62809	10,27720	,930	-19,8544	39,1106

\* The mean difference is significant at the .05 level.

G1	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
1,00	5	131,5208		
2,00	43	138,6847	138,6847	
3,00	59		174,9092	174,9092
4,00	15			184,5373
Sig.		,968	,093	,926

Tablo E.9.10 Pencere alanının dışı duvar alanına oranı göre bina enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
0.14-0.237	27	4775,885	176,8846	1173,3
0.238-0.36	56	9169,362	163,7386	1583,475
0.37-0.68	39	5763,498	147,782	1771,31

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	14010,08	2	7005,039	4,508218	0,012964	3,072429
Gruplar İçinde	184906,7	119	1553,838			
Toplam	198916,8	121				

## Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,111	2	119	,333

## Multiple Comparisons

	(I) G2	(J) G2	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	
Scheffe	1,00	2,00	13,14605	9,23562	,366	-9,7480	36,0401
		3,00	29,10265(*)	9,86872	,015	4,6393	53,5660
	2,00	1,00	-13,14605	9,23562	,366	-36,0401	9,7480
		3,00	15,95660	8,22126	,157	-4,4229	36,3361
	3,00	1,00	-29,10265(*)	9,86872	,015	-53,5660	-4,6393
		2,00	-15,95660	8,22126	,157	-36,3361	4,4229
Tamhane	1,00	2,00	13,14605	8,46947	,332	-7,6666	33,9587
		3,00	29,10265(*)	9,42729	,009	5,9709	52,2343
	2,00	1,00	-13,14605	8,46947	,332	-33,9587	7,6666
		3,00	15,95660	8,58455	,187	-4,9852	36,8984
	3,00	1,00	-29,10265(*)	9,42729	,009	-52,2343	-5,9709
		2,00	-15,95660	8,58455	,187	-36,8984	4,9852

\* The mean difference is significant at the .05 level.

	G2	N		Subset for alpha = .05	
		1	2	1	1
	3,00	39	147,7820		
Scheffe(a	2,00	56	163,7386	163,7386	
,b)	1,00	27		176,8846	
	Sig.		,222		,358

Tablo E.9.11 Biçim faktörüne (en/boy oranına) (G3) göre bina enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0.21-0.408	14	2250,66	160,7614	2833,193		
0.409-0.604	49	7660,486	156,3364	1596,036		
0.605-0.8	32	5292,38	165,3869	1778,372		
0.8-...	27	4505,219	166,86	1068,194		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	2572,965	3	857,6549	0,515439	0,672439	2,681466
Gruplar İçinde	196343,8	118	1663,931			
Toplam	198916,8	121				

Tablo E.9.12 Yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G4) göre bina enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0.138-0.32	44	6251,277	142,0745	1300,395		
0.33-0.63	63	10664,91	169,2842	1582,929		
0.64-0.94	11	2003,027	182,0934	1082,148		
0.95...	4	789,5355	197,3839	1266,84		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	30236,17	3	10078,72	7,05054	0,000212	2,681466
Gruplar İçinde	168680,6	118	1429,497			
Toplam	198916,8	121				

## Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,220	3	118	,882

Multiple Comparisons

	(I) VAR00011	(J) VAR00011	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	-27,20974(*)	7,42826	,005	-48,2782	-6,1412
		3,00	-40,01892(*)	12,74530	,023	-76,1680	-3,8699
		4,00	-55,30939	19,74494	,054	-111,3113	,6925
	2,00	1,00	27,20974(*)	7,42826	,005	6,1412	48,2782
		3,00	-12,80919	12,35494	,783	-47,8511	22,2327
		4,00	-28,09965	19,49524	,558	-83,3933	27,1940
	3,00	1,00	40,01892(*)	12,74530	,023	3,8699	76,1680
		2,00	12,80919	12,35494	,783	-22,2327	47,8511
		4,00	-15,29046	22,07552	,923	-77,9025	47,3215
	4,00	1,00	55,30939	19,74494	,054	-,6925	111,3113
		2,00	28,09965	19,49524	,558	-27,1940	83,3933
		3,00	15,29046	22,07552	,923	-47,3215	77,9025
Tamhane	1,00	2,00	-27,20974(*)	7,39461	,002	-47,0658	-7,3537
		3,00	-40,01892(*)	11,31068	,016	-73,7720	-6,2659
		4,00	-55,30939	18,60818	,252	-152,9239	42,3051
	2,00	1,00	27,20974(*)	7,39461	,002	7,3537	47,0658
		3,00	-12,80919	11,11319	,844	-46,2471	20,6287
		4,00	-28,09965	18,48880	,763	-127,1749	70,9756
	3,00	1,00	40,01892(*)	11,31068	,016	6,2659	73,7720
		2,00	12,80919	11,11319	,844	-20,6287	46,2471
		4,00	-15,29046	20,37369	,982	-100,7275	70,1466
	4,00	1,00	55,30939	18,60818	,252	-42,3051	152,9239
		2,00	28,09965	18,48880	,763	-70,9756	127,1749
		3,00	15,29046	20,37369	,982	-70,1466	100,7275

\* The mean difference is significant at the .05 level.

VAR00011	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1,00	44	142,0745	
2,00	63	169,2842	169,2842
3,00	11	182,0934	182,0934
4,00	4		197,3839
Sig.		,123	,409

Tablo E.9.13 Yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanı oranına (G5) göre bina enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,00408-0,045	19	2796,547	147,1867	1465,826		
0,046-0,086	73	11859,11	162,4536	1676,614		
0,087-0,127	26	4252,592	163,5612	1376,507		
0,128-	4	800,4967	200,1242	2455,527		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	10036,44	3	3345,481	2,090036	0,105229	2,681466
Gruplar İçinde	188880,3	118	1600,681			
Toplam	198916,8	121				



Tablo E.9.14 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranına (G6) göre bina enerji tüketimlerinin t-test analizi

	5,76-198,53	198,54-391,31
Ortalama	159,1091	118,8351697
Varyans	2258,483677	326,0268738
Gözlem	29	11
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	38	
t Stat	3,88404566	
P(T<=t) tek-uçlu	0,000198858	
t Kritik tek-uçlu	1,685954461	
P(T<=t) iki-uçlu	0,000397716	
t Kritik iki-uçlu	2,024394147	

Tablo E.9.15 Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G7) göre bina enerji tüketimlerinin t-test ile varyans analizi

	5,04-69,50	69,6-133,96
Ortalama	147,5952413	148,4722971
Varyans	3086,610741	1093,677966
Gözlem	20	20
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	31	
t Stat	-0,06066512	
P(T<=t) tek-uçlu	0,476007668	
t Kritik tek-uçlu	1,695518742	
P(T<=t) iki-uçlu	0,952015336	
t Kritik iki-uçlu	2,039513438	

Tablo E.9.16 Yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G8) göre bina enerji tüketimlerinin varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,14-47,159	73	10796,66	147,8995	1185,044		
47,16-94,15	20	3489,995	174,4998	1473,652		
94,15-141,15	7	1350,802	192,9717	1329,44		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	21189,3	2	10594,65	8,472285	0,000406	3,090187
Gruplar İçinde	121299,2	97	1250,507			
Toplam	142488,5	99				

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,087	2	97	,916

**Multiple Comparisons**

	(I) VAR00015	(J) VAR00015	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	26,60031(*)	8,92500	,014	-48,7882	-4,4125
		3,00	45,07222(*)	13,99193	,007	-79,8567	-10,2878
	2,00	1,00	26,60031(*)	8,92500	,014	4,4125	48,7882
		3,00	-18,47190	15,52962	,495	-57,0791	20,1353
	3,00	1,00	45,07222(*)	13,99193	,007	10,2878	79,8567
		2,00	18,47190	15,52962	,495	-20,1353	57,0791
Tamhane	1,00	2,00	26,60031(*)	9,48241	,027	-50,6807	-2,5199
		3,00	45,07222(*)	14,35804	,048	-89,6825	-,4619
	2,00	1,00	26,60031(*)	9,48241	,027	2,5199	50,6807
		3,00	-18,47190	16,23584	,626	-64,0786	27,1348
	3,00	1,00	45,07222(*)	14,35804	,048	,4619	89,6825
		2,00	18,47190	16,23584	,626	-27,1348	64,0786

\* The mean difference is significant at the .05 level.

VAR00015	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1,00	73	147,8995	
Scheffe(a,b)	20	174,4998	174,4998
3,00	7		192,9717
Sig.		,134	,375

## EK-10

### MERKEZİ VE SOBALI ISITMA SİSTEMLERİNE GÖRE CO<sub>2</sub> SALIMI VE SINIFLARI İÇİN ANALİZLER

#### E.10.1 Mesleki unvan ile CO<sub>2</sub> salımı bağlantısı

Tablo E.10.1. Mesleki unvana göre CO<sub>2</sub> salımının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
MİMAR	120	8160,932	68,00777	693,8536		
MÜHENDİS	18	1207,196	67,06647	393,4339		
Y.MİMAR	10	615,0438	61,50438	243,7769		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	393,4826	2	196,7413	0,311943	0,732513	3,058486
Gruplar İçinde	91450,95	145	630,6962			
Toplam	91844,43	147				

#### E.10.2 Parsel Durumu ile CO<sub>2</sub> salımı bağlantısı

Tablo E.10.2. Parsel durumuna göre CO<sub>2</sub> salımının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
AYRIK	21	1753,45	83,49763	932,0069		
BİTİŞİK						
NİZAM/ARA	45	2617,982	58,17738	432,8784		
BİTİŞİK/KÖŞE	82	5611,74	68,43585	553,0954		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	9356,91	2	4678,455	8,223983	0,000414	3,058486
Gruplar İçinde	82487,52	145	568,8794			
Toplam	91844,43	147				

#### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,307	2	145	,103

**Post Hoc Tests  
Multiple Comparisons**

	(I) VAR00002	(J) VAR00002	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1,00	2,00	25,32024(*)	6,30327	,000	9,7307	40,9098
		3,00	15,06177(*)	5,83327	,038	,6346	29,4889
	2,00	1,00	-25,32024(*)	6,30327	,000	-40,9098	-9,7307
		3,00	-10,25847	4,42485	,071	-21,2022	,6853
	3,00	1,00	-15,06177(*)	5,83327	,038	-29,4889	-,6346
			2,00	10,25847	4,42485	,071	-,6853
Tamhane	1,00	2,00	25,32024(*)	7,34852	,005	6,7016	43,9388
		3,00	15,06177	7,15027	,129	-3,1637	33,2873
	2,00	1,00	-25,32024(*)	7,34852	,005	-43,9388	-6,7016
		3,00	-10,25847(*)	4,04532	,038	-20,0812	-,4357
	3,00	1,00	-15,06177	7,15027	,129	-33,2873	3,1637
		2,00	10,25847(*)	4,04532	,038	,4357	20,0812

\* The mean difference is significant at the .05 level.

**Homogeneous Subsets  
VAR00001**

	VAR00002	N	Subset for alpha = .05	
			2	1
Scheffe(a,b)	2,00	45	58,1774	
	3,00	82	68,4359	
	1,00	21		83,4976
	Sig.		,188	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 36,569.

b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

**E.10.3 Mimari ölçütlere göre CO<sub>2</sub> salımlarının dağılımı ve varyans analizleri**Tablo E.10.3. CO<sub>2</sub> sınıfına göre pencere alanlarının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
D	6	1489,709	248,2848	4627,508
E	11	3879,512	352,6829	21891,63
F	19	6538,601	344,1369	27806,17
G	86	21343,46	248,1798	17444,89

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	222611,9	3	74203,98	3,934639	0,010222	2,681466
Gruplar İçinde	2225381	118	18859,16			
Toplam	2447993	121				

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,720	3	118	,167

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: pencere

	(I) CO <sub>2</sub> sınıf	(J) CO <sub>2</sub> sınıf	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	
Scheffe	1,00	2,00	-104,39808	69,69693	,526	-302,0770	93,2809	
		3,00	-95,85206	64,31003	,530	-278,2523	86,5482	
		4,00	,10505	57,98694	1,000	-164,3613	164,5714	
	2,00	1,00	104,39808	69,69693	,526	-93,2809	302,0770	
		3,00	8,54601	52,02938	,999	-139,0231	156,1151	
		4,00	104,50312	43,97456	,136	-20,2204	229,2266	
	3,00	1,00	95,85206	64,31003	,530	-86,5482	278,2523	
		2,00	-8,54601	52,02938	,999	-156,1151	139,0231	
		4,00	95,95711	34,81206	,060	-2,7791	194,6933	
	4,00	1,00	-,10505	57,98694	1,000	-164,5714	164,3613	
		2,00	-104,50312	43,97456	,136	-229,2266	20,2204	
		3,00	-95,95711	34,81206	,060	-194,6933	2,7791	
Tamhane	1,00	2,00	-104,39808	52,54902	,335	-263,7126	54,9165	
		3,00	-95,85206	47,27297	,290	-233,0798	41,3757	
		4,00	,10505	31,21056	1,000	-108,2539	108,4640	
	2,00	1,00	104,39808	52,54902	,335	-54,9165	263,7126	
		3,00	8,54601	58,76760	1,000	-160,4271	177,5191	
		4,00	104,50312	46,82943	,243	-42,3060	251,3122	
	3,00	1,00	95,85206	47,27297	,290	-41,3757	233,0798	
		2,00	-8,54601	58,76760	1,000	-177,5191	160,4271	
		4,00	95,95711	40,82071	,155	-21,3750	213,2892	
	4,00	1,00	-,10505	31,21056	1,000	-108,4640	108,2539	
		2,00	-104,50312	46,82943	,243	-251,3122	42,3060	
		3,00	-95,95711	40,82071	,155	-213,2892	21,3750	

	N	Subset for alpha = .05
CO <sub>2</sub> sınıf	1	1
4,00	86	248,1798
1,00	6	248,2848
3,00	19	344,1369
2,00	11	352,6829
Sig.		,313

Tablo E.10.4. A/V oranına göre CO<sub>2</sub> salımının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,33-0,373	63	4868,374	77,27577	724,5632		
0,374-0,416	69	4112,752	59,6051	391,9732		
0,417..	16	1002,047	62,62791	637,7653		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	10700,85	2	5350,426	9,560975	0,000126	3,058486
Gruplar İçinde	81143,58	145	559,6109			
Toplam	91844,43	147				

Tablo E.10.5. Yönlere göre CO<sub>2</sub> salımının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
KUZEY/DOĞU/BATI	5	286,5826	57,31653	351,5098		
GÜNEY/BATI/DOĞU	15	1103,785	73,5857	608,5302		
KUZEY/GÜNEY	44	2647,931	60,18025	373,3944		
(KUZEY/GÜNEY/BATI KUZEY/GÜNEY/DOĞU KUZEY/GÜNEY/BATI/DOĞU)	45	3528,943	78,42095	771,058		
DOĞU/BATI	12	869,6602	72,47169	763,6		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	8495,34	4	2123,835	3,606699	0,008269	2,44988
Gruplar İçinde	68307,57	116	588,8584			
Toplam	76802,91	120				

Tablo E.10.6. Katlara göre CO<sub>2</sub> salımlarının dağılımı ve varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
5-6	47	3557,013	75,68112	506,3204		
7-8	36	2625,395	72,92765	1002,975		
9	28	1604,214	57,29336	367,0373		
10-11	37	2196,55	59,36623	388,0225		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	9570,742	3	3190,247	5,583749	0,001188	2,667443
Gruplar İçinde	82273,69	144	571,345			
Toplam	91844,43	147				

#### E.10.4 Önerilen tasarım verimlilik sınıflarına göre CO<sub>2</sub> salımı dağılımı ve varyans analizleri

Analiz sonuçlarına göre;

- G1 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G2 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G3 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G4 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G5 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G6 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;
- G7 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı;
- G8 grupları ile CO<sub>2</sub> salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu;

görölmüştür.

Tablo E.10.7. Yapı dış yüzey alanının yapı faydalı alanına oranına(G1)göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,022-0,288	5	253,0514	50,61028	369,3033		
0,289-0,554	39	2287,179	58,64562	417,2993		
0,555-0,82	63	4792,881	76,07748	665,9384		
0,83-..	15	1173,474	78,23163	567,0139		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	10241,96	3	3413,986	6,052353	0,000721	2,681466
Gruplar İçinde	66560,96	118	564,0759			
Toplam	76802,92	121				

#### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,980	3	118	,405

**Multiple Comparisons**

	(I) G1	(J) G1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	-8,03533	11,28178	,917	-40,0335	23,9628
		3,00	-25,46719	11,03489	,156	-56,7651	5,8307
		4,00	-27,62135	12,26459	,173	-62,4070	7,1643
	2,00	1,00	8,03533	11,28178	,917	-23,9628	40,0335
		3,00	-17,43186(*)	4,83912	,006	-31,1569	-3,7068
		4,00	-19,58601	7,21585	,066	-40,0521	,8801
	3,00	1,00	25,46719	11,03489	,156	-5,8307	56,7651
		2,00	17,43186(*)	4,83912	,006	3,7068	31,1569
		4,00	-2,15415	6,82339	,992	-21,5071	17,1988
	4,00	1,00	27,62135	12,26459	,173	-7,1643	62,4070
		2,00	19,58601	7,21585	,066	-,8801	40,0521
		3,00	2,15415	6,82339	,992	-17,1988	21,5071
Tamhane	1,00	2,00	-8,03533	9,19569	,962	-45,7293	29,6587
		3,00	-25,46719	9,18864	,205	-63,1741	12,2397
		4,00	-27,62135	10,56700	,164	-63,5797	8,3370
	2,00	1,00	8,03533	9,19569	,962	-29,6587	45,7293
		3,00	-17,43186(*)	4,61199	,002	-29,8271	-5,0366
		4,00	-19,58601	6,96426	,059	-39,6739	,5018
	3,00	1,00	25,46719	9,18864	,205	-12,2397	63,1741
		2,00	17,43186(*)	4,61199	,002	5,0366	29,8271
		4,00	-2,15415	6,95495	1,000	-22,2033	17,8949
	4,00	1,00	27,62135	10,56700	,164	-8,3370	63,5797
		2,00	19,58601	6,96426	,059	-,5018	39,6739
		3,00	2,15415	6,95495	1,000	-17,8949	22,2033

\* The mean difference is significant at the .05 level.

	G1	N	Subset for alpha = .05	
			2	1
Scheffe(a, b)	1,00	5	50,6103	
	2,00	39	58,6456	58,6456
	3,00	63	76,0775	76,0775
	4,00	15		78,2316
	Sig.			,064

Tablo E.10.8. Pencere alanının dışı duvar alanına oranı göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0.14-0.237	27	2088,197	77,34062	706,1405		
0.238-0.36	56	3995,309	71,34481	564,1019		
0.37-0.68	39	2423,08	62,13025	617,2436		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	3962,401	2	1981,2	3,236699	0,042778	3,072429
Gruplar İçinde	72840,52	119	612,1052			
Toplam	76802,92	121				



**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,227	2	119	,797

**Multiple Comparisons**

	(I) G2	(J) G2	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	5,99581	5,79664	,587	-8,3734	20,3650
		3,00	15,21038	6,19399	,053	-,1438	30,5646
	2,00	1,00	-5,99581	5,79664	,587	-20,3650	8,3734
		3,00	9,21456	5,15999	,207	-3,5764	22,0056
	3,00	1,00	-15,21038	6,19399	,053	-30,5646	,1438
		2,00	-9,21456	5,15999	,207	-22,0056	3,5764
Tamhane	1,00	2,00	5,99581	6,01885	,692	-8,9103	20,9019
		3,00	15,21038	6,47921	,066	-,7589	31,1796
	2,00	1,00	-5,99581	6,01885	,692	-20,9019	8,9103
		3,00	9,21456	5,08920	,206	-3,1984	21,6275
	3,00	1,00	-15,21038	6,47921	,066	-31,1796	,7589
		2,00	-9,21456	5,08920	,206	-21,6275	3,1984

	G2	N	Subset for alpha = .05	
		1	2	1
Scheffe(a,b)	3,00	39	62,1302	
	2,00	56	71,3448	71,3448
	1,00	27		77,3406
	Sig.		,279	,580

Tablo E.10.9. Biçim faktörüne (en/boy oranına) (G3) göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0.21-0.408	14	853,7804	60,98432	456,317		
0.409-0.604	49	3345,919	68,28407	647,6747		
0.605-0.8	32	2282,892	71,34039	656,9672		
0.8-...	27	2023,994	74,96273	670,0338		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	1995,548	3	665,1825	1,049249	0,373553	2,681466
Gruplar İçinde	74807,37	118	633,9608			
Toplam	76802,92	121				

Tablo E.10.10. Yapı toplam duvar alanının yapı toplam faydalı alanına oranı (G4) göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
0.138-0.32	44	2686,586	61,05877	519,3553
0.33-0.63	63	4666,919	74,07808	684,6392
0.64-0.94	11	893,6969	81,24517	557,7119
0.95...	4	259,3838	64,84596	130,8186

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	6053,436	3	2017,812	3,365422	0,021024	2,681466
Gruplar İçinde	70749,48	118	599,5719			
Toplam	76802,92	121				

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,045	3	118	,375

**Multiple Comparisons**

	(I) G4	(J) G4	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Scheffe	1,00	2,00	-13,01930	4,81078	,068	-26,6640	,6254
		3,00	-20,18640	8,25428	,119	-43,5977	3,2249
		4,00	-3,78718	12,78748	,993	-40,0559	32,4815
	2,00	1,00	13,01930	4,81078	,068	-,6254	26,6640
		3,00	-7,16710	8,00147	,849	-29,8614	15,5272
		4,00	9,23212	12,62577	,911	-26,5779	45,0421
	3,00	1,00	20,18640	8,25428	,119	-3,2249	43,5977
		2,00	7,16710	8,00147	,849	-15,5272	29,8614
		4,00	16,39922	14,29684	,726	-24,1504	56,9488
	4,00	1,00	3,78718	12,78748	,993	-32,4815	40,0559
		2,00	-9,23212	12,62577	,911	-45,0421	26,5779
		3,00	-16,39922	14,29684	,726	-56,9488	24,1504
Tamhane	1,00	2,00	-13,01930(*)	4,76139	,044	-25,7998	-,2389
		3,00	-20,18640	7,90599	,125	-44,1066	3,7338
		4,00	-3,78718	6,67145	,995	-30,4531	22,8787
	2,00	1,00	13,01930(*)	4,76139	,044	,2389	25,7998
		3,00	-7,16710	7,84655	,941	-30,9966	16,6625
		4,00	9,23212	6,60090	,771	-17,6568	36,1210
	3,00	1,00	20,18640	7,90599	,125	-3,7338	44,1066
		2,00	7,16710	7,84655	,941	-16,6625	30,9966
		4,00	16,39922	9,13267	,466	-12,6095	45,4080
	4,00	1,00	3,78718	6,67145	,995	-22,8787	30,4531
		2,00	-9,23212	6,60090	,771	-36,1210	17,6568
		3,00	-16,39922	9,13267	,466	-45,4080	12,6095

\* The mean difference is significant at the .05 level.

G4	N	Subset for alpha = .05
	1	1
Scheffe( a,b)	1,00	44
	4,00	4
	2,00	63
	3,00	11
	Sig.	
		61,0588
		64,8460
		74,0781
		81,2452
		,315

Tablo E.10.11. Yapı toplam ortak yerler alanının yapı toplam faydalı alanı oranına (G5) göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans		
0,00408-0,045	19	1083,96	57,05055	383,7065		
0,046-0,086	73	5163,871	70,73796	670,9197		
0,087-0,127	30	2258,754	75,2918	604,5935		
Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	4056,772	2	2028,386	3,318086	0,039602	3,072429
Gruplar İçinde	72746,14	119	611,3121			
Toplam	76802,92	121				

#### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,465	2	119	,629

#### Multiple Comparisons

	(I) G5	(J) G5	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
Scheffe	1,00	2,00	-13,68741	6,36777	,104	-29,4724	2,0975
		3,00	-18,24124(*)	7,24923	,046	-36,2112	-,2712
	2,00	1,00	13,68741	6,36777	,104	-2,0975	29,4724
		3,00	-4,55383	5,36202	,698	-17,8456	8,7380
	3,00	1,00	18,24124(*)	7,24923	,046	,2712	36,2112
		2,00	4,55383	5,36202	,698	-8,7380	17,8456
Tamhane	1,00	2,00	-13,68741(*)	5,42086	,047	-27,2567	-,1181
		3,00	-18,24124(*)	6,35202	,019	-34,0016	-2,4809
	2,00	1,00	13,68741(*)	5,42086	,047	,1181	27,2567
		3,00	-4,55383	5,41699	,788	-17,8811	8,7735
	3,00	1,00	18,24124(*)	6,35202	,019	2,4809	34,0016
		2,00	4,55383	5,41699	,788	-8,7735	17,8811

\* The mean difference is significant at the .05 level.

	G5	Subset for alpha = .05		
		N	1	2
	1,00	19	57,0506	
Scheffe(	2,00	73	70,7380	70,7380
a,b)	3,00	30		75,2918
Sig.			,104	,775

Tablo E.10.12. Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam dış yüzey alanı oranına (G6) göre CO<sub>2</sub> salımlarının t-test analizi

	5,76-198,53	198,54-391,31
Ortalama	55,17303437	39,21560599
Varyans	314,8072802	35,50432655
Gözlem	29	11
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	38	
t Stat	4,252202459	
P(T<=t) tek-uçlu	6,63461E-05	
t Kritik tek-uçlu	1,685954461	
P(T<=t) iki-uçlu	0,000132692	
t Kritik iki-uçlu	2,024394147	

Tablo E.10.13. Yapı toplam ısıtma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G7) göre CO<sub>2</sub> salımlarının t-test ile varyans analizi

	5,04-69,50	69,6-133,9
Ortalama	46,1718735	51,76323
Varyans	326,291105	283,1908
Gözlem	7	33
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	8	
t Stat	-0,7526082	
P(T<=t) tek-uçlu	0,23662347	
t Kritik tek-uçlu	1,85954803	
P(T<=t) iki-uçlu	0,47324694	
t Kritik iki-uçlu	2,30600413	

Tablo E.10.14. Yapı toplam aydınlatma yükünün yapı toplam faydalı alanı oranına (G8) göre CO<sub>2</sub> salımlarının varyans analizi

Gruplar	Say	Toplam	Ortalama	Varyans
0,14-47,159	73	4643,958	63,61586	599,5142
47,16-94,15	20	1642,14	82,10702	749,1183
94,15-141,15	7	519,544	74,22058	207,9873

Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
Gruplar Arasında	5653,821	2	2826,91	4,675671	0,011518	3,090187
Gruplar İçinde	58646,2	97	604,6			
Toplam	64300,02	99				

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,363	2	97	,261

**Multiple Comparisons**

	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	VAR00031	VAR0003 1					
Scheffe	1,00	2,00	-18,49116(*)	6,20582	,014	-33,9190	-3,0633
		3,00	-10,60472	9,72901	,554	-34,7914	13,5819
	2,00	1,00	18,49116(*)	6,20582	,014	3,0633	33,9190
		3,00	7,88644	10,79821	,766	-18,9583	34,7312
	3,00	1,00	10,60472	9,72901	,554	-13,5819	34,7914
		2,00	-7,88644	10,79821	,766	-34,7312	18,9583
Tamhane	1,00	2,00	-18,49116(*)	6,75784	,032	-35,6543	-1,3280
		3,00	-10,60472	6,15833	,311	-28,3197	7,1102
	2,00	1,00	18,49116(*)	6,75784	,032	1,3280	35,6543
		3,00	7,88644	8,19563	,722	-13,4218	29,1946
	3,00	1,00	10,60472	6,15833	,311	-7,1102	28,3197
		2,00	-7,88644	8,19563	,722	-29,1946	13,4218

\* The mean difference is significant at the .05 level.

**VAR00029**

	N	Subset for
		alpha = .05
VAR00031	1	1
Scheffe(a, b)	1,00	73
	3,00	7
	2,00	20
	Sig.	,134

*GreenAge Symposium, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture  
6-8 December 2010, Istanbul, Türkiye*

**YEŞİLÇAĞ / GREENAGE**  
1. ULUSLARARASI SEMPOZYUM BİLDİRİLER KİTABI  
1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM PROCEEDINGS

6-8 Aralık / December 2010

organized by

Faculty of Architecture  
Mimar Sinan Fine Arts University

edited by

Sema ERGÖNÜL, Selin GÜNDEŞ, A. Erdem ERBAŞ

Fındıklı - Istanbul

Yayın kodu / Code : MSGSÜ-MF-010/11-K



Yeşilçag / GreenAge 1<sup>st</sup> International Symposium  
ERGÖNÜL, Sema; GÜNDEŞ, Selin; ERBAŞ, Erdem (edited by)  
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayınları, 2010  
pp. 532 ; 25 cm  
ISBN: 978-975-6264-44-7

Kasım 2010  
250 adet basılmıştır.  
© 2010 by Mimar Sinan Fine Arts University,  
Meclis-i Mebusan Cad. No: 24, 34427 Fındıklı, İstanbul.

Tel: 0212 252 16 00 / 240  
<http://greenage.msgsu.edu.tr>  
[greenage@msgsu.edu.tr](mailto:greenage@msgsu.edu.tr)

Kapak tasarımı / Cover design  
Merve Özyurt

The papers herein are published as submitted by the authors. Minor changes have been made where necessary.

## YEŞİLÇAĞ / GREENAGE 1<sup>st</sup> International Symposium Committees

### Scientific Committee

Güzin KONUK (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekanı)  
Sema ERGÖNÜL (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
Deniz İNCEDAYI (MSGSÜ Mimarlık Bölüm Başkanı)  
Aykut KARAMAN (MSGSÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölüm Başkanı)  
Oğuz BAYRAKÇI (MSGSÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölüm Başkanı)  
Onur ALTAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölüm Başkanı)  
Mike GIBSON (South Bank University, İngiltere)  
Raymond James GREEN (University of Melbourne, Avustralya)  
Abram de BOER (Delft University of Technology, Hollanda)  
Doğan HASOL (Yapı Endüstri Merkezi)  
Duygu ERTEN (ÇEDBİK)

### Organization Committee

Güzin KONUK (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekanı)  
Sema ERGÖNÜL (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
Murat Cemal YALÇINTAN (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
A. Erdem ERBAŞ (MSGSÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü)  
Selda KARAOSMAN (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
İmre ÖZBEK EREN (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Selin GÜNDEŞ (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Merve ÖZYURT (MSGSÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü)  
Aylin AYNA (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Elif ÖZDOĞLAR (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)  
Işıl POLATKAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)

### Symposium Secretariat

Aylin AYNA (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Işıl POLATKAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)

Sponsors



Istanbul Büyükşehir Belediyesi



Beyoğlu Belediyesi



Üsküdar Belediyesi



İstanbul Deniz Ticaret Odası



2010 İstanbul Kültür Başkenti Ajansı



YEM

YEM YAPI-ENDÜSTRİ MERKEZİ  
THE BUILDING INFORMATION CENTRE



Point Hotel

Table of Contents

<i>Introduction</i>	7
<i>Section I</i> Green Cities	9
<i>Section II</i> Green Architecture and Certification Systems	111
<i>Section III</i> Vernacular Architecture	211
<i>Section IV</i> Green Design	342
<i>Section V</i> Green Renaissance	414
<i>Section VI</i> Posters	462
<i>Index of Authors</i>	531



## 10.OTURUM: YEŞİL RÖNESANS / SESSION 10: GREEN RENAISSANCE

"Deprem Dönüşüm Projeleri: Küçükçekmece İlçesi Örneği / Earthquake Transformation

Projects: Example of Küçükçekmece District", *Yıldız Aksoy*

"Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimarlığın Çelişkisi / Contradiction of Architecture in the Context of Sustainability", *Derya Adıgüzel*

"Mimarlık Eğitiminde Ekolojik Sorumluluğun Yeri / Ecological Responsibility in Architectural Education", *Nur Atakul, Mehmet Selim Ökten*

"Sürdürülebilirlik Bağlamında Türkiye'den Çayırova Teknik Bahçivanlık Okulu'nun Yeniden Canlandırma-İşlevlendirme Projesi / Revitalization-Refuncting Project of Çayırova Technical Horticulture School from Turkey in Context of Sustainability", *Elif Özlem Oral Aydın, Reyhan Çömlekçioğlu Kartal*

"Keçe'nin Çağdaş Sanatta Geleneksel Bir Türk El Sanatı Olarak Değerlendirilmesi / Felt, Being Evaluated as a Traditional Turkish Crafts in the Contemporary Art", *Hacer Kocaman*

### POSTER BİLDİRİLER / POSTER PROCEEDINGS

"Effects of Heat Waves on Human Mortality in the City of Setif (North-East of Algeria)", *Mustapha Bounechada and Mohamed Fenni*

"Doğal ve Kültürel Mirasın Ulusal ve Uluslararası Alanda Korunmasına Yönelik Yaklaşımlar / Approaches to The Protection of Natural and Cultural Heritages at National and International Level", *Yüksel Gögebakan*

"Dünya Kültür ve Doğal Mirası Koruma Sözleşmesi" ile "Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi"nin Dünya Doğal ve Kültür Mirasının Korunmasına Etkisi / The Effect of "The Convention Concerning the Protecting of the World Cultural and Natural Heritages" and "The Convention Concerning the Protection of Non-material Cultural Heritage" on the Protection of World's Natural and Cultural Heritages, *Yüksel Gögebakan*

"Sonrasını Düşünerek Tasarlamak: Atıl Atık Sorunu Üzerine Bir Değerlendirme ve Tasarımcının Yapabilecekleri Üzerine Bir Derleme Çalışması / Considering the Later While Designing: An Evaluation of Disposal Problem and a Collected Work on What Designers Can Do", *İlgün Eroğlu, Kerem Özcan*

"Study of Macro-Algae for bio-fuels production", *Farzaneh Farahani, Ali Javadi*

"Use of Phosphate Rock as Fertilizer : a Solution Against Pollution of Soil and Groundwater", *Abbes Mizane, Achour Louhi*

"Kentlerde Ekolojik İlkeler Çerçevesinde Sürdürülebilir Planlama / Sustainable Planning in the Cities in Respect of Ecological Principals", *Saadet Aytas, Damla Altuncu, Işıl Polatkan*

"Yeşil Kentlere Doğru Endüstri İçin Yeni Modeller", *Nihâl Şenlier, Ayşe Nur Albayrak*

## Sunuş

Yeşil Çağ insanlığın çevreye olan farkındalığının geliştiği en önemli dönemdir. Bu değişim sürecinde, iklim değişimi, karbon salınımı, enerji verimliliğine yönelik kaygılar ekolojik planlama, mimarlık ve tasarım ölçeklerinde rol alan tüm paydaşların katılımını kaçınılmaz kılmaktadır. Az tüketen, az kirleten tasarımlardan yola çıkarak doğadaki ayak izlerimizin küçültülmesi ve ekolojik bilincin toplumun tüm kesimlerinde yaygınlaştırılması sempozyumun temel alanı olacaktır.

MSGSU Mimarlık Fakültesi bilimsel, akademik, teknolojik ve araştırmaya yönelik bu kapsamda yenilikçi bir görüş benimseyerek sorumluluk almayı ve geliştirmeyi kendine görev edinmiştir.

Bu sempozyum yapılabildiği çevreden doğal çevreye, toplumdaki bireye uzanan farklı ölçeklerde yeşil/ekolojik çözümlerle farkındalık yaratmayı amaçlamakta ve bu nedenle atılacak yeni adımı YEŞİL ÇAĞ olarak tanımlamaktadır. Üniversitemizde bu önemli konuda ileriye dönük araştırma merkezleri, lisansüstü programlar ve yaşam boyu eğitim kapsamında sertifika programları gibi çok önemli açılımları başlatmayı hedefliyoruz.

Prof.Dr. Güzin KONUK  
Dekan, MSGSU, Mimarlık Fakültesi

## Introduction

Green Age is the period that has so far witnessed the maximum development in environmental consciousness. Concerns over climate change, carbon emissions and energy efficiency have highlighted the involvement of all stakeholders that play an essential role in the ecological planning, architecture and design dimensions. The main focus of the symposium is to reduce the human footprint by designs that minimize pollution and consumption and to spread the ecological consciousness throughout the whole society.

In this regard, MSFAU Faculty of Architecture adopts an innovative mission in scientific, academic, technological, and research fields by taking the responsibility of further promotion and development of the topic.

The symposium aims to raise consciousness by highlighting green ecological solutions in various scales; from built environment to natural environment and from society to individual. Therefore the new step is recognized as GREEN AGE. In this concept, we intent to develop research centers, graduate studies and certificate programs in the context of Life Long Learning at the university.

Prof.Dr. Güzin KONUK  
*Dean, MSGSU, Faculty of Architecture*

## SECTION I

### Green Cities



## BİLDİRİLER / PROCEEDINGS

### 1. OTURUM: YEŞİL KENT / SESSION 1: GREEN CITIES

"A Proposal for the Analysis of a Design Process for Urban Sustainability", *Nerkis Kural*

"Greenhouse Effect and Climate Changes", *Reza Khoshnood, Zahra Khoshnood, Amin Mokhlesi*

"The Concept of Sustainability in European Urban Charter-The City of Malmo as a Sample", *Meltem Yılmaz*

"Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkileri / Global Climate Change and Effects to Water Resources of Turkey", *S. Evinç Torlak, Murat Demirel*

"The Effects of Energy Efficient Culture on a Sustainable City", *Ulviye Ayber*

"C40 Kentleri İklim Değişikliği Eylem Planları ve İstanbul için Öneriler / C40 Cities Climate Change Action Plans and Prospects for Istanbul", *Arzu Kocabaş, K. Burcu Aygün Doğan*

### 2. OTURUM: YEŞİL KENT / SESSION 2: GREEN CITIES

"The Assessment of Changes in Urban Landscape and Effects on Population, Case Study: Electroaparataj Industrial Area, Bucharest, Romania", *Delia Mirea, Maria Pătroescu, Gabriel Vânău, Laurian Gheorghe*

"Endüstriyel Ekoloji Perspektifinde Sanayi Bölgelerinin Değerlendirilmesi: Arslanbey/Kocaeli Örneği / Evaluation of Industrial Regions in the Context of Industrial Ecology: The Case of Arslanbey-Kocaeli", *Gülşen Akman, Z.Gamze Mert*

"Minimizing the Effects of Global Warming and Excessive UV Radiation on Marine Ecosystems", *Zahra Khoshnood, Reza Khoshnood, Amin Mokhlesi*

"Renewable Water Resources Low Energy Systems", *Rakmi Abd-Rahman, Arina Amin-Tai*

"An Ecodesign Approach to Landscape Design", *Pınar Karakaş*

### 3. OTURUM: YEŞİL MİMARİ / SESSION 3: GREEN ARCHITECTURE

"Yapısal Atıkların Azaltılmasında Ekolojik Tasarımın Önemi / The Importance of Ecological Design on Reducing Construction and Demolition Wastes", *Tülay Esin, Nilay Coşgun*

"Ekolojik Mimari Tasarım Kriterlerinin Konutların Enerji Performansı Değerlendirmesindeki Yeri / Design Criteria of Ecological Architecture in Evaluation of Residential Buildings' Energy Performance", *İlknur Erlalelitepe, Gülden Gökçen, Tuğçe Kazanasmaz*

"Betonun Geri Dönüşüm Maddesi Olarak Kullanımının Mimari Yapıların Sürdürülebilirlik Değerine Katkısı / The Contributions of Concrete Usage as Recycle Material to Sustainability Value of Architectural Structures", *Deniz A.Yazıcıoğlu*

"Rüzgar Enerjisi ve Yapı Formu İlişkisi: Bina Aerodinamiği / Relationship Between Wind Energy and Building Form: Building Aerodynamics", *Serpil Tosun, Gülser Ünlü Çelebi*

#### 4.OTURUM: YEŞİL MİMARİ / SESSION 4: GREEN ARCHITECTURE

"Bitkilendirilmiş Çatı Teknolojilerinin Ekolojik Mimarlık Yönünden Değerlendirilmesi / The Evaluation of Green Roof Technologies With Regard of Ecological Architecture", *Deniz A. Yazıcıoğlu*

"From Green Architecture to Architectural Green - Facade Versus Space", *Ofri Earon*

"Kırsal Yerleşim ve Konut Üzerine Bir İnceleme: Eskişehir Örneği / A Study of Rural Settlement and Housing: The Case of Eskişehir", *Ash Kul, Esra Arslan, H.Ali Korkut*

"Hızla Yok Olan Bir Kültürün Son İzleri: Eskişehir Sakana Örnekleri / Last Traces of a Rapidly Vanishing Culture: Eskişehir Sakana Samples", *Dilvin Hazal Akkaya, Efe Emre Usman*

#### 5.OTURUM: SERTİFİKASYON SİSTEMLERİ / SESSION 5: CERTIFICATION SYSTEMS

"Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri / The Methods of Building Energy Performance Assessment", *Cihan Turhan, Kenan Evren Ekmen, Gülden Gökçen, Tuğçe Kazanmaz*

"Energy and Water Efficiency System Applications in Design and a Comparative Study", *Emre Ergül, Burcu Ertem*

"Çevre Performans Sertifikalarının Fiziksel Çevre ve Malzeme Açısından Değerlendirilmesi / Evaluating Environment Performance Certificates in Terms of Physical Environment and Materials", *Hanifi Özgören, Ümit Arpacıoğlu*

#### 6.OTURUM: YERELLİK / SESSION 6: VERNACULAR ARCHITECTURE

"Kültürel Mirasa Konu Olan Alanların Sürdürülebilir Koruma Ve Geliştirme Olanaklarının Araştırılması: Denizli-Tavas Örneği / Investigation of Conservation and Sustainable Development Possibilities Which are about the Cultural Heritage Areas: Denizli-Tavas Case", *Sıdika Çetin, Ayşenur Yılmaz*

"Doğu Karadeniz Kırsal Dolma Tipi Evlerin Ekolojik Değerlendirmesi / Ecological Evaluation of Cell Filled Type of Houses in Eastern Black Sea Rural", *Hamiyet Özen, Servet Keleş*

"Eğirdir'in Yerel Konut Özelliklerinin Kültürel Miras ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi / Evaluating Eğirdir's Local House Properties in the Sense of Cultural Heritage and Sustainability", *Ülkü Çelebi, Ş. Gülin Beyhan*

"Seferihisar Örneğinde Sakin Şehir Hareketi / Understanding the Cittaslow Movement Through a Seferihisar Case Study", *Selin Mutdoğan*

"Tasınmazlarda Sınırlandırılan Mülkiyet ve İmar Haklarının Aktarımında Ekolojik Sistemlerin Çevre ve Yaşam Haklarının Değerlendirilmesi / Evaluation of Environment and Living Rights of Ecological Systems while Transferring of Limited Property and Development Rights in Immovables", *Aziz Cumhuri Kocalar*

#### 7.OTURUM: YERELLİK / SESSION 7: VERNACULAR ARCHITECTURE

"Kentsel Arkeolojik Alanlar-Yenilikçi Planlama Yaklaşımları: Yenikapı Arkeolojik Alan Yönetim Ve Yönlendirme Rehberi / Urban Archeological Areas-Innovative Approaches to Urban Planning: Yenikapı Archeological Site Management Guide", *Ayşe Yıkıcı, Dilek Erbey*

"Doğa-Mimari Mekan İlişkisini Bir Adadan Dinlemek; ya da Doğaya Müdahalenin Anlam ve Sınırları Üzerine / Listening to the Nature-Architectural Space Relationship from an Island; or about the Meaning and Restrictions of Intervention to the Nature", *Elvan Gökçe Erkmn, Gevher Gökçe Acar*

"Muğla Evlerinde Cephe Öğeleri ve Çevre ile Karşılaştırmalı Değerlendirmesi / Facade Elements of Muğla Houses and the Comparative Evaluation with Neighbourhood", *Eti Akyüz Levi, Gözde Değer*

"Artvin İli Yerleşmelerinin Yerel Kimlik Açısından Değerlendirilmesi / Evaluation of the Local Identity in the Rural Settlement of Artvin", *Zehra Eminağaoğlu, Hamiyet Özen*

"Ağva Yerleşmesi için Ekolojik Kent Önerisi / Ecologic City Proposal for Ağva Settlement", *İclal Kaya Altay, Mehtap Leyla Turanalp*

"Temiz Enerji Kavramının Toplumsal Kabulü: İstanbul Halkıyla Bir Anket / Social Acceptance of Clean Energy Concept: A Survey with Istanbul Resident", *Aslı Ögüt Erbil*

#### 8.OTURUM: YEŞİL TASARIM / SESSION 8: GREEN DESIGN

"Katılımcı Yaratıcı Modellerde Ekolojik Tasarım Yaklaşımı / Ecological Approach in Collaborative Innovation Models", *Serkan Güneş*

"Tekstil Tasarımı Açısından Azalt-Dönüştür-Yeniden Kullan Stratejisi / Reduce-Reuse-Recycle Strategy from the Aspect of Textile Design", *Nesrin Türkmn*

"An Innovation Approach for Sustainable Product and Product-Service System Development", *Kara Davis, Pınar Öncel, Qingqing Yang*

"Sorumluluk Sahibi Tasarım Bağlamında Nesne-Odaklılık Sorunu ve Alternatif Bir Yaklaşım Olarak Deneyim Tasarımı / The Problem of Object-Orientedness in the Context of Responsible Design and Experience Design as an Alternative Approach", *Eray Çaylı*

#### 9.OTURUM: YEŞİL TASARIM / SESSION 9: GREEN DESIGN

"Green Approach to Hydrocellulose Fiber Production", *Aliaksandr Hanchar, Maryna Ivanets, Dzmityr Grinshpan*

"Ekolojik Tasarım Kavramının Ürün Tasarım Süreci Bağlamında "Helios" Örneği Üzerinden İrdelenmesi / The Concept on Ecological Design in the Context of Product Design Process: The Case of Helios", *Armağan Seçil Melikoğlu*

"Türk Sanayisinde Yeni Ürün Tasarım Sorunu, Gelişimi ve Bir Küresel Ürün Tasarım Sürecinin Değerlendirilmesi / New Product Design Problem, Its Development and Evaluation of a Global Product Design Process in Turkish Industry", *Hacer Kocaman*

"Ayakkabı Tasarımında Moda Sisteminin Ötesine Geçmek / Going Beyond the Fashion System in Shoe Design", *Esra Bici Nasır*



## Ekolojik Mimari Tasarım Kriterlerinin Konutların Enerji Performansı Değerlendirmesindeki Yeri Design Criteria of Ecological Architecture in Evaluation of Residential Buildings' Energy Performance

İlknur Erlalelitepe, Gülden Gökçen, Tuğçe Kazanasamaz

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, [ilknurerlalelitepe@iyte.edu.tr](mailto:ilknurerlalelitepe@iyte.edu.tr)  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, [guldengokcen@iyte.edu.tr](mailto:guldengokcen@iyte.edu.tr)  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, [tugcekazanasamaz@iyte.edu.tr](mailto:tugcekazanasamaz@iyte.edu.tr)

### Özet

Sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan enerjinin tüketimindeki en önemli faktörler artan nüfus ve teknolojik gelişmelerdir. Avrupa'da enerji tüketiminin %40'ı, Türkiye'de ise %31'i konutları da kapsayan binalarda gerçekleşmektedir. Günümüzde teknolojik gelişmeleri takiben inşaat ve endüstri sektörlerindeki gelişmeler ile konutlardaki konfor koşulları, dolayısıyla da enerji tüketimi artmaktadır. Dünya'da ve Türkiye'de binalarda enerji tüketiminin azaltılması için çeşitli yasal düzenlemeler getirilmekte ve sertifikalandırma sistemleri ile ekolojik mimari tasarım bilinci yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde binaların % 60'ını oluşturan konutlar, enerji tasarruf potansiyeli en yüksek ve bahsedilen sertifikalandırma sistemlerinin kullanılacağı en önemli bina grubudur.

Bu bildiriye, ekolojik mimari tasarım kriterlerinin (binanın çevresi, yönelmesi, formu, strüktürü, mekan organizasyonu, yapı kabuğunun özellikleri, pencere açıklıkları vb.) konutların enerji performansına olan etkileri incelenecektir. Ülkemizdeki yasa ve yönetmelikler ile son yıllarda uygulanmaya başlanan sertifikalandırma sistemleri, ekolojik mimari tasarım kriterleri açısından incelenerek bu kriterlerin konutların enerji performansına etkileri değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekolojik mimari, enerji performansı, konut

### Abstract

Increase in population and technological developments are the utmost factors for the consumption of energy which is necessary for the sustainable future. In Europe 40%, in Turkey 31% of this consumption occurs in buildings including residences. Nowadays, due to developments in construction, technology and industry sectors, and need for residential comfort conditions, energy consumption rises. Throughout the world and Turkey, several legislations have been brought out. By utilizing some certificate systems, ecological architectural design awareness has been spread to reduce energy consumption in buildings. In our country, as the number of residential buildings is 60% of the total number of buildings, they constitute the highest energy saving potential. Thus, they are the most important building type to use these certificate systems.

In this presentation, ecological design criteria (building site, environment, orientation, form, structure, plan scheme, covering materials, fenestration, etc.) effects on building energy performance will be examined. Code and regulations in our country and recently used certifications systems will be examined according to ecological design criteria. Effects of these criteria on energy performance of residences will be evaluated.

**Keywords:** Ecological Architecture, Energy Performance, Residential buildings

## 1.GİRİŞ

Günümüzde, nüfus artışı, kaliteli yaşam ve barınma ihtiyacı bina yapım hızının dolayısıyla fosil yakıt kullanımının ve CO<sub>2</sub> ve diğer gaz emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Günümüz kentlerinde ise bu yapılaşma hiçbir yerel veri gözetmeksizin aynı yapı malzemesi, bina formları ve sokak genişlikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Aykal, 2009). Sıcak ve soğuk iklim bölgelerinde istenen konfor koşulları sağlanamamakta ve beraberinde binaların toplam enerji tükemindeki payı %40 olmaktadır. Bu da göstermektedir ki binaların tasarım aşamasında verilen kararlar kullanıcıların sağlığından çevresel sorunlara kadar birçok etkiye sebep olmaktadır. Böylece özellikle yapıların mimari ölçütlerinin (kullanılan malzeme, biçim, tasarım ve çevresel elemanlar) doğru uygulanması önem kazanmıştır.

Bina türleri arasında konut, barınma, korunma, dinlenme ve sosyal statü göstergesi olarak ayrı bir yere sahiptir (Aktüre, 1994). Ülkemizde binaların %60'ını oluşturan konutlar (Kılıç, 2009), sürdürülebilir gelişmenin dört ana koşulu insan, çevre, enerji ve ekonomi gözönüne alındığında işlevsellik, güvenlik ve verimlilik açısından teknik donanımlara sahip olmalıdır. Fakat Dünya' da ve Türkiye' de farklı iklim tiplerinde aynı tipolojide gördüğümüz konut yapımı göstermektedir ki konutun insan hayatı ve sürdürülebilir çevre için önemi yeteri kadar algılanamamıştır (Soysal, 2008). Bu da konutlar için ekolojik mimari kavramını kaçınılmaz hale getirmektedir (Aktüre, 1994; Coşkun ve diğ., 2008). Ekolojik mimarlık kavramının felsefesi enerji ve kıt kaynaklarda tutumlu olmak, insan ve doğaya saygılı yaklaşmak, dayanıklı ve doğaya saygılı malzeme seçimidir (Soysal, 2008). İnsan yaşamında önemli bir yere sahip olan konutlar bu özelliklerinin yanında işlevsellik bakımından kullanışlı, enerji bakımından verimli, psikolojik ve fizyolojik açıdan sağlıklı mekanların organize edildiği binalar olarak tasarlanmalıdır. Bu amaçla Dünya' da ve Türkiye' de binalarda enerji tüketiminin azaltılması için çeşitli yasal düzenlemeler getirilmekte ve sertifikalandırma sistemleri ile ekolojik mimari tasarım bilinci yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde mevcut bina stoğunun önemli bir kısmını oluşturan konutlar, enerji tasarruf potansiyeli en yüksek ve bahsedilen sertifikalandırma sistemlerinin kullanılacağı en önemli bina grubudur.

Bu çalışmada, ekolojik mimari tasarım kriterleri olarak binanın konumu, biçimi, yapı kabuğunun özellikleri ve malzeme, pencereler ve gölgelendirme elemanlarının belirlenmesi, mekan organizasyonu ve bu kriterlerin konutların enerji performansına olan etkileri incelenecektir. Son yıllarda çeşitli ülkelerde ortaya çıkan ve Dünya genelinde kullanılan sertifika sistemleri ile ülkemizde uygulanmaya başlanan yasa ve yönetmeliklerde ekolojik mimari tasarım kriterleri ve bu kriterlerin konutların enerji performansına etkileri değerlendirilecektir.

## 2.EKOLOJİK MİMARİ TASARIM KRİTERLERİ

Dünya' da 18. yüzyıldan sonra giderek artan sanayileşme ve teknolojik gelişmenin, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri 20. yüzyıldan itibaren görülmeye başlanmıştır. Geleneksel bina yapımındaki iklimsel verilere uygun, yapım teknolojisi ve taşıma koşulları açısından çevreyle uyumlu malzeme kullanımı ile bina yapım süreci tekrar gözden geçirilmiştir. Artan konfor koşulları ve sağlıklı bir çevre isteği ekolojik mimari kavramını ortaya çıkarmıştır. Bina yapımı süresince dikkate alınan ekolojik mimari tasarım kriterleri, doğaya, insana ve ekonomiye yararlı etkide bulunmayı hedefler. Ekolojik mimari enerjinin daha az ve verimli kullanımı ile insan için gerekli konfor koşulları (görsel, ısı konfor) sağlanarak daha sağlıklı mekanlar tasarlanmasını ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ile çevreye olan zararlı etkinin en aza indirilmesini kapsayan bir olgudur. (Esin ve Yüksek, 2009). "Tasarlanacak yapının yeri, topografyası, yönlenmesi, güneş verileri, hakim rüzgar yönü ve şiddeti gibi doğal çevre etmenlerinin yanı sıra iç ortam tasarım elemanları binaların enerji etkinliğini belirler" (Soysal, 2008).

## 2.1. Binanın konumu

Yapının bulunduğu konum binanın enerji performansını etkileyecek çeşitli faktörler içermektedir. Arazinin güneş ışınım miktarı, hava akışı, sıcaklık ve nem miktarı gibi iklimsel veriler yapı içindeki konfor koşullarının belirleyicisidir (Yılmaz, 2005). • Bulunulan yerin güneş ışınım miktarı binanın ısıtılması ve doğal aydınlatma bakımından önemlidir. Sıcak bölgelerde ise güneş kontrolü ile soğutma yükleri azaltılabilir. Rüzgar ise soğuk iklim bölgelerinde binanın ısı kayıplarını arttırmakta iken, sıcak iklim bölgelerinde buharlaşma ile serinletici etkiye sahiptir. Bağıl nem miktarı hissedilen sıcaklığı önemli ölçüde etkiler, bu nedenle önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişmesine rağmen ısı konfor için istenilen bağıl nem aralığı %40-60 arasındadır (Soysal, 2008). Bu bilgilerin yanında doğal bitki örtüsü hem bahsedilen iklimsel verilerin ve çevre ve ses kirliliğinin kontrolünde hem de kullanıcıların psikolojik olarak rahatlamaları için gereklidir. İklimsel ve doğal bitki örtüsü verilerinin bilinmesi ve yapı tasarımında uygun bir şekilde bu bilgilerden faydalanılması dışında; yörede bulunan doğal yapı malzemelerinin kullanılması ve bu malzemelerle yapı inşa edebilecek iş gücünün varlığı harcanacak enerji miktarını azaltacak faktörlerdir (Soysal, 2008; Esin ve Yüksek, 2009; Borden ve diğ., 1991). Binanın konumlanacağı toprağın çeşidi de ısı performans açısından önemlidir. Kuru toprak çabuk ısınır ve soğuyabilen bir yapıya sahip olmasından dolayı havalandırma için ön ısıtma veya soğutma gerçekleştirebilir. Islak toprak ise yavaş ısınır, buharlaşma nedeniyle ısı kayıplarının fazla olduğu toprak çeşididir. Bu nedenle bu toprak çeşidi üzerinde kurulu binaların zemininde yalıtım şarttır. Toprak, duvarlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir gibi aynı zamanda toprak kaynaklı ısı pompası ile depoladığı ısı enerjisinden yararlanılabilir. (Borden ve diğ., 1991).

## 2.2. Binanın biçimi

Binanın biçimi bina ısı kayıp ve kazançlarını etkileyen önemli bir parametredir. Binanın plan alanı, uzunluğu, hacmi, çatı ve cephe eğimi, açıklıkları ve çıkmalarının tümünün meydana getirdiği geometrik şekil yapının biçimidir. Bina yüzeyinin bina hacmine oranı (A/V) enerji verimliliği açısından ısı kayıplarının en aza indirilebilmesi için göz önüne alınmalıdır. Isı kayıplarının en az olduğu biçim küre, daha sonra sırasıyla silindir, küp ve dikdörtgen prizmasıdır (Soysal, 2008). Bina formu ve ısı yükleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada kare formu bir konut ile dikdörtgen formu bir konut karşılaştırılmış, yıllık ısıtma yükünün %8,2-%26,7 arasında değişerek arttığı görülmüştür (Florides ve diğ., 2002). Soğuk iklim bölgeleri için fazla hareketli kontura sahip cepheler gereksiz ısı kaybına neden olurken daha kompakt biçimler bu bölge için daha avantajlıdır. Tüm iklim bölgelerinde doğu-batı yönünde yerleştirilen binalar kuzey cephelerde ısı kaybını en aza indirdiği gibi geniş güney cephesinde kontrollü güneş kazancı sağlar (Borden ve diğ., 1991). Plan şeması ve cephe kadar binanın boyunun artması da ısı kaybını etkileyen bir parametredir. "İdeale en yakın çözümde yükseklik ve derinlik oranı 1/4 'tür" (Soysal, 2008).

## 2.3. Binanın büyüklüğü ve kullanım şekli

Bu iki parametre binalar, insan ihtiyaçları ve harcanacak enerji arasındaki ilişkiyi temsil etmektedir. İnsanların ihtiyaçları doğrultusunda binanın büyüklüğü ve tipolojisi tasarlanmalı buna göre de kullanılacak aydınlatma, ısıtma sistemleri ve bina yapım maliyetleri hesaplanmalıdır. Yapının küçük olması, enerji ve maliyeti azaltırken uygun olmayan malzeme seçimi ve uygun bir şekilde hesaplanmamış yüzey alanı/hacim oranı, daha büyük bir binanın harcayacağı enerjiden daha fazla enerji tüketmesine neden olur (Smeds ve Wall, 2007).. Kapalı gruplar halinde tasarlanan binalar ısı kaybını azaltırken iç mekan konforu için gerekli gün ışığı miktarı (görsel konfor için) ve doğal havalandırma (iklimlendirme için) etkisini azaltmaktadır. Bu sebeple farklı ihtiyaç tiplerine göre tasarlanacak binalar iç mekan konforunun sağlanıp sağlanmadığı, kullanılacak sistemler ve harcanacak enerji miktarı düşünülerek inşa edilmelidir (Borden ve diğ., 1991).

## 2.4. Binanın yönlenmesi

Yönlenme yerel, topografik koşullara uyum, mahremiyet, gürültüden kaçma, manzaraya açılma gibi çeşitli ihtiyaçlar dışında binanın güneş ve rüzgar yönüne bağlı olarak güneş kazancı, doğal aydınlatma ve doğal havalandırması için de önemlidir. Böylece doğal yollarla istenilen iç makro iklim koşulları sağlanarak ek enerji kullanımı azaltılabilir. Güneşten maksimum yarar sağlanabilmesi için binanın ana cephesinin güneye yönlendirilerek ve diğer cephelere oranla daha büyük pencereler kullanılarak ışık ve ısı kazancı sağlanır (Smeds ve Wall, 2007) Güneş kırıcılarla ışık kontrollü bir şekilde içeri alınır. Özellikle soğuk iklim bölgeleri için kuzey cephede ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik iyi yalıtılmış duvar ve küçük, çok katmanlı camlar kullanılmalıdır. Batı ve doğu cephelerde ise güneş kontrolünün zor olması sebebiyle ana cephenin bu yönde yer almaması, açıklıklarda ise güneş kırıcıların kullanılması gereklidir. Hakim rüzgar yönü dikkate alınarak binanın rüzgardan korunması sağlanıp kışın soğuk rüzgarın ısı kaybını arttırması önenebilir. Yazın ise rüzgarın serinletici etkisinin binanın içine alınması ve doğal havalandırma ile ek enerji sistemlerine ihtiyaç azalır (Soysal, 2008; Esin ve Yüksek, 2009; Borden ve diğ., 1991).

## 2.5. Bina aralıkları ve yükseklikleri

Gerek imar planlarında gerek grup bina yapımında bina aralıkları ve yüksekliklerinin karar verilmesinde güneş ışınımı ve rüzgar göz önünde bulundurulmalıdır. Rüzgarın etki edeceği ısı kaybı miktarı düşünülerek hakim rüzgar yönüne göre bina aralıklarına karar verilmelidir. Soğuk iklim bölgelerinde güneş ışığı ve ısısından maksimum yarar sağlayabilmek için binalar arası mesafe, komşu binaların en uzun gölge boyuyla orantılı olarak eşit ya da büyük olmalıdır (Soysal, 2008). Sıcak iklim bölgesinde yer alan Körfez bölgelerine yönelik yapılan bir simülasyon çalışmasında da komşu binaların güneş ışınım miktarı azalmasıyla beraberinde soğutma yükleri için harcanan miktarında azaldığı görülmüştür (Numan ve diğ., 1999). Arazi eğimi, yönü ve yerleşme yoğunluğu dikkate alınması gereken diğer etkenlerdir

## 2.6. Binaların konumlandırılışları

İmar planları hazırlanırken, yüksek binaların alçak binaların güneşini kesmemesi aynı zamanda binaların güneş enerjisinden faydalanmaları dikkate alınmalıdır. Rüzgara açık alanlarda ısı kaybını en aza indirmek için bitişik nizam uygulaması iyi bir öneridir. Sıcak bölgelerde soğutma yükünü hafifletmek için ise bloklar şaşırtmalı yerleştirilerek rüzgardan maksimum yarar sağlanırken şiddetli rüzgardan da kaçınılabilir. Farklı biçimde biraraya gelmiş toplu konut örneklerinde ısı kayıp oranları değişmektedir (Soysal, 2008).

## 2.7. Yapı kabuğunun özellikleri ve malzeme seçimi

Enerji etkin malzeme, hammaddesi doğadan elde edilen, dayanıklı ve aynı zamanda enerjinin verimli halde kullanımına yardımcı olan malzeme anlamına gelmektedir. Hammaddenin binanın bulunduğu çevreden elde edilmesi taşıma için harcanacak enerjiden tasarruf sağlarken, ürettiği atık miktarı ile çevre sorunlarına neden olmamalıdır. Hammaddenin yerel olmasının yanında hızla yenilenebilir olması, teknolojisinin ve inşa edilebilirliğinin uygun olup olmadığına bakılmalıdır (Borden ve diğ., 1991). Ahşap, bambu, ayçiçeği sapı gibi yenilenebilir malzemeler daha az enerji ve işçilikle işlenebilirler ve yerel olarak temin edilebilirler. Dayanıklı, kolay sökülebilen ve tekrar kullanıma olanak veren malzemeler daha az bakım gerektirmekte, işçilikten ve malzemedeki tasarruf sağlamakta, doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır.

Yapı kabuğu iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli; duvar, döşeme, pencere, kapı gibi elemanlardan oluşan yapı ögesidir (Esin ve Yüksek, 2009). Yukarıda bahsedilen enerji etkin malzeme seçimi faktörlerinin, iç mekan kalitesini arttırıcı ve ısıtma, soğutma, aydınlatma sistemlerinde kullanılacak enerjiyi en aza indirmesi gerekmektedir. Yapı malzemelerinin ısı iletim özellikleri, hava sızdırmazlık düzeyi, saydamlık oranı, binanın korunma durumu, pencerelerin



konumu, doğrama malzemesi, camların renkleri ile yansıtma katsayıları parametreleri dikkate alınarak istenen aydınlatma ve ısı performans sağlamalıdır (Smeds ve Wall, 2007; Soysal, 2008; Borden ve diğ., 1991).

## 2.8.Pencereler ve gölgelendirme elemanlarının belirlenmesi

Bina kabuğunda bulunan camlı yüzeylerin büyüklüğü, yönü, geçirgenliği, çerçevesinin geçirgenliği binanın ısı ve ışık bakımından enerji verimini artırıcı ya da tam tersi rol oynarlar. Sıcak iklimlerde, pencereleri boyutlandırırken, pasif soğutma ilkelerinden sonra pasif ısıtma ilkelerine dikkat edilmelidir. Isıl kütlelerinin ve yalıtımın iyi tasarlanması ve doğru bir yönelme ile ısınma problemi çözülebilmektedir (Al-Sallal, 1998). Persson ve diğ.(2006)'un çalışmasında ise pencere boyutlarının, kışın ısıtma enerjisi ihtiyacında önemli bir etkisi olmadığı ancak, yazın soğutma ihtiyacıyla çok bağlantılı olduğu görülmüştür. İç mekanda oluşabilecek aşırı sıcaklık riskini engellemek ve soğutma için harcanan enerjiyi azaltmak için güney cephelerdeki pencerelerin boyutları optimum seviyede olmalıdır. Cam yüzeyin alanı ve yönü kadar camın çeşidi de önemlidir. Güneş kontrolü ve ısı korunumu amacıyla yaygın olarak kullanılan camlar; ısı soğuran (renkli) camlar (heat absorbing-tinted glass), yansıtıcı (reflektif) camlar, düşük emissiviteli (low-e) camlar, seçici geçirgen (spectrally selective camlar, polyester film kaplamaları, ısı aynası (heat mirror) cam, camlar arası boşlukta asal gaz kullanımı, akıllı camlar (smart, switchable glazing) dir (Smeds ve Wall, 2007; Soysal, 2008).

İç mekanda istenen aydınlatma ve sıcaklık, cam ile birlikte kullanılacak gölgeleme elemanları ile sağlanır. Gelen güneş ışığının arzu edilen oranda yansıtılması için mevsimlik güneş yörünge ve açıları önemlidir. Esnek ve hareketli elemanların güneş kontrol performansı daha fazladır. "Güneş kontrol elemanları olarak, değişik performanstaki güneş kırıcılar, kepenkler, storlar, yalıtımlı kepenkler, tenteler, jaluziler ve perdelerin yanı sıra derin balkonlar, yatay saçaklar, dikey güneş kırıcıları – kanat duvarları, yatay ve dikey elemanların birleşimi olan kompozit elemanlar kullanılmaktadır" (Soysal, 2008).

## 2.9.Mekan organizasyonu

Enerji verimliliği göz önüne alınarak tasarlanmış bir planda odaların birbirine uzaklığı, ısıtılan ve ısıtılmayan hacimlerin yerleri doğru olarak düzenlenmeli, (Borden ve diğ., 1991) ortak özellik ve konfor koşullarını gösteren hacimler bir arada toplanmalı, (Esin ve Yüksek, 2009) mekanların kullanım şekillerine göre büyüklükleri farklı tasarlanmalı ve oranlanmalıdır (Wan ve Yik, 2003). Örnek olarak ısıtılmayan hacimlerin, servis ve dolaşım alanlarının bir arada kuzeye yerleştirilmesi güneyde yer alan ısıtılan mekanlara tampon bölge oluşturur. Kuzeyde ısı kaybı en aza indirilerek güneyde yer alan mekanların korunması sağlanır. Merdiven ve koridorlar ise kapılarla kontrollü kullanılabilir ve ısı kaybı azaltılabilir. Sıcak iklim bölgelerinde ise çapraz havalandırma ile soğutma için gerekli enerjiden kazanç sağlanabilir. Karşılıklı pencerelerde rüzgar 90°'lik düşük bir açı ile pencerelere geliyorsa daha iyi havalandırma sağlanır. Bitişik konumda yer alan duvarlardaki açıklıklarda ise rüzgar tam 90° iken daha fazla hava sirkülasyonu olmaktadır. Mekanların organizasyonunda yönelme dikkate alındığında, ısıtılan mekanlar güneye yerleştirilerek, günün erken saatlerinde kullanılan odalar ise doğuya yerleştirilerek daha fazla kazanç sağlanabilir (Borden ve diğ., 1991).

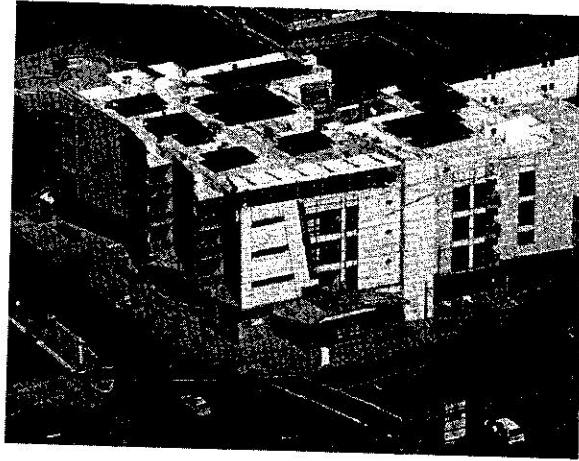
## 3.EKOLOJİK KONUT ÖRNEKLERİ

Yukarıda bahsedilen ekolojik mimari tasarım kriterleri kullanıcıların yeterli konfor koşullarını minimum enerji tüketimi ile sağlayarak sağlık sorunlarını önlemek ve çevreye verilen zararı en aza indirmek için ortaya çıkmıştır. Günümüzde ise çevre, ekonomi, sağlık ve üretkenlik faktörlerini binanın ömrü boyunca geleneksel yapılara oranla daha fazla öne çıkarmak üzere inşa edilen ve sertifika almış yapılar yeşil bina olarak adlandırılmaktadır (Kalataş, 2009). Gün içerisinde en fazla kullanıma sahip olan konutların tasarım ve yapımında ekoloji kavramı gün geçtikçe önem kazanmakta ve gerek dünyada gerekse ülkemizde ekolojik konut sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu bölümde

ekolojik mimari tasarım kriterleri olarak binanın konumu, biçimi, yapı kabuğunun özellikleri ve malzeme, pencereler ve gölgelendirme elemanlarının belirlenmesi, mekan organizasyonun göz önüne alındığı iki konut örneği sunulmaktadır.

### 3.1. Dünya'dan ekolojik konut örneği

Dünya üzerinde yapılmış ekolojik konutlardan bir tanesi olan Gish apartmanı Leed sertifikalı Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde bir çok ailenin bir yerde yaşayabileceği örnek apartman modeli teşkil etmesi için inşa edilmiştir. Aynı zamanda AIA (The American Institute of Architects) komitesi tarafından en iyi on yeşil bina arasında değerlendirilmektedir. 35 daireli 4 katlı olan bu yapı tren istasyonuna çok yakın şekilde konumlandırılarak kullanıcıları toplu taşıma araçlarına yönlendirmektedir ve ayrıca bisiklet park yeri bulunmaktadır. Binanın peyzajında az sulama isteyen bitkiler yerleştirilmiş ve günlük hava durumuna göre sulama yapabilen su sistem ile diğer binalara göre %62 daha az su kullanmaktadır. Kullanılan sıhhi tesisat sistemi ile de bina içerisinde %36 daha az su tüketilmektedir. Binada kullanılan malzemelerin %20'sinden fazlası binaya yakın yerlerde üretilmiştir ve geri dönüşümlü malzemeler kullanılmıştır. Binanın kabuğunu oluşturan cam ve yalıtım malzemeleri ısıtma ve soğutma sistemi için kullanılan enerjiyi %12,5-16,1 arasında düşürmektedir. Kullanılan enerji performansı yüksek olan cam türü ile güneş ışığından yeterince fayda sağlayabilmesi yanında binanın konumu dolayısıyla oluşan ses problemini de engelleyebilmektedir. Koridor sonlarına yerleştirilen pencere sistemleri ile güneşin konutun en kuytu köşelerine kadar ulaşabilmesi sağlanmıştır. Bina üzerine konumlandırılan fotovoltaik sistem ile yıllık 42,534 kWh enerji elde edilmektedir (American Institute of Architects, 2009).



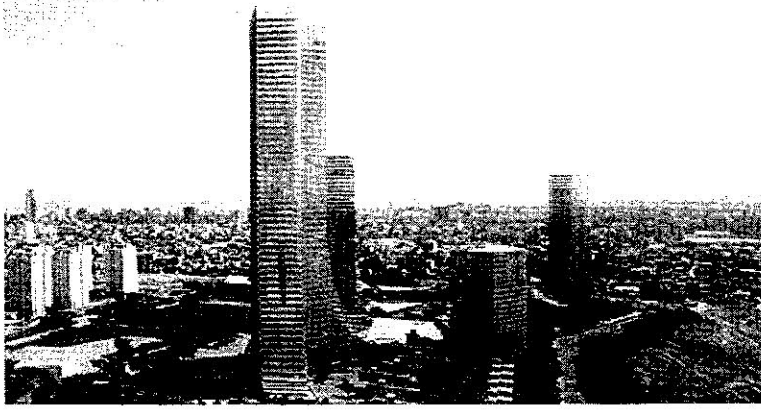
Şekil 1. Gish apartmanı, Kaliforniya, ABD (American Institute of Architects, 2009).

### 3.2. Türkiye'den ekolojik konut örneği

Ülkemizde özellikle yüksek yoğunluklu nüfusa sahip şehirlerde finans, ticaret ve konut binalarının aynı bölgede yapılaşması yataydan daha çok dikey binaların çözümüne olanak sağlamaktadır. Bölgeden bölgeye farklılık göstermeyen aynı tipolojideki bu konutlar istenilen konfor düzeyini de sağlayamamaktadır. TOKİ'nin de öncü olduğu ekolojik bina örneklerinden biri Varyap Meridian projesidir ve sürdürülebilirlik ilkesi dikkate alınarak inşa edilen, LEED sertifika sisteminin kullanıldığı ilk karma yapı projesidir (Konut Habercisi, 2009).

Konut, ofis ve ticari yapılar arazinin %10'luk bir bölümüne yerleşerek bölgenin iklimine uygun en az sulamaya ihtiyaç duyan ağaçların kullanıldığı yeşil alanların tasarımına imkan sağlamıştır. Birbirinin manzarasını ve güneşini kesmeyen en az yapı strüktürü kullanılacak yapı blokları tasarlanmıştır. Aynı zamanda arazinin topografik yapısı, rüzgar yönü ve güneş ışınımı dikkate alınarak boyut, konum ve cephe tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kışın daha az enerji kullanarak ısınırken yazın ise daha hızlı

soğuma gerçekleştirilmektedir. Cephelerde ise fazla güneş ışınımına maruz kalmamak için pastel tonlar tercih edilmiştir. Binaların arasına yerleştirilen su öğeleri serin hava akımıyla yapıların soğumasına yardımcı olması düşünülmüştür. Rüzgar türbini ve güneş panelleri gibi teknolojilerle ortak alanların enerji ihtiyacının büyük bir kısmı karşılanacak, yağmur suyu biriktirilerek yeşil alanların sulamasında kullanılacaktır. Isıtma, soğutma, havalandırma, elektrik ve güvenlik sistemleri akıllı bina altyapı uygulamalarına göre tasarlanmıştır (Varyap, 2010). Projenin hedeflerinde atık maliyetlerinin %50 ile % 90 arasında azaltılması, % 30'a varan su tasarrufu sağlanması ve CO<sub>2</sub> emisyonunun % 35 azaltılması bulunmaktadır. Rezervuarlarda kullanılacak elemanlar ile %50 tasarruf sağlanacaktır (yapi.com.tr, 2009).



Şekil 2. Varyap Meridian, İstanbul (Varyap, 2010)

## 4.SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMLERİ VE YÖNETMELİKLERDE KONUTLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.1.Sertifika sistemleri

Çevre kirliliği, susuzluk, doğal kaynakların hızla tükenmesi ile inşaat sektöründe ekolojik bina kavramı ortaya çıkmıştır. Ekolojik mimari tasarım kriterleri göz önüne alınarak inşa edilmiş bir binanın enerji performansını ve çevreye etkilerinin en somut ve objektif şekilde kanıtlanması için ilk olarak 90'lı yıllarda İngiltere'de BREAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sertifika sistemi ortaya çıkmıştır. Daha sonra çeşitli ülkelerin iklim ve kaynaklarına göre çeşitli sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Kolay uygulanabilir ve sonuçlarının kolay anlaşılabilir olması sertifika sistemlerinin dünya geneline hızla yayılmasını sağlamaktadır. Binanın sahip olduğu sertifika sistemi kullanıcı için yeterli konfor koşullarının sağlandığı, enerjiden tasarruf edildiğinin kanıtı olması ile beraber binanın da ekonomik olarak daha değerli hale gelmesinde yatırımcı için rolü önemlidir. Dünya Yeşil Bina Konseyi'nin kabul ettiği, üç farklı kıtada üretilen ve en yaygın biçimde kullanılan sistemler ise BREEAM (İngiltere), LEED (Amerika) ve CASBEE (Japonya)'dır (Sev ve Canbay, 2009). Bu bölümde, BREEAM, LEED, CASBEE sertifika sistemlerinde ekolojik mimari tasarım kriterleri ve konutların yeri incelenecektir.

#### 4.1.1.LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikalandırma sistemi 2000 yılında Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından oluşturulmuş bir programdır. ABD'de uygulanmaya başlanan bu sertifika sisteminin kullanımı daha sonra Avrupa'da Çin'de yaygınlaşmıştır. Türkiye'de de ilgi görmektedir (Kalataş, 2009). Leed Yeşil binayı sürdürülebilir alan planlaması, suyun verimli kullanılması, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, malzeme ve kaynakların kullanılması, iç ortam kalitesi şeklinde beş ana ölçüt altında değerlendirmektedir. Ayrıca binaları kullanım çeşidine

göre kategorilere ayırmaktadır. Konut binaları LEED-Homes kategorisi altında; tasarım süreci ve yaratıcılık, lokasyon, sürdürülebilir alanlar, suyun verimli kullanılması, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç mekan hava kalitesi, eğitim ve farkındalık olarak sekiz ana kritere göre değerlendirilmektedir (US Green Building Council, 2008).

#### 4.1.2.BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sertifika sistemi, İngiltere Çevre Konseyi tarafından binaların çevresel performansları için doğru kriterleri belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. İngiltere’de ortaya çıkmasına rağmen BREEAM International, BREEAM Europe, BREEAM Gulf gibi farklı versiyonlarının üretilmesi ile tüm dünyada kullanımı hızla yayılmaktadır (Sev and Canbay, 2009). BREEAM yeni yapılar üzerine yoğunlaşmış ve ofisler, okullar, alışveriş merkezleri, hastaneler, endüstri yapıları, adalet sarayları, hapisaneler, yurtlar, bakımevleri ve konutları değerlendirmektedir. Sistem konut sektörü için Eko konutlar (Eco homes) değerlendirme yöntemini oluşturmuştur. Bu yöntem içerisinde çekirdek aile için konutlar ve apartmanlar ayrı ayrı değerlendirilmektedir. 2007’de İngiltere’de Eco konutlar’ın yerini Sürdürülebilir Konut Kanunu almıştır. Bu kanun genel olarak sağlık ve refah, enerji, ulaşım, su, atık, arazi kullanımı ve ekoloji, kirlilik, malzeme, ulaşım ve binanın yönetimine bakmaktadır (BREEAM, 2009).

#### 4.1.3.CASBEE

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) ise Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu ve Yeşil Bina Konseyi tarafından 2001 yılında Japonya ve Asya’da yer alan diğer ülkeler için hazırlanmış bir sistemdir. Binaları yapım aşamalarına göre kategorize eden bu yöntem dört ana araç olan tasarım, yeni yapılar, mevcut yapılar, yenileme altında toplanmaktadır. Tasarım öncesi, tasarım ve tasarım sonrası şeklinde mimari süreçle ilişkili bir şekilde geliştirilmiştir. İç mekan ve çevresi servis kalitesi, arsada dış mekan kalitesi, enerji, kaynak ve malzemeler, arsa dışında çevre kriterlerine göre değerlendirilmektedir. Fonksiyon olarak sadece müstakil konutlar ve geçici yapılar için iki ayrı sürümü bulunmaktadır (Tönük ve Köksal, 2010).

#### 4.2.Ülkemizde Yayınlanan Yönetmelikler

Türkiye’de yasalarda bina-enerji ilişkisi ilk olarak 2000 yılında çıkarılan “Isı Yalıtım Yönetmeliği”nde geçmektedir. Daha sonra Avrupa Birliğine uyum çalışmaları çerçevesinde Enerji Verimliliği Kanunu (2007) ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) çıkarılarak binalarda enerji tasarrufu sağlanması ve mimari projelerin de bu açıdan değerlendirilmeleri çalışmaları başlamıştır (Bayındırlık 2000, 2007, 2008). Bu yönetmelik mevcut ve yeni yapılacak konut, ticarî ve hizmet amaçlı kullanılan binalarda uygulanmak üzere; mimarî tasarım yoluyla ısıtma, soğutma, aydınlatma, mekanik havalandırmaya harcanacak enerjinin minimum düzeyde olmasını istemektedir. Bu durumda mimarın tasarım aşamasında verdiği ekolojik kararlar çok önemlidir (Moltay, 2010)Yönetmelikte mimari tasarım aşaması ile ilgili dikkat edilecek hususlar şu şekilde sıralanmıştır;

“a) Binaların ve/veya iç mekanların yönlendirilmesinde, o iklim bölgesindeki güneş, rüzgar, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınarak oluşturulan mimari çözümler aracılığı ile istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları engellenmelidir.

b) Yaşam alanları düzenlenirken uzun süre kullanılan alanlar güneş ısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan optimum derecede faydalanacak şekilde yerleştirilmelidir.

c) Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban/döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmelidir.

d) Binanın yapılacağı yerin yenilenebilir enerji kaynak kullanım imkanlarının araştırılması ile oluşturulacak raporlar doğrultusunda alternatif mimari çözümler değerlendirilmelidir.” (Bayındırlık, 2008).



Yönetmeliğe göre Türkiye 4 ilkim bölgesine ayrılmış ve bu iklim bölgelerinde tüketilecek maksimum enerji miktarları belirlenmiştir. İnşa edilecek veya mevcut binaların ısıtma enerjisi tüketim miktarının bu değerlerin altında olması istenmektedir. Ayrıca yönetmelikte bina kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısı ile ilgili de sınırlamalar getirilmiş, yapı elemanlarının ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde tasarlanması istenmiştir. Bu yapı elemanlarının ısı yalıtım detay çizimleri mimari projede kesit detayı olarak verilir. Binanın kabuğundaki açıklıkları, yönler göre duvar-pencere oranı gerek ısıtma gerekse aydınlatma için önemli bir parametredir. Döşemenin toprakla teması ve nasıl yalıtım uygulanacağına dikkat edilmelidir. Mimari kriterlerden bir diğeri ise yüzey alanına hacim oranıdır. Yönetmelik binaya ait tasarım kriterleri dışında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve çözüm önerilerini mimara bırakmaktadır.

Yönetmelikte konut, ticari ve hizmet binası diyerek farklı tipolojide yapılardan bahsetmektedir. Ancak kullanılacak mekanik sistemler dışında mimari olarak hiçbir ayrıma gitmemektedir.

## 5.SONUÇLAR

Bu çalışmada ekolojik mimari tasarım kriterleri olarak binanın konumu, biçimi, yapı kabuğunun özellikleri ve malzeme, pencereler ve gölgelendirme elemanlarının belirlenmesi, mekan organizasyonu incelenmiştir. Bu konuya ilişkin araştırmalar, binanın tasarım aşamasında verilen kararların binanın enerji performansını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Projelendirme aşamasında, binanın simüle edilmesi ve farklı tasarım kriterleri için bina enerji tüketiminin belirlenmesi bina enerji performansı açısından önemlidir. İnşaat aşamasından sonraki tadilat gereksinimleri ortadan kaldırılabılır, işletme maliyetlerini düşürür. Bu şekilde, mimar ve binanın tesisatını yapan mühendis birlikte çalışarak, zaman ve işgücünü verimli kullanarak problemsiz bina üretebilirler.

Ekolojik tasarım kriterlerinin uygulanabilirliği ve performansının değerlendirildiği diğer bir araç da, sertifika sistemleridir. Bu sistemleri getirdiği kriterler doğrultusunda enerji performansı yüksek binaların üretimi artmaktadır. Ülkemizde de bina enerji performansı ile ilgili yasal düzenlemeler ve yeşil bina sertifikalandırma sistemleri ile enerji tüketiminin dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması konusunda bilinçlenme sağlanabilmektedir. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle, enerji tüketiminde hızlı bir azalma görülecektir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, tasarım kriterleri olarak mekan organizasyonu, yönlenme, iklim verileri ve yalıtıma dikkat çekilmiş ancak çok genel bahsedilerek öneriler verilmiştir. Türkiye'nin iklim bölgelerine göre yönlenme, mekan organizasyonu ayrımı yapılmamıştır. Yönetmelikte binanın kullanımına göre konut, ticari ve hizmet binası olarak üç ayrı bina türünden bahsedilmektedir. Dünya genelinde kullanılan sertifika sistemlerinde de aynı tür farklılaşma göz önüne alınırken mimari tasarım kriterlerinden kullanılacak sistemlere kadar her tipolojideki bina için ayırım yapılmaktadır. Ancak Türkiye'de yayımlanan yönetmelikte konutların, mimari tasarım kriterleri açısından farklı değerlendirilmediği görülmektedir. Ülkemizde bina yapım sektöründe %60, enerjinin tüketiminde de %31 (DEK-TMK, 2007) gibi bir paya sahip olan konutların mekan büyüklükleri ve organizasyonları, kullanılacak sistemler, kullanım saatleri diğer binalardan farklıdır ve enerji performansları da farklı değerlendirilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı 109M450 No'lu Kariyer Projesi kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür eder.

## **KAYNAKLAR**

Aktüre T. (1994) Konutta kalite, Mesa Mesken Sanayii A.Ş, Ankara

Al-Sallal, K.A. (1998), Sizing Windows To Achieve Passive Cooling, Passive Heating, And Daylighting In Hot Arid Regions, Renewable Energy, Vol. 14, Nos. 1-4, ss. 365-371

American Institute of Architects (AIA) (2009) Gish Family Apartments.  
<http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1140>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010

Aykal, D., Gümüş B. ve Akça Y.B.Ö. (2009) Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 78-83

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2000) Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 8 Mayıs 2000 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 24043

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007) Enerji Verimliliği Kanunu, 2 Mayıs 2007 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 26510

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2008) Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 27075

Berköz, E. ve Kocaaslan, G. (1994), Enerji ve Kaynak Tüketimini azaltan Konut ve Yerleşme Tasarımı, Konutta Kalite, Derleyen; T.Aktüre, MESA, Ankara, ss. 141-156

Borden I., Leaman A. ve Atkins M. (1991) Energy efficient design, A Guide to Energy Efficiency and Solar Applications in Building Design, United Nations, New York, 1991

BREEAM (2009) The Code for Sustainable Homes. <http://www.breem.org/page.jsp?id=86> , Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010

Coşkun C., Oktay Z., Sarpağ Ö., Coşkunyürek A.H. ve Evciman M. (2008) Yeşil enerji etkin akıllı villalara yönelik özgün bir tasarım, VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, ss.161-172

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2007) 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu, DEK-TMK YAYIN NO: 0004/2007 Aralık 2007, Ankara

Esin T. ve Yüksek İ. (2009) Çevre Dostu ekolojik Yapılar, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Turkey

Florides, G.A., Tassoub, S.A., Kalogirou S.A. ve Wrobel L.C. (2002) Measures Used to Lower Building Energy Consumption and Their Cost Effectiveness, Applied Energy, 73, ss. 299-328.

Kalataş H. (2009) Leed Yeşil Bina Sertifikalandırma Programı, XI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss. 1069-1078

Kılıç N. (2009) Konut sektörüne bakış, Ar&Ge Bülten 2009 Ekonomi, İzmir Ticaret Odası, ss. 31-37  
Konut Habercisi (2009). <http://www.konuthabercisi.com/tag/ekolojik-konut-projeleri/>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010

- Moltay Ö. (2010) Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Yeni Bina Tasarım, Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi, Mayıs-Haziran 2010, ss.36-40
- Numan M.Y., Almaziad F.A. ve Al-Khaja W.A. (1999), Architectural and urban design potentials for residential building energy saving in the Gulf region, Applied Energy 64, ss. 401-410
- Persson, M., Roos, A. ve Wall, M. (2006), Influence of window size on the energy balance of low energy houses, Energy and Buildings, 38, 181-188.
- Sev A. ve Canbay N. (2009) Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme Ve Sertifika Sistemleri, Yapı dergisi, Nisan 2009, Yapıda Ekoloji Eki (2)
- Smeds, J. ve Wall, M. (2007), Enhanced Energy Conservation in Houses through High Performance Design, Energy and Buildings, 39, 273-278.
- Soysal S. (2008) Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- Tönük S. ve Köksal C. (2010) Çevresel Etki Değerlendirilmesi Metodları Kapsamında Casbee Sisteminin incelenmesi ve Çevreci Bina tasarımının Değerlendirilmesi, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, ss. 203-214
- US Green Building Council (2008) LEED for Homes.  
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=147#2008>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010
- Varyap (2010). <http://www.varyapmeridian.com/varyapmeridian.php#/varyap-meridian>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010
- Wan K.S.Y. ve Yik F.W.H. (2004), Building design and energy end-use characteristics of high-rise residential buildings in Hong Kong, Applied Energy 78, ss. 19-36
- Yapi.com.tr (2009) VARYAP'tan Geleceğin Evleri: Meridian.  
[http://www.yapi.com.tr/Sektorden/varyaptan-gelecegin-evleri-meridian\\_67753.html](http://www.yapi.com.tr/Sektorden/varyaptan-gelecegin-evleri-meridian_67753.html), Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010
- Yılmaz, Z. (2005) Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tasarım Dergisi, İstanbul, 157. Sayı, ss.100-104

*GreenAge Symposium, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture  
6-8 December 2010, Istanbul, Türkiye*

**YEŞİLÇAĞ / GREENAGE**  
1. ULUSLARARASI SEMPOZYUM BİLDİRİLER KİTABI  
1<sup>ST</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM PROCEEDINGS

6-8 Aralık / December 2010

organized by

Faculty of Architecture  
Mimar Sinan Fine Arts University

edited by

Sema ERGÖNÜL, Selin GÜNDEŞ, A. Erdem ERBAŞ

Fındıklı - Istanbul



Yayın kodu / Code : MSGSÜ-MF-010/11-K



Yeşilçag / GreenAge 1<sup>st</sup> International Symposium  
ERGÖNÜL, Sema; GÜNDEŞ, Selin; ERBAŞ, Erdem (edited by)  
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayınları, 2010  
pp. 532 ; 25 cm  
ISBN: 978-975-6264-44-7

Kasım 2010  
250 adet basılmıştır.  
© 2010 by Mimar Sinan Fine Arts University,  
Meclis-i Mebusan Cad. No: 24, 34427 Fındıklı, İstanbul.

Tel: 0212 252 16 00 / 240  
<http://greenage.msgsu.edu.tr>  
[greenage@msgsu.edu.tr](mailto:greenage@msgsu.edu.tr)

Kapak tasarımı / Cover design  
Merve Özyurt

The papers herein are published as submitted by the authors. Minor changes have been made where necessary.

## YEŞİLÇAĞ / GREENAGE 1<sup>st</sup> International Symposium Committees

### Scientific Committee

Güzin KONUK (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekanı)  
Sema ERGÖNÜL (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
Deniz İNCEDAYI (MSGSÜ Mimarlık Bölüm Başkanı)  
Aykut KARAMAN (MSGSÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölüm Başkanı)  
Oğuz BAYRAKÇI (MSGSÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölüm Başkanı)  
Onur ALTAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölüm Başkanı)  
Mike GIBSON (South Bank University, İngiltere)  
Raymond James GREEN (University of Melbourne, Avustralya)  
Abram de BOER (Delft University of Technology, Hollanda)  
Doğan HASOL (Yapı Endüstri Merkezi)  
Duygu ERTEN (ÇEDBİK)

### Organization Committee

Güzin KONUK (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekanı)  
Sema ERGÖNÜL (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
Murat Cemal YALÇINTAN (MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Dekan Yrd.)  
A. Erdem ERBAŞ (MSGSÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü)  
Selda KARAOSMAN (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
İmre ÖZBEK EREN (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Selin GÜNDEŞ (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Merve ÖZYURT (MSGSÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü)  
Aylin AYNA (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Elif ÖZDOĞLAR (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)  
Işıl POLATKAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)

### Symposium Secretariat

Aylin AYNA (MSGSÜ Mimarlık Bölümü)  
Işıl POLATKAN (MSGSÜ İç Mimarlık Bölümü)

Sponsors



Istanbul Büyükşehir Belediyesi



Beyoğlu Belediyesi



Üsküdar Belediyesi



ÜSKÜDAR  
BELEDİYESİ  
www.uskudar.bel.tr



İstanbul Deniz Ticaret Odası



2010 İstanbul Kültür Başkenti Ajansı



YEM



Point Hotel

Table of Contents

<i>Introduction</i>	7
<i>Section I</i> Green Cities	9
<i>Section II</i> Green Architecture and Certification Systems	111
<i>Section III</i> Vernacular Architecture	211
<i>Section IV</i> Green Design	342
<i>Section V</i> Green Renaissance	414
<i>Section VI</i> Posters	462
<i>Index of Authors</i>	531



## 10.OTURUM: YEŞİL RÖNESANS / SESSION 10: GREEN RENAISSANCE

"Deprem Dönüşüm Projeleri: Küçükçekmece İlçesi Örneği / Earthquake Transformation

Projects: Example of Küçükçekmece District", *Yıldız Aksoy*

"Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimarlığın Çelişkisi / Contradiction of Architecture in the Context of Sustainability", *Derya Adıgüzel*

"Mimarlık Eğitiminde Ekolojik Sorumluluğun Yeri / Ecological Responsibility in Architectural Education", *Nur Atakul, Mehmet Selim Ökten*

"Sürdürülebilirlik Bağlamında Türkiye'den Çayırova Teknik Bahçivanlık Okulu'nun Yeniden Canlandırma-İşlevlendirme Projesi / Revitalization-Refuncting Project of Çayırova Technical Horticulture School from Turkey in Context of Sustainability", *Elif Özlem Oral Aydın, Reyhan Çömlekçioğlu Kartal*

"Keçe'nin Çağdaş Sanatta Geleneksel Bir Türk El Sanatı Olarak Değerlendirilmesi / Felt, Being Evaluated as a Traditional Turkish Crafts in the Contemporary Art", *Hacer Kocaman*

### POSTER BİLDİRİLER / POSTER PROCEEDINGS

"Effects of Heat Waves on Human Mortality in the City of Setif (North-East of Algeria)", *Mustapha Bounechada and Mohamed Fenni*

"Doğal ve Kültürel Mirasın Ulusal ve Uluslararası Alanda Korunmasına Yönelik Yaklaşımlar / Approaches to The Protection of Natural and Cultural Heritages at National and International Level", *Yüksel Gögebakan*

"Dünya Kültür ve Doğal Mirası Koruma Sözleşmesi" ile "Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi"nin Dünya Doğal ve Kültür Mirasının Korunmasına Etkisi / The Effect of "The Convention Concerning the Protecting of the World Cultural and Natural Heritages" and "The Convention Concerning the Protection of Non-material Cultural Heritage" on the Protection of World's Natural and Cultural Heritages, *Yüksel Gögebakan*

"Sonrasını Düşünerek Tasarlamak: Atıl Atık Sorunu Üzerine Bir Değerlendirme ve Tasarımcının Yapabilecekleri Üzerine Bir Derleme Çalışması / Considering the Later While Designing: An Evaluation of Disposal Problem and a Collected Work on What Designers Can Do", *İlgün Eroğlu, Kerem Özcan*

"Study of Macro-Algae for bio-fuels production", *Farzaneh Farahani, Ali Javadi*

"Use of Phosphate Rock as Fertilizer : a Solution Against Pollution of Soil and Groundwater", *Abbes Mizane, Achour Louhi*

"Kentlerde Ekolojik İlkeler Çerçevesinde Sürdürülebilir Planlama / Sustainable Planning in the Cities in Respect of Ecological Principals", *Saadet Aytas, Damla Altuncu, Işıl Polatkan*

"Yeşil Kentlere Doğru Endüstri İçin Yeni Modeller", *Nihâl Şenlier, Ayşe Nur Albayrak*

## Sunuş

Yeşil Çağ insanlığın çevreye olan farkındalığının geliştiği en önemli dönemdir. Bu değişim sürecinde, iklim değişimi, karbon salınımı, enerji verimliliğine yönelik kaygılar ekolojik planlama, mimarlık ve tasarım ölçeklerinde rol alan tüm paydaşların katılımını kaçınılmaz kılmaktadır. Az tüketen, az kirleten tasarımlardan yola çıkarak doğadaki ayak izlerimizin küçültülmesi ve ekolojik bilincin toplumun tüm kesimlerinde yaygınlaştırılması sempozyumun temel alanı olacaktır.

MSGSÜ Mimarlık Fakültesi bilimsel, akademik, teknolojik ve araştırmaya yönelik bu kapsamda yenilikçi bir görüş benimseyerek sorumluluk almayı ve geliştirmeyi kendine görev edinmiştir.

Bu sempozyum yapılabildiği çevreden doğal çevreye, toplumdaki bireye uzanan farklı ölçeklerde yeşil/ekolojik çözümlerle farkındalık yaratmayı amaçlamakta ve bu nedenle atılacak yeni adımı YEŞİL ÇAĞ olarak tanımlamaktadır. Üniversitemizde bu önemli konuda ileriye dönük araştırma merkezleri, lisansüstü programlar ve yaşam boyu eğitim kapsamında sertifika programları gibi çok önemli açılımları başlatmayı hedefliyoruz.

Prof.Dr. Güzin KONUK  
Dekan, MSGSU, Mimarlık Fakültesi

## Introduction

Green Age is the period that has so far witnessed the maximum development in environmental consciousness. Concerns over climate change, carbon emissions and energy efficiency have highlighted the involvement of all stakeholders that play an essential role in the ecological planning, architecture and design dimensions. The main focus of the symposium is to reduce the human footprint by designs that minimize pollution and consumption and to spread the ecological consciousness throughout the whole society.

In this regard, MSFAU Faculty of Architecture adopts an innovative mission in scientific, academic, technological, and research fields by taking the responsibility of further promotion and development of the topic.

The symposium aims to raise consciousness by highlighting green ecological solutions in various scales; from built environment to natural environment and from society to individual. Therefore the new step is recognized as GREEN AGE. In this concept, we intent to develop research centers, graduate studies and certificate programs in the context of Life Long Learning at the university.

Prof.Dr. Güzin KONUK  
*Dean, MSGSU, Faculty of Architecture*

## SECTION I

### Green Cities



## BİLDİRİLER / PROCEEDINGS

### 1. OTURUM: YEŞİL KENT / SESSION 1: GREEN CITIES

"A Proposal for the Analysis of a Design Process for Urban Sustainability", *Nerkis Kural*

"Greenhouse Effect and Climate Changes", *Reza Khoshnood, Zahra Khoshnood, Amin Mokhlesi*

"The Concept of Sustainability in European Urban Charter-The City of Malmo as a Sample", *Meltem Yılmaz*

"Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkileri / Global Climate Change and Effects to Water Resources of Turkey", *S. Evinç Torlak, Murat Demirel*

"The Effects of Energy Efficient Culture on a Sustainable City", *Ulviye Ayber*

"C40 Kentleri İklim Değişikliği Eylem Planları ve İstanbul için Öneriler / C40 Cities Climate Change Action Plans and Prospects for Istanbul", *Arzu Kocabaş, K. Burcu Aygün Doğan*

### 2. OTURUM: YEŞİL KENT / SESSION 2: GREEN CITIES

"The Assessment of Changes in Urban Landscape and Effects on Population, Case Study: Electroaparataj Industrial Area, Bucharest, Romania", *Delia Mirea, Maria Pătroescu, Gabriel Vânău, Laurian Gheorghe*

"Endüstriyel Ekoloji Perspektifinde Sanayi Bölgelerinin Değerlendirilmesi: Arslanbey/Kocaeli Örneği / Evaluation of Industrial Regions in the Context of Industrial Ecology: The Case of Arslanbey-Kocaeli", *Gülşen Akman, Z.Gamze Mert*

"Minimizing the Effects of Global Warming and Excessive UV Radiation on Marine Ecosystems", *Zahra Khoshnood, Reza Khoshnood, Amin Mokhlesi*

"Renewable Water Resources Low Energy Systems", *Rakmi Abd-Rahman, Arina Amin-Tai*

"An Ecodesign Approach to Landscape Design", *Pınar Karakaş*

### 3. OTURUM: YEŞİL MİMARİ / SESSION 3: GREEN ARCHITECTURE

"Yapısal Atıkların Azaltılmasında Ekolojik Tasarımın Önemi / The Importance of Ecological Design on Reducing Construction and Demolition Wastes", *Tülay Esin, Nilay Coşgun*

"Ekolojik Mimari Tasarım Kriterlerinin Konutların Enerji Performansı Değerlendirmesindeki Yeri / Design Criteria of Ecological Architecture in Evaluation of Residential Buildings' Energy Performance", *İlknur Erlalelitepe, Gülden Gökçen, Tuğçe Kazanasmaz*

"Betonun Geri Dönüşüm Maddesi Olarak Kullanımının Mimari Yapıların Sürdürülebilirlik Değerine Katkısı / The Contributions of Concrete Usage as Recycle Material to Sustainability Value of Architectural Structures", *Deniz A.Yazıcıoğlu*

"Rüzgar Enerjisi ve Yapı Formu İlişkisi: Bina Aerodinamiği / Relationship Between Wind Energy and Building Form: Building Aerodynamics", *Serpil Tosun, Gülser Ünlü Çelebi*

#### 4.OTURUM: YEŞİL MİMARİ / SESSION 4: GREEN ARCHITECTURE

"Bitkilendirilmiş Çatı Teknolojilerinin Ekolojik Mimarlık Yönünden Değerlendirilmesi / The Evaluation of Green Roof Technologies With Regard of Ecological Architecture", *Deniz A. Yazıcıoğlu*

"From Green Architecture to Architectural Green - Facade Versus Space", *Ofri Earon*

"Kırsal Yerleşim ve Konut Üzerine Bir İnceleme: Eskişehir Örneği / A Study of Rural Settlement and Housing: The Case of Eskişehir", *Ash Kul, Esra Arslan, H.Ali Korkut*

"Hızla Yok Olan Bir Kültürün Son İzleri: Eskişehir Sakana Örnekleri / Last Traces of a Rapidly Vanishing Culture: Eskişehir Sakana Samples", *Dilvin Hazal Akkaya, Efe Emre Usman*

#### 5.OTURUM: SERTİFİKASYON SİSTEMLERİ / SESSION 5: CERTIFICATION SYSTEMS

"Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri / The Methods of Building Energy Performance Assessment", *Cihan Turhan, Kenan Evren Ekmen, Gülden Gökçen, Tuğçe Kazanmaz*

"Energy and Water Efficiency System Applications in Design and a Comparative Study", *Emre Ergül, Burcu Ertem*

"Çevre Performans Sertifikalarının Fiziksel Çevre ve Malzeme Açısından Değerlendirilmesi / Evaluating Environment Performance Certificates in Terms of Physical Environment and Materials", *Hanifi Özgören, Ümit Arpacıoğlu*

#### 6.OTURUM: YERELLİK / SESSION 6: VERNACULAR ARCHITECTURE

"Kültürel Mirasa Konu Olan Alanların Sürdürülebilir Koruma Ve Geliştirme Olanaklarının Araştırılması: Denizli-Tavas Örneği / Investigation of Conservation and Sustainable Development Possibilities Which are about the Cultural Heritage Areas: Denizli-Tavas Case", *Sıdika Çetin, Ayşenur Yılmaz*

"Doğu Karadeniz Kırsal Dolma Tipi Evlerin Ekolojik Değerlendirmesi / Ecological Evaluation of Cell Filled Type of Houses in Eastern Black Sea Rural", *Hamiyet Özen, Servet Keleş*

"Eğirdir'in Yerel Konut Özelliklerinin Kültürel Miras ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi / Evaluating Eğirdir's Local House Properties in the Sense of Cultural Heritage and Sustainability", *Ülkü Çelebi, Ş. Gülin Beyhan*

"Seferihisar Örneğinde Sakin Şehir Hareketi / Understanding the Cittaslow Movement Through a Seferihisar Case Study", *Selin Mutdoğan*

"Tasınmazlarda Sınırlandırılan Mülkiyet ve İmar Haklarının Aktarımında Ekolojik Sistemlerin Çevre ve Yaşam Haklarının Değerlendirilmesi / Evaluation of Environment and Living Rights of Ecological Systems while Transferring of Limited Property and Development Rights in Immovables", *Aziz Cumhuri Kocalar*

#### 7.OTURUM: YERELLİK / SESSION 7: VERNACULAR ARCHITECTURE

"Kentsel Arkeolojik Alanlar-Yenilikçi Planlama Yaklaşımları: Yenikapı Arkeolojik Alan Yönetim Ve Yönlendirme Rehberi / Urban Archeological Areas-Innovative Approaches to Urban Planning: Yenikapı Archeological Site Management Guide", *Ayşe Yıkıcı, Dilek Erbey*

"Doğa-Mimari Mekan İlişkisini Bir Adadan Dinlemek; ya da Doğaya Müdahalenin Anlam ve Sınırları Üzerine / Listening to the Nature-Architectural Space Relationship from an Island; or about the Meaning and Restrictions of Intervention to the Nature", *Elvan Gökçe Erkmn, Gevher Gökçe Acar*

"Muğla Evlerinde Cephe Öğeleri ve Çevre ile Karşılaştırmalı Değerlendirmesi / Facade Elements of Muğla Houses and the Comparative Evaluation with Neighbourhood", *Eti Akyüz Levi, Gözde Değer*

"Artvin İli Yerleşmelerinin Yerel Kimlik Açısından Değerlendirilmesi / Evaluation of the Local Identity in the Rural Settlement of Artvin", *Zehra Eminağaoğlu, Hamiyet Özen*

"Ağva Yerleşmesi için Ekolojik Kent Önerisi / Ecologic City Proposal for Ağva Settlement", *İclal Kaya Altay, Mehtap Leyla Turanalp*

"Temiz Enerji Kavramının Toplumsal Kabulü: İstanbul Halkıyla Bir Anket / Social Acceptance of Clean Energy Concept: A Survey with Istanbul Resident", *Aslı Ögüt Erbil*

#### 8.OTURUM: YEŞİL TASARIM / SESSION 8: GREEN DESIGN

"Katılımcı Yaratıcı Modellerde Ekolojik Tasarım Yaklaşımı / Ecological Approach in Collaborative Innovation Models", *Serkan Güneş*

"Tekstil Tasarımı Açısından Azalt-Dönüştür-Yeniden Kullan Stratejisi / Reduce-Reuse-Recycle Strategy from the Aspect of Textile Design", *Nesrin Türkmn*

"An Innovation Approach for Sustainable Product and Product-Service System Development", *Kara Davis, Pınar Öncel, Qingqing Yang*

"Sorumluluk Sahibi Tasarım Bağlamında Nesne-Odaklılık Sorunu ve Alternatif Bir Yaklaşım Olarak Deneyim Tasarımı / The Problem of Object-Orientedness in the Context of Responsible Design and Experience Design as an Alternative Approach", *Eray Çaylı*

#### 9.OTURUM: YEŞİL TASARIM / SESSION 9: GREEN DESIGN

"Green Approach to Hydrocellulose Fiber Production", *Aliaksandr Hanchar, Maryna Ivanets, Dzmityr Grinshpan*

"Ekolojik Tasarım Kavramının Ürün Tasarım Süreci Bağlamında "Helios" Örneği Üzerinden İrdelenmesi / The Concept on Ecological Design in the Context of Product Design Process: The Case of Helios", *Armağan Seçil Melikoğlu*

"Türk Sanayisinde Yeni Ürün Tasarım Sorunu, Gelişimi ve Bir Küresel Ürün Tasarım Sürecinin Değerlendirilmesi / New Product Design Problem, Its Development and Evaluation of a Global Product Design Process in Turkish Industry", *Hacer Kocaman*

"Ayakkabı Tasarımında Moda Sisteminin Ötesine Geçmek / Going Beyond the Fashion System in Shoe Design", *Esra Bici Nasır*



## Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri The Methods of Building Energy Performance Assessment

Cihan Turhan<sup>1</sup>, Kenan Evren Ekmen<sup>1</sup>, Gülden Gökçen<sup>2</sup>, Tuğçe Kazanasmaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Enerji Mühendisliği Programı, cihanturhan@iyte.edu.tr,  
kenanekmen@iyte.edu.tr

<sup>2</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, guldengokcen@iyte.edu.tr

<sup>3</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr

### zet

Enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması, dış ülkelere bağımlılığın azaltılması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve iklim değişikliği ile mücadele tüm Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması konusunu ön plana çıkarmaktadır. Bu kapsamda Avrupa Birliği'nde enerji tüketiminin ve küresel ısınmaya etki eden gaz emisyonlarının azaltılması amaçlarıyla 1992 yılından bu yana 14 direktif çıkarılmıştır. Bunların sonuncusu, 2010 yılında DIRECTIVE 2010/31/EU olarak yenilenen DIRECTIVE 2002/92/EC'dir. Avrupa Birliği uyum süreci çerçevesinde ülkemizde 2007 yılında Enerji Verimliliği Yasası, 2008 yılında da Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP) ıkarılmış ve binaların enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının belirlenmesi, buna bağlı olarak sınıflandırılmaları, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda bina enerji performansının belirlenmesi için ulusal bir yöntemin geliştirilmesi ve BEP Yönetmeliği eki olarak yayınlanması çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmada, binalarda enerji performansı ile enerji ve sera gazı emisyon sınıflarının belirlenmesi amaçıyla Avrupa lkelerinde ve Türkiye'de geliştirilen yöntemler tanıtılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Bina, bina enerji performansı, bina enerji performansı değerlendirme yöntemleri

### Abstract

As throughout the world, in our country, the issue of the efficient use of energy and energy resources is taken over to ensure the sustainability of energy, to reduce dependency on foreign countries in energy use, to relieve the burden of energy cost and to combat climate change. In this context, since 1992, 14 directive has been published to reduce energy consumption and eliminate the negative impact of greenhouse gases which cause global warming. The last published is DIRECTIVE 2010/31/EU which is the revised version of DIRECTIVE 2002/92/EC. In Turkey, through the harmonization process with European Union, Energy Efficiency Art was released in 2007. Futhermore Directive on Energy Performance of Buildings (BEP) was released in 2008 aiming to regulate the energy consumption in buildings, to classify and determine the minimum energy requirement of existing buildings. A national method on building energy performance evaluation has been developed as an annex of the directive. In this study, the building performance evaluation methods developed in Turkey and in European countries will be introduced.

**Keywords:** Buildings, building energy performance, building energy rating methods

## 1. GİRİŞ

Günümüzde enerji, dolayısı ile de kaynak tüketiminin hızla artması, yenilenemeyen fosil yakıtların fiyatlarındaki dalgalanmalar ve çevresel etkileri, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına olan ilgiyi artırmakta, 2025 yılına kadar Dünya elektrik enerjisi üretiminin %10-15'lik bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir (Altaş, 1998). Türkiye'nin hedefi ise 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının en az %30'a ulaşmasıdır (DEK-TMK, 2009).

Fosil yakıtlar geçmişten günümüze enerji üretiminde en çok kullanılan kaynak olmuştur. 2007 yılında Dünya toplam enerji üretiminin %81'i (%26 kömür + %34 petrol + %21 doğalgaz) fosil yakıtlardan, %6'sı nükleer enerjiden, %13'ü ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Aynı yıl Dünya elektrik üretiminin %68'i (%40 kömür + %7 petrol + %20 doğalgaz) fosil yakıtlardan, %14'ü nükleer enerjiden, %18'i ise yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir (IEA, 2009; Çengel, 2010). Fosil yakıt kullanımının yaygın olması sera gazı emisyonlarının artışına neden olmaktadır. 1973 yılında yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu 15,6 milyar ton iken 2004 yılında %63 artışla 29,0 milyar tona çıkmıştır. Bu da küresel iklim değişikliği krizini ve dünyanın geleceği ile ilgili kaygıları artırmaktadır (IEA, 2009). Bu kaygıların sonucunda Türkiye'nin de içinde yer aldığı 160 ülkeyi kapsayan ve sera gazı emisyonunu azaltmayı hedefleyen Kyoto protokolü hazırlanmıştır (Kyoto Protokolü, 1997). Avrupa'da CO<sub>2</sub> emisyonunun %40'ını gerçekleştiren 160 milyon bina, enerji talebinin de %40'lık bölümünü oluşturduğundan binalarda enerji verimliliği çalışmaları diğer sektörlere göre daha önemli hale gelmiştir. 1970'li yılların ortalarından itibaren başlayan binalarda enerji verimliliği çalışmaları Kyoto Protokolü ile birlikte bütün dünyada daha da önem kazanmıştır. Türkiye'de ise enerji tüketiminin %38'i bina, %36'sı sanayi, %20'si ulaşım sektöründe gerçekleşmekte (Bolattürk, 2006) ve enerji tasarruf potansiyeli en yüksek sektör olarak binalar görülmektedir (DEK-TMK, 2009).

Avrupa Birliği ülkeleri 1990'lı yılların başından itibaren enerji tüketiminin dolayısı ile de sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla yasal düzenlemelere gitmişler, binalarda enerji performansının belirlenmesi için 14 adet direktif çıkarmışlardır. Bunlardan sonuncusu ve üzerinde en fazla çalışılan Binalarda Enerji Performansı Direktifi olan DIRECTIVE 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (2002), Avrupa Birliği ülkelerinde mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerjinin daha verimli kullanılması için belirli standartlar geliştirilmesi ve ortak bir değerlendirme oluşturulması amacıyla 2003 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Direktif ana hatlarıyla; her bir üye ülkenin bina enerji performansı hesaplaması için ulusal bir yöntem geliştirmesi, yeni binalar ve büyük onarım görece binalar için minimum enerji performansının belirlenmesi, binalarda enerji sertifikalandırması, merkezi sisteme sahip binalarda ısıtma giderlerinin tüketim ile ilişkili paylaşımı ve sıcak su kazanları ve iklimlendirme sistemlerinin periyodik denetimlerini öngörmektedir.

2007 yılında gerçekleştirilen Avrupa Birliği Zirvesi'nde enerji güvenliği, çevre kirliliğinin önlenmesi amaçlarıyla ortak politik kararlar almışlardır. Bu bağlamda 2020 yılına kadar toplam enerji tüketiminde %20 enerji tasarrufu sağlamayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimindeki oranını %20'ye çıkarmayı ve sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine göre %20 oranında azaltmayı hedeflemektedirler (Keskin, 2007).

Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde Türkiye'de de binaların enerji performanslarının belirlenmesi amacıyla bir dizi standart geliştirilmiş, yasal düzenlemeler yapılmış, performans belirleme yöntemleri çalışmaları gerçekleştirilmiş ve çalışmaya devam edilmektedir. Bu çalışmada, uyum çalışmalarını sürdürdüğümüz Avrupa Birliği ülkelerinde ve Türkiye'de geliştirilen bazı bina enerji performans değerlendirme yöntemleri tanıtılacaktır.

## 2. AVRUPA ÜLKELERİNDE KULLANILAN BAZI BINALARDA ENERJİ PERFORMANSI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Dünyada 1992 yılından buyana binalarda enerji performansı belirleme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu kapsamda en yaygın çalışma Avrupa Birliği ülkelerinde yapılmış, bina enerji performansı belirleme çalışmalarını düzenleyen 14 adet direktif yayınlanmıştır. Bu direktiflerin sonuncusu olan ve 2002'de yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Direktifi (DIRECTIVE 2002/91/EC), her üye ülkenin



binaların enerji performansının hesaplanması için bir yöntem geliştirmesini öngörmektedir (Warren, 2003; Miguez, 2006). Geliştirilecek yöntem, direktifin ekinde yer alan aşağıdaki hususları göz önüne alan genel çerçeveye oturtulmalıdır.

1. Binaların enerji performansının hesaplanması metodu en az aşağıdaki hususları içermelidir:
  - a. Binanın (kabuğunun, iç bölmelerinin, vs) ısı ve hava sızdırmazlık özellikleri,
  - b. İzolasyon karakteristikleriyle birlikte ısıtma ve sıcak su donanımı,
  - c. İklimlendirme donanımı,
  - d. Havalandırma donanımı,
  - e. Aydınlatma donanımı (özellikle konut dışı binalarda),
  - f. Binanın bulunduğu yerin dış hava koşulları ile birlikte pozisyonu ve yönü,
  - g. Pasif güneş sistemleri ve güneşten korunma sistemleri,
  - h. Doğal havalandırma,
  - i. İç hava koşulları ve tasarımı.
2. Hesaplamanın uygun adımlarında aşağıdaki pozitif etkiler göz önüne alınmalıdır:
  - a. Aktif güneş enerjisi sistemleri ve yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan diğer elektrik ve ısıtma sistemleri,
  - b. Kojenerasyon ile üretilmiş elektrik enerjisi,
  - c. Merkezi veya bölgesel ısıtma sistemleri,
  - d. Doğal aydınlatma.
3. Enerji performans hesaplamaları için binalar aşağıda örneklendiği gibi sınıflandırılmalıdır:
  - a. Bağımsız (tek) konutlar,
  - b. Apartman blokları,
  - c. Ofisler,
  - d. Eğitim binaları,
  - e. Hastahaneler,
  - f. Otel ve restoranlar,
  - g. Kapalı spor tesisleri,
  - h. Toptan satış binaları,
  - i. Enerji tüketen diğer binalar.

2002/91/EC direktifi 2010 yılında yenilenmiş ve Directive 2010/31/EC (2010) adıyla yayınlanmıştır. Yenilenen direktif, ısıtma sistemi ve havalandırma gibi bina sistemlerinin bölgesel ihtiyaçlarını daha kapsamlı bir biçimde değerlendirmektedir. (DIRECTIVE 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings, 2010)

Bu bölümde, bazı Avrupa Birliği ülkelerinde bina enerji performans değerlendirme yöntemi geliştirme çalışmaları hakkında bilgi verilecektir.

### 2.1 Danimarka

Danimarka enerji denetçiliğinde ve enerji derecelendirmesinde diğer Avrupa ülkelerine referans olmakta ve öncülük etmektedir. 1985 yılında konut satımı esnasında enerji belgesi zorunlu hale gelmiştir. "Binalarda Su Korunumu ve Enerji Performansını Artırma Yasası" 1996 yılında çıkıp, 1997 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Bu yasa büyük, küçük ve endüstriyel binalarda enerji denetçiliği kavramını ülkeye getirmiştir. Böylece binalar enerji denetimi olmadan satılamamaktadır. Danimarka'da denetim sonunda kullanıcılara verilen bilgilendirme üç kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım bina enerji performansının derecelendirilmesidir. Denetçiler binalarda enerji sınıflandırılması, enerji ve su tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu olarak üç ana başlık altında yapmaktadırlar. Bu inceleme sonucunda binalara A1 ve C5 arasında sınıflandırılmaktadır. Aynı zamanda bu uygulamayla 25 yıllık dönemler için su ve enerji ihtiyacı belirlenmektedir. İkinci kısım ise kullanıcılara binanın enerji planının çıkarılmasıdır. Bu plan tahmini olarak binanın yıllık su ve enerji tüketim miktarını içermektedir. Son kısım ise enerji sınıfına göre binanın metrajını, ısıtma sistemini, enerji tüketimini ve ısıtma için gereken harcamaları göstermektedir. Danimarka'da bazı mevcut sistemler için ayrı ayrı

standartlar bulunmaktadır. Örneğin su ısıtıcıları ve tesisatı için DS: 439-2000, ayrıca binalardaki enerji ihtiyacını hesaplama methodunda da prEN15316-4-3 (2005) standardı kullanılmaktadır. Bu uygulamayla Danimarka'da enerji tüketiminin yılda %20 oranında düştüğü raporlanmıştır (Miguez, 2006). Aynı zamanda Danimarka aydınlatma için CFL lamba kullanımını zorunlu kılarak ve ısıtma sistemlerini denetleyerek binalarda 2008 yılı için %42 enerji tasarrufu sağlamıştır (Hamilton, 2010).

## 2.2 İngiltere

İngiltere'de 1995 yılında yayınlanan ve HECA (Home Energy Conservation Act) olarak adlandırılan konutlarda enerji tasarrufu kanunu ile yerel yönetimlere kendi bölgelerindeki konutların daha verimli hale getirilmesi amacıyla; izleme, değerlendirme ve raporlama yetki ve sorumluluğu verilmiştir. Aynı yıl konutlarda enerji performansı belirleme yöntemi SAP (Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings) ve yakıt tasarrufu ile yasa (PART L) zorunlu hale gelmiştir. SAP 2005 yılında enerji tüketimi değerlerinin azaltılması yönünde geliştirilmiştir ve yeni ve büyük onarım gören binalarda ısıtma, aydınlatma, sıcak su kullanımına ait enerji tüketimini içerir (SAP2005, 2008), soğutma enerji tüketimi dikkate alınmamıştır.

## 2.3 Fransa

Fransa ulaşım ve konut bakanlığınca düzenlenen 2000-1153 sayılı yönetmelik endüstriyel olmayan yeni binalar için zorunludur. Bu yönetmelik ile ısıtma için harcanan enerji tüketimi, sıcak su, havalandırma, aydınlatma gibi parametreler bölgeden bölgeye değişen referans değerlerinden yüksek olamamaktadır. Parametre sınırları ise dış duvarlar için minimum ısı yalıtımı, iklimlendirme sistemleri için nem değerleri, ısı ve sıcak su üreten sistemler incelenerek tanımlanmaktadır. Yine iç ortam sıcaklığı referans değerden yüksek olmamalıdır. Kompleks ve basit olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. İkinci yöntem sadece 220 m<sup>2</sup> den küçük binalara uygulanabilmektedir (IEA, 2009). Fransa'da binalarda enerji performansı hesaplama methodu olarak 2008 yılında Methode de Calcul Th-C-Ex (2008) yürürlüğe girmiştir.

## 2.4 İrlanda

İrlanda'da binalarda enerji tüketiminin azaltılması amacıyla 1992 ve 1997'de HER (Isı enerji oranı) ve ERBM (enerji oranı kriterleri) başlıklı yönetmelikler çıkarılmış ancak zorunlu tutulmayı yeni binalara isteğe bağlı olarak uygulanmıştır. ERBM aynı zamanda mevcut binalara da uygulanabilmekte, m<sup>2</sup> başına düşen enerji tüketimini ve yıllık karbondioksit emisyon miktarını rapor etmektedir. Resmi bir sertifika olmamasına rağmen bina kabuğu ve ısıtma sistemleri için iyileştirme önerileri getirmektedir (Miguez, 2006). İrlanda binalarda enerji performansı değerlendirme metodu olan DEAP (2008) yıllık enerji kullanımı, CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları ile enerji maliyetlerinin hesaplanmasını kapsamaktadır. Hesaplama kullanılan faktörler; bina geometrisi ve boyutu, binanın yapı malzemeleri, havalandırma sistemi, ısıtma sistemi verimliliği, güneş kazançları, binanın ısı kapasitesi, ısıtma ve havalandırma sistemleri için gereken yakıt miktarı ve yenilenebilir ve alternatif enerji kullanımınıdır.

## 2.5. Almanya

Almanya'da enerji verimliliği çalışmalarına 1982 yılında başlanmış olmasına rağmen ilk yasa 2001 yılında "Enerji Korunumu Yasası" adıyla çıkarılmıştır. Yasa, yeni ve büyük onarım gören binalar için zorunludur ve yakıt tüketimini 7 litre(mazot)/m<sup>2</sup> olarak sınırlandırmıştır. Aynı zamanda 1978-2006 arası imal edilen eski kazanların değiştirilmesi zorunluluğunu gelmiştir. Almanya'da Şubat 2007'de Türkiye'deki karşılığı "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" olan "Enerji Tasarrufu Yönetmeliği" enEV (2009) yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikle, binalarda ısıtma enerji tüketiminin azaltılması için bina ve ısıtma sistemleri ile ilgili düzenlemeler getirilmiştir (Hegner, 2004).

## 2.6.Hollanda

Hollanda'da yeni yapılacak olan binalar ve mevcut binalar için ayrı yönetmelikler kullanılmaktadır. EPB (Enerji performans standardı), yeni binalar için 1995 yılından, EPA (Energie Prestatie Advies-Enerji Performans Çalışması) ise 2000 yılından bu yana mevcut binalar için kullanılmaktadır (EPB, 1995; EPA, 2000).

## 2.7 Belçika

Belçika'da 1997 yılında NBN B62-002 ve NBN B62-004 standartları yürürlüğe girmiştir (NBN B62-002, 2008). Yeni ve mevcut konutlara ek olarak Flanders bölgesinde endüstriyel binalar için de geçerlidir. Yeni binalar için K55 adı verilen sınır katsayısı belirlenmiştir. K55'e göre bina kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısı  $0,55 \text{ W/m}^2\text{°C}$  den büyük olamaz. Ancak bu sınır katsayıları bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir (Santamouris, 2005).

## 3. YEŞİL BİNA DEĞERLENDİRME VE SERTİFİKA SİSTEMLERİ

Binalarda enerji tüketiminin azaltılması çalışmalarıyla birlikte kendi enerjisini kendisi üreten, çevresel etkilerin en aza indirildiği bina yapımı ve işletilmesi önündeki çalışmalar sonucunda yeşil bina (Green Building) kavramı ortaya çıkmıştır. Yapıların çevresel etkilerinin objektif ve somut olarak ortaya konmasında yeşil bina değerlendirme sistemleri ve sertifika programlarının önemli rolü vardır. Dünyada LEED (ABD), SBTool (Uluslararası), EcoProfile (Norveç), PromisE (Finlandiya), Green Mark for Buildings (Singapur), HK-BEAM ve CEPAS (Hongkong), GreenStar (Avustralya), SBAT (Güney Afrika), CASBEE (Japonya) ve Environmental Status (İsveç) gibi çok sayıda yeşil bina değerlendirme yöntemi mevcuttur. Bu sertifika sistemlerinin amacı binaların çevreye ne kadar duyarlı olduklarının standartlara bağlı olarak ölçülendirilmesidir (Arısoy, 2009). Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan LEED, ASHRAE (Amerikan Isıtma Soğutma İklimlendirme Mühendisleri Derneği) tarafından yayınlanan ASHRAE 90.1 standardını esas alır. LEED beş ana alanda değerlendirme yapmaktadır. Bunlar; sürdürülebilir alan planlaması, suyun verimli kullanılması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı, malzeme ve kaynak kullanımı ve iç ortam kalitesidir (ASHRAE 90.1, 2007). Türkiye'de ulusal yeşil bina değerlendirme sertifika sistemi bulunmamakla birlikte LEED vb. sertifika sistemleri uygulanmaya başlanmıştır.

## 4. TÜRKİYE'DE KULLANILAN BINALARDA ENERJİ PERFORMANSI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Türkiye'de binaların birim ısıtma enerji tüketimi, aynı iklim şartları için Avrupa ülkelerine göre 2-3 kat daha fazladır. Bu durum Türkiye'de bina sektöründe enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. 2009 yılında taraf olunan Kyoto Protokolü ve Avrupa Birliği Enerji chapter'ı gereklerine hazırlık çalışmaları ülkemizde 2000 yılından itibaren başlatılmıştır.

### 4.1 TS 825 Standardı

1999 yılında çıkarılan ve 2000 yılında yürürlüğe giren ve uygulanması zorunlu olan TS 825 standardının amacı, binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmaktır. Standart, bina enerji ihtiyacının hesaplanması yöntemini ve iklim bölgelerine göre belirlenmiş minimum kriterlere uyulup uyulmadığının belirlenmesini içerir. Standartın kullanımı ile yeni yapılacak binaların uygun malzeme ve sistem seçimi ile standartta belirlenen enerji tüketim aralıklarının içinde kalması sağlanabilir. Ayrıca mevcut bir binaya tadilat yapılmadan önce uygulanacak enerji tasarruf önlemlerinin sağlayacağı tasarruf miktarı belirlenebilir. Standart ısıtılan tüm binaları kapsar ve yeni inşa edilecek binalarda bina kabuğundan olan yıllık ısı kayıplarının yarı yarıya azaltılmasını hedeflenmiştir. Statik basit bir yöntemdir ve binayı tek bir zon, zon sıcaklığını da  $19^{\circ}\text{C}$  olarak alır. Yapı kabuğunun ısı depolama özelliğini, ısıtma sistemini dikkate almaz ve ısı bölgelerine ait meteorolojik verileri kullanır. TS 825, 2008 yılında yapı kabuğunun toplam ısı geçiş katsayısını düşürecek, dolayısı ile de binanın enerji tüketimini azaltacak şekilde revize edilmiştir (TS 825, 1999).

### 4.2 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği

2008 yılında yayınlanan ısı yalıtım yönetmeliği ile binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Belediyeler dahil bütün yerleşim birimlerindeki tüm binalarda uygulanmaktadır. Isıtılmaya gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl ve benzeri binalarda bu yönetmelik uygulanmaz. Bu yönetmelikle

binalar, ısı kayıpları bakımından çevre şartlarına ve ihtiyaçlarına uygun olarak yalıtılacaktır. Yönetmelik kapsamında, aylık ortalama dış sıcaklık değerleri meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda yenilenmiş ve bu doğrultuda özellikle soğuk bölgelerde ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıkları artırılmıştır. Binaların hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bölgelere göre verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerini aşmayacaktır (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 2008). Bu yönetmelik hükümleri uyarınca TS 825 standardında belirtilen hesap metoduna göre yetkili makina mühendisi tarafından hazırlanan “ısı yalıtımı projesi” imara ilişkin mevzuat gereğince yapı ruhsatı verilmesi aşamasında tesisat projesi ile birlikte ilgili idarelerce istenir (Eriş, 2009).

#### 4.3 Enerji Verimliliği Yasası

Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla Mayıs 2007 tarihinde 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Yasası” çıkarılmıştır. Bu yasa kapsamında binalarda enerji verimliliğinin artırılması, desteklenmesi ve toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması hedeflenmektedir. Yasa genel olarak, enerji verimliliği çalışmalarının etkin olarak yürütülmesi, izlenmesi ve koordinasyonu konusunda idari yapının oluşumunu, enerji verimliliği hizmetlerinin yürütülmesi konusunda yapılacak yetkilendirmeleri, görev ve sorumlulukları, toplumun eğitim ve bilinçlendirilmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasına yönelik ve sektörel uygulamalara ilişkin çeşitli destekleme mekanizmalarını, teşviklerle ilgili konuları ve yasal gerekleri yerine getirmeyenlere uygulanacak para cezalarını kapsamaktadır (Enerji Verimliliği Yasası, 2007).

Yasada çeşitli amaçlar için kullanılan binalarda; mimari tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki standartların, asgari performans ölçütlerinin, bütünsel bir yaklaşımla binalarda enerji performansının iyileştirilmesini, ülkemize uygun bir enerji performans hesap yönteminin geliştirilmesini kapsayacak şekilde Bina Enerji Performansı Belgesi uygulaması öngörülmüştür (Keskin, 2007).

#### 4.4 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP)

Bina enerji kimlik belgesi ve merkezi ısıtma sistemini zorunlu kılan Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği, Enerji Verimliliği Kanunu çerçevesinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanarak 5 Aralık 2008’de yayınlanmıştır. Yönetmelik; konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaları kapsar ve Binaların Enerji Kimlik Belgesi’ndeki “Bina Enerji Sınıfı” ve “Bina Emisyon Sınıfı”nın belirlenmesine ait hesap yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda Bölüm 14, Madde 2’de “*Bu Yönetmelik kapsamında ihtiyaç duyulan enerji performansı hesaplama yöntemleri ile ilgili konulardaki tebliğler, Bakanlık tarafından, Yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren bir yıl içinde çıkarılır*” hükmünü içerir (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008).

#### 4.5 Binalarda Enerji Performansı Hesap Yöntemi Çalışmaları

##### 4.5.1 Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Methodu (KEP-SDM)

BEP Yönetmeliği’nde öngörülen binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi maddesi uyarınca, Makina Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan bir Çalışma Grubu tarafından Şubat-Haziran 2008 tarihleri arasında Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) ve “Enerji Sertifikalandırma Yazılımı (KEP-İYTE-ESS) geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. KEP-SDM, inşa edilecek veya büyük onarım görecektir, taban alanı 450 m<sup>2</sup>’nin altında olan konutlara veya taban alanı 450 m<sup>2</sup>’nin altında olan konutları içeren binalara (müstakil konutlar, apartmanlardaki konutlar ve ticari komplekslerdeki konutlar) uygulanır. Bu yöntem sadece ısıtma, sıcak su ve aydınlatma ile ilgili enerji tüketimini hesaplamaya yöneliktir. Soğutma ihtiyacına yönelik enerji tüketimi hesaplamaları yöntemin kapsamı dışındadır (Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu Raporu, 2008).



#### 4.5.2 Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP HY)

BEP Yönetmeliği kapsamında konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaları kapsayacak bir yöntem geliştirme (BEP-HY) ve ilgili bilgisayar programının oluşturulması (BEP-TR) çalışmaları başlatılmış ve halen devam etmektedir. Bu hesaplama yöntemi, proje aşamasındaki binalar için çeşitli tasarım alternatiflerinin enerji performanslarının karşılaştırılmasında, mevcut ve yeni yapılacak binaların enerji performansının standartlaştırılmış seviyesinin gösterilmesinde ve mevcut binalarda enerji ihtiyacının yolu ile enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanması ve uygulanmaması durumlarının değerlendirilmesinde de faydalı olacaktır. Ayrıca bu yöntem, bina enerji performansını değerlendirirken binaların ısıtılması ve soğutulması için gereken net enerji miktarının hesaplanmasını, net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları, sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma ve havalandırma enerji tüketiminin belirlenmesini, binalarda gün ışığı etkilerini ve sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

Bu hesaplama yöntemi, ilgili AB standartları ile gerekli görülen durumlarda ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak oluşturulmaktadır. Yöntemi basit saatlik dinamik bir yöntemdir. Basit saatlik dinamik yöntem, binanın ısıtma-soğutma için gereken net enerji ihtiyacını ve bu ihtiyacın karşılanacağı sistemlerin tüketimini saatlik olarak hesaplar. Hesaplama sonucunda binanın yıllık ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma, havalandırma tüketimleri birincil enerji olarak belirlenir. Bu tüketim değerlerine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu hesaplanarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı da hesaba katılmaktadır. Binanın hesaplanan enerji tüketim miktarı ve CO<sub>2</sub> emisyonu referans binanın değerleri ile karşılaştırılır. Referans binanın özelliklerini belirlerken bölgenin konumu ve iklim verileri, binanın geometrisi, bina kabuğu, mevcut mekanik sistemler, aydınlatma sistemi, sıcak su sistemleri, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemleri dikkate alınır ve mevcut bina ile referans bina kıyaslanarak binanın enerji sınıfı belirlenir ve enerji kimlik belgesi oluşturulur (Hastekin ve diğerleri, 2010).

#### 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünyada fosil enerji kaynakları yetersiz olan ülkeler, enerji tüketimlerini karşılamak için enerji ithal etmekte ve yeni santraller kurmaya devam etmektedirler. ABD gibi enerji talep artışının en az yarısını yeni santral inşa etmek yerine enerji verimliliği tedbirleriyle karşılamayı planlayan ülkeler, geleceği hedefleyerek doğru yatırım yapmaktadırlar. Bu tür politikalar Türkiye gibi enerji israfının yüksek olduğu ülkelerde daha iyi sonuç verecektir. Enerji tüketiminin azaltılması hem enerji kaynaklarının sürekliliği hem de sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Dünyada birçok devletin ve ülkemizin de imzaladığı iklim değişikliği sözleşmesi olan Kyoto Protokolü ile sera gazlarının önümüzdeki dönemde azaltılması hedeflenmiş ve yasal düzenlemeler getirilmiştir. Ülkemizde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin yürürlüğe girebilmesi için Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi'nin yayınlanması beklenmektedir.

#### TEŞEKKÜR

*Yazarlar, bu çalışmayı 109M450 Nolu Kariyer Projesi kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür eder.*

#### KAYNAKLAR

Altaş, H. (1998) "Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye'deki potansiyel" Aylık 3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi 1998, Sayı 45, ss. 58-63 , Ankara, 1998.

Arısoy, A. (2009) "Binalarda enerji performansına yaklaşım, AB ve Türkiye'deki çalışmalar" TMMOB 2.Enerji verimliliği kongresi, İstanbul, 2009.

ASHRAE 90.1 (2007) "Energy Standart for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings" 1-P Edition.

- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) Sayı:27075, Resmi Gazete.
- Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği (2008) Sayı:27019, Resmi Gazete.
- Bolattürk, A. (2006) "Determination of optimum insulation thickness for buildings walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey". Applied Thermal Engineering 26: 1301-1309, Ankara, 2006.
- Çengel, Y. (2010) " Enerji kaynağı olarak enerji verimliliği" Enerji Verimliliği Dergisi, Ocak-Şubat, ss.76-87, Ankara, 2010.
- DEAP (2008) Dwellings Energy Assessment Procedure, Version 3.1, Ireland, 2008.
- DEK-TMK, (2009) "Türkiye Enerji Raporu" ISSN:1301-6318, Ankara, 2009.
- DIRECTIVE 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (2002).
- DIRECTIVE 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (2010).
- Enerji Verimliliği Yasası (2007) Sayı:5627
- enEV (2009) [http://www.enev-online.org/enev\\_2009\\_volltext/enev\\_2009\\_0\\_090430\\_bundesgesetzblatt\\_amtliche\\_fassung\\_leseversion.pdf](http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung_leseversion.pdf) Erişim Tarihi: 20 Eylül 2010.
- Eriş, B. (2009) "Binalarda Enerji Verimliliği ve Yasal Düzenlemeler" TMMOB 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, İstanbul, 2010
- EPA (2000) <http://www.eposadvies.nl/> Erişim Tarihi: 22 Eylül 2010.
- EPB (1995) [http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background\\_doc\\_j.pdf](http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/40house/background_doc_j.pdf). Erişim Tarihi: 22 Eylül 2010.
- Hamilton, B. (2010) "A comparison of energy efficiency programmes for existing homes in eleven countries" Department of Energy and Climate Change United Kingdom, London, 2010.
- Hastekin, A., Kaya, E., Kobaş, B. (2010) "Enerji kimlik belgesi için BEP-TR yazılımı" Termodinamik Dergisi, Ocak 2010, ss.42-68, Ankara, 2010.
- Hegner, H. (2004) "Binalarda Enerji Performansı AB Yönergesi 2002/91/EC: AB, Almanya ve Türkiye'deki Hazırlıklar" TMH Sayı:434, ss: 30-33, Ankara, 2004.
- IEA (2009) "Lessons Learned From The Energy Policies of IEA Countries" IEA Information Paper, Paris, 2009.
- Keskin, T. (2007) "Enerji Verimliliği Kanunu ve Uygulama Süreci." Mühendis ve Makina 48(569): ss.106-112. Ankara, 2007.
- Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM) (2008) MMO Çalışma Grubu, [http://www.iyte.edu.tr/~geo-cen/turkish/KEP\\_SDM.htm](http://www.iyte.edu.tr/~geo-cen/turkish/KEP_SDM.htm).
- Kyoto Protocol (1997) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Erişim tarihi: 14 Eylül 2010.
- Methode de calcul TH-C-E-ex (2008) <http://www2.equipement.gouv.fr/bulletinofficiel/fiches/Bo200818/A0180009.pdf> Erişim Tarihi:16 Eylül 2010.
- Miguez, J. L (2006) "Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy" Renewable and Sustainable Energy, 10, ss.24-45, Spain, 2006.
- NBN B62-002 (2008) Thermal Properties of Buildings. Official gazette:14/05/2009.
- Policy (2009) <http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=pm&id=460&action=detail>. Erişim Tarihi. 21 Eylül 2010.

prEN15316-4-3 (2005) Method for Calculations of System Energy Requirements and System Efficiencies Part:4-3.

Santamouris, M. (2005) "Energy Performance of Residential Buildings: A practical guide for energy rating and efficiency" ss. 16-18 ISBN:1-902916-49-2, London, 2005.

SAP2005 (2008) "The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings", Revision 1, Version 9.81.

TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı) (1999) Sayı:23725, Resmi Gazete.

Warren, A. (2003) "Energy Performance of Building Directive. A Summary of Its Objectives and Content", CIBSE Brifing 6, London, 2003.

# World Renewable Energy Congress – Sweden

8–13 May, 2011  
Linköping, Sweden

Editor

Professor Bahram Moshfegh



## Copyright

The publishers will keep this document online on the Internet – or its possible replacement – from the date of publication barring exceptional circumstances.

The online availability of the document implies permanent permission for anyone to read, to download, or to print out single copies for his/her own use and to use it unchanged for non-commercial research and educational purposes. Subsequent transfers of copyright cannot revoke this permission. All other uses of the document are conditional upon the consent of the copyright owner. The publisher has taken technical and administrative measures to assure authenticity, security and accessibility.

According to intellectual property law, the author has the right to be mentioned when his/her work is accessed as described above and to be protected against infringement.

For additional information about Linköping University Electronic Press and its procedures for publication and for assurance of document integrity, please refer to its www home page: <http://www.ep.liu.se/>.

Linköping Electronic Conference Proceedings, 57  
Linköping University Electronic Press  
Linköping, Sweden, 2011

[http://www.ep.liu.se/ecp\\_home/index.en.aspx?issue=057](http://www.ep.liu.se/ecp_home/index.en.aspx?issue=057)  
ISBN: 978-91-7393-070-3  
ISSN 1650-3740 (online)  
ISSN 1650-3686 (print)

© The Authors

Volume 8

Low-Energy Architecture

## Table of Contents

<b>Earthen Buildings for a Low-Cost High-Energy Performance Social Housing</b> <i>Stefania Liuzzi and Pietro Stefanizzi</i> .....	1741
<b>Energy Performance of Residential Buildings and their Architectural Configuration</b> <i>İlknur Erlalitepe, Kenan Evren Ekmen, Cihan Turhan, Manolya Akdemir, Gülden Gökçen Akkurt and Tuğçe Kazanasmaz</i> .....	1749
<b>Existing Buildings – Users, Renovations and Policy</b> <i>Kirsten Gram-Hanssen</i> .....	1757
<b>An Energy-Autonomous Home in Melbourne – Myth or Reality?</b> <i>R. J. Fuller and S. J. Loersch</i> .....	1765
<b>Feasibility Study on Using Solar Chimney and Earth-to-Air Heat Exchanger for Natural Heating of Buildings</b> <i>Amin Haghighi Poshtiri, Neda Gilani and Farshad zamiri</i> .....	1773
<b>Case Study on the Whole Life Carbon Cycle in Buildings</b> <i>Howard J. Darby, Abbas A. Elmualim and Fergal Kelly</i> .....	1781
<b>From a Passive to An Active House</b> <i>Charlotta Isaksson</i> .....	1789
<b>Numerical Simulation of a PCM Shutter for Buildings Space Heating During the Winter</b> <i>N. Soares, A. Samagaio, R.Vicente and J. Costa</i> .....	1797
<b>Considering Users' Factors in Sustainable Building Refurbishment Projects</b> <i>M.Agha-Hosseini, A. Elmualim, M. Williams and A. Kluth</i> .....	1805
<b>Environmental Impact of Optimum Insulation Thickness in Buildings</b> <i>Özden Ağra, Ş.Özgür Atayılmaz, Hakan Demir and İsmail Teke</i> .....	1813
<b>Overheating Risk Evaluation of School Classrooms</b> <i>Despoina Teli, Mark F. Jentsch, Patrick A.B. James and AbuBakr S. Bahaj</i> .....	1821
<b>Energy Retrofit and Indoor Environmental Requalification of Existing School Buildings. Method and Tools for Operating Procedures</b> <i>Paola Boarin and Pietromaria Davoli</i> .....	1829
<b>Analysing the Energy Performance of Secondary Schools in N. Greece</b> <i>F. Vagi and A. Dimoudi</i> .....	1837
<b>Optimal Design of Net Zero Energy Buildings</b> <i>Ala Hasan</i> .....	1845
<b>Experimental Performance of Unglazed Transpired Solar Collector for Air Heating</b> <i>Hoy-Yen Chan Saffa Riffat and Jie Zhu</i> .....	1853
<b>Improving Thermal Performance of Offices in JUST Using Fixed Shading Devices</b> <i>Ahmed A. Y Freewan</i> .....	1860



IEEO549: **Studies of preferences as an extra dimension in system studies**

Alriksson, Stina; Grip, Carl-Erik  
*School of natural science, Linnaeus University, Sweden*

IEEO594: **Case Study and Analysis of the Production Processes in a Steel Factory in Jordan**

Al Asfar, Jamil J.; Salim, Ashraf  
*Mechanical Engineering Department, The University of Jordan, Jordan*

IEEO723: **Thermal cooling basin exploration for thermal calculations**  
Shipkovs, Peteris; Grinbergs, Kaspars  
*Heat, Gas and Water Technology institute, Riga Technical university, Latvia*

## Low-Energy Architecture (LEA)

### LEA - A1

**Monday 9 May, 14.10 – 15.30**

CHAIRPERSON: HAZIM AWBI,  
UNIVERSITY OF READING, UNITED KINGDOM

LEAO079: **Earthen buildings for a low-cost high-energy performance social housing**

Liuzzi, Stefania; Stefanizzi, Pietro  
*Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Politecnico di Bari, Italy*

LEAO109: **Energy performance of residential buildings and their architectural configuration**

Erlalelitepe, Ilknur; Evren Ekmen, Kenan; Turhan, Cihan; Akdemir, Manolya; Gökçen Akkurt, Gülден; Kazanasmas, Tugce  
*Department of Architecture, Izmir Institute of Technology, Turkey*

LEAO434: **Existing buildings – users, renovations and policy**

Gram-Hanssen, Kirsten  
*Danish Building Research Institute, Aalborg University, Denmark*

LEAO515: **An energy-autonomous home in Melbourne – myth or reality?**

Fuller, R.J.; Loersch, S.J.  
*School Of Architecture and Building, Deakin University, Australia*

### LEA - B1

**Monday 9 May, 16.10 – 18.10**

CHAIRPERSON: FREDRIK KARLSSON,  
SWECO SYSTEMS AB, SWEDEN

LEAO460: **Feasibility study on using solar chimney and earth-to-air heat exchanger for natural heating of buildings**

Haghighi Poshtiri, Amin; Gilani, Neda; Zamiri, Farshad  
*Department of Chemical Engineering, Tarbiat Modarres University, Iran*

LEAO532: **Case study on the whole life carbon cycle in buildings**

Darby, Howard J.; Elmualim, Abbas A.; Kelly, Fergal  
*Technologies for Sustainable Built Environments, University of Reading, United Kingdom*

LEAO720: **From a passive to an active house**

Isaksson, Charlotta  
*University West, Sweden*

LEAO744: **Numerical simulation of a PCM shutter for buildings space heating during the winter**

Soares, N.; Samagaio, A.; Vicente, R.; Costa, J.  
*Department of Environment and Planning, University of Aveiro, Portugal*

LEAO823: **Considering users' factors in sustainable building refurbishment projects**

Agha-Hosseini, M.; Elmualim, A.; Williams, M.; Kluth, A.  
*Halcrow/ University of Reading, United Kingdom*

LEAO824: **Environmental impact of optimum insulation thickness in buildings**

Agra, Özden; Atayilmaz, S.Özgür; Demir, Hakan; Teke, Ismail  
*Yildiz Technical University, Turkey*

### LEA - C1

**Tuesday 10 May, 09.20 – 10.20**

CHAIRPERSON: HAZIM AWBI,  
UNIVERSITY OF READING, UNITED KINGDOM

LEAO337: **Overheating risk evaluation of school classrooms**

Teli, Despoina; Jentsch, Mark F.; James, Patrick A.B.; Bahaj, AbuBakr S.  
*University of Southampton, United Kingdom*

LEAO555: **Energy retrofit and indoor environmental requalification of existing school buildings. Method and tools for operating procedures**

Boarin, Paola; Davoli, Pietromaria  
*Architecture - ArchitetturaEnergia Research Centre, University of Ferrara, Italy*

LEAO599: **Analysing the energy performance of secondary schools in N. Greece**

Vagi, F.; Dimoudi, A.  
*Dep. of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace, Greece*

### LEA - D1

**Tuesday 10 May, 10.40 – 12.00**

CHAIRPERSON: ANDREAS JONSSON,  
UPPSALA UNIVERSITY, SWEDEN

LEAO1003: **Optimal design of Net Zero Energy Buildings**

Hasan, Ala  
*Department of Energy Technology, Aalto University, Finland*

LEAO190: **Experimental performance of unglazed transpired solar collector for air heating**

Chan, Hoy-Yen; Riffat, Saffa; Zhu, Jie  
*University of Nottingham, United Kingdom*

LEAO615: **Improving thermal performance of offices in JUST using fixed shading devices**

Freewan, Ahmed A.Y.  
*Department of Architecture, Jordan University of Science and Technology, Jordan*

LEAO746: **The Assessment of Advanced Daylighting Systems in Multi-Story Office Buildings Using a Dynamic Method**

Hu, Jianxin; Du, Jiangtao; Place, Wayne  
*North Carolina State University, College of Design, USA*

### LEA - E1

**Tuesday 10 May, 14.10 – 15.30**

CHAIRPERSON: EWA WÄCKELGÅRD,  
UPPSALA UNIVERSITY, SWEDEN

LEAO056: **Optimized Modular window as a sustainable and industrialized solution for indoor daylighting**

Oteiza, P.; Orozco, S.; Pérez, M.; Bedoya, C.; Neila, J.  
*UPM - Research group ABIO, Spain*

LEAO162: **Volumetric – Spatial design and daylight in apartment buildings. Study case: Havana City.**

González Couret, D.; Abreu de la Rosa, D.F.  
*ISPJAE, Cuba*

LEAO196: **Modeling of Skylight on Dome Shaped Roof of Low Energy Adobe House Located in New Delhi (India)**

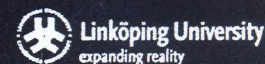
Chel, Arvind; Tiwari, G.N.  
*Center for Energy Studies, Indian Institute of Technology Delhi, India*

LEAO54: **Double layer glass façade in the refurbishment and architectural renewal of existing buildings in Italy**

Brunoro, Silvia; Rinaldi, Andrea  
*Department of Architecture, University of Ferrara, Italy*



# World Renewable Energy Congress 2011 – Sweden



Linköping University  
expanding reality

WREC 2011 - Press & Media - Photo gallery - Papers & Presentations - Program - General Information - Downloads - Contact - News

## WREC 2011

[Chairman's Welcome](#)

[Mission statement](#)

[Topics](#)

[Participating countries](#)

[WREC/WREN](#)

[WREC 2011 in Sweden](#)

## Committees

### Chairperson

Prof. Bahram Moshfegh Linköping University, Sweden

### Co-chairperson

Prof. Ali Sayigh WREN, UK

### International scientific advisory committee

Prof. Hazim B. Awbi	UK
Prof. Per Alvfors	Sweden
Prof. AbuBakr S. Bahaj	UK
Prof. Ola Carlsson	Sweden
Prof. Gudni Johannesson	Iceland
Prof. Larry Kazmerski	USA
Prof. Jacques Kimman	The Netherlands
Prof. Björn-Ola Linnér	Sweden
Prof. Lena Neij	Sweden
Prof. Lars J. Nilsson	Sweden
Prof. Jan-Eric Sundgren	Sweden
Prof. Bo Svensson	Sweden
Prof. Mats Söderström	Sweden
Mr Anders Wijkman	Sweden
Dr Arthur A. Williams	UK
Prof. Ewa Wäckelgård	Sweden

### Organizing committee

Prof. Kajsa Ellegård	Linköping University
Prof. Magnus Karlsson	Linköping University
Ms Elisabeth Larsson	Linköping University
Ms Tina Malmström	Travel Team
Mr Michael Rantil	Swedish Energy Agency
Dr Patrik Rohdin	Linköping University
Mr Klas Svensson	Linköping University
Prof. Mats Söderström	Linköping University
Dr Patrik Thollander	Linköping University
Dr Louise Trygg	Linköping University
Ms Elisabeth Wetterlund	Linköping University

### Technical committee

Prof. Erik Ahlgren	Sweden	Dr Fredrik Karlsson	Sweden
Prof. Nader Al-Bastaki	Bahrain	Mr Michael Klinski	Norway
Dr Maria Alm	Sweden	Dr Andreas Koch	Germany
Prof. Per Alvfors	Sweden	Mr Florian Kraxner	Austria
Prof. Lennard Baas	Sweden	Dr Sylvain Leduc	Austria
Prof. Masud Behnia	Australia	Dr Sangsoo Lee	South Korea
Prof. Thore Bemtsson	Sweden	Prof. Yugo Li	Hongkong
Ms Anna Björklund	Sweden	Prof. Anna-Lisa Lindén	Sweden
Prof. Mats Bladh	Sweden	Dr Magdalena Lundh	Sweden
Dr Tony Book	UK	Mr Urban Lundin	Sweden
Prof. Göran Broman	Sweden	Dr Erica Löfström	Sweden
Dr Tor Broström	Sweden	Prof. Andrew Miller	UK
Dr Mathias Cehlin	Sweden	Dr Alfred Moser	Switzerland
Prof. Qingyan (Yan) Chen	USA	Dr Kenneth Möllersten	Sweden
Prof. Robert Critoph	UK	Dr Jyri Nieminen	Finland
Prof. Niklas Dahlbäck	Sweden	Dr Ola Norrman Eriksson	Sweden
Prof. Erik Dahlqvist	Sweden	Prof. Bjarne W Olesen	Denmark

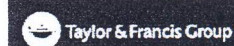
[Photo gallery updated](#)  
14 June 2011

[Best paper award winners announced](#)  
[Selection for journal publication finalized](#)  
8 June 2011

[Keynote and opening presentations now available for download](#)  
[Media coverage page updated](#)  
16 May 2011

[Participating countries](#)

[Participating countries](#)



GÄVLE ENERGI



future position



Prof. Jan Olof Dalenbäck	Sweden	Prof. Björn Palm	Sweden
Dr Jan E.G. van Dam	Netherlands	Prof. Jenny Palm	Sweden
Dr Maria Danestig	Sweden	Prof. Jurek Pyrko	Sweden
Dr Sarah Darby	UK	Prof. Darren Robinson	Switzerland
Prof. Erik Dotzauer	Sweden	Prof. Ronald Rovers	Netherlands
Architect Hans Eek	Sweden	Prof. Satoru Sadohara	Japan
Prof. Mats Eklund	Sweden	Prof. Antonio Samagaio	Portugal
Prof. Carl-Johan Fogelholm	Finland	Prof. Mats Sandberg	Sweden
Prof. arch. Cettina Gallo	Italy	Prof. Henrik Saxén	Finland
Architect Ian Giuliani	UK	Ms Ann Segerborg-Fick	Sweden
Dr Wiktoria Glad	Sweden	Dr Despina Serghides	Cyprus
Prof. Kirsten Gram-Hanssen	Denmark	Prof. Adel Sharif	UK
Prof. Carl-Erik Grip	Sweden	Prof. Tomas Sterner	Sweden
Dr Stefan Grönkvist	Sweden	Prof. Paul Strachan	Scotland
Dr Michael Gustafsson	Sweden	Prof. Svend Svendsen	Denmark
Prof. Leif Gustavsson	Sweden	Prof. AC Varonides	USA
Prof. Simon Harvey	Sweden	Ms Anna Vidlund	Sweden
Prof. Per Heiselberg	Denmark	Prof. Sven Werner	Sweden
Dr Erik-Anders Hektor	Norway	Dr Anna Werner	Sweden
Dr Dag Henning	Sweden	Prof. Mats Westermark	Sweden
Mr Rainer Hinrichs-Rahlwes	Germany	Dr Anna Wolf	Sweden
Prof. Olof Hjelm	Sweden	Prof. Jinyue Yan	Sweden
Dr Kristina Holmgren	Sweden	Dr Runming Yao	UK
Prof. Olle Inganäs	Sweden	Prof. Satoshi Yoshida	Japan
Prof. Yukawa Isao	Japan	Dr Alexander Zhivov	USA
Dr Reinhard Jank	Germany	Prof. Heimo Zinko	Sweden
Prof. Björn Karlsson	Sweden		

#### International steering committee

Dr Eng. Edmond M. Hido	Albania	Dr Ahmad Hourii	Lebanon
H E Mr Genc Ruli		Eng. Jean Paul Sfeir	
Dr Linda Hassaine	Algeria	Mr Mohamed Amer	Libya
Mr Nordine Cherouati		Dr Wedad El-Osta	
Prof. Carlos Labriola	Argentina	Dr Eng. Tarek M. Tarbaghia	
Dr.Karen Gambaryan	Armenia	Dr Jolita Jarmakauskiene	Lithuania
Prof. Ahmad Zahedi	Australia	Eng. Aidaf Vaisnoras	
Prof. Wasim Saman		Mr Ljupco Stojanovski	Macedonia
Prof. A K M. Islam Sadrul	Bangladesh	Prof. Dr Data MHY Othman	Malaysia
Dr Evgeny Shirokov	Belarus	Prof. Dr Kamaruzzaman Sopian	
Mr Andre Gillet	Belgium	Mr Abdullahi Majeed	Maldives
Prof. Oscar D. Corbella	Brazil	Mr Godwin Cassar	Malta
Dr Heliane Guarilha Custodio		Dr Mario Fsadni	
Dr Antonia Sonia A C Diniz		Dr Mariano Bauer	Mexico
Dr Abdul Q. Malik	Brunei	Dr Pablo Mulas	
Prof. Dr Plamen Gramatikov	Bulgaria	Mr Altangerel Enkhbat	Mongolia
Dr Afungchui David	Cameroon	Prof. Baataryn Chadraa	
Prof. A.M. Martin	Canada	Dr Sinisa Stankovic	Montenegro
Dr Richard Cheung	China	H E Mr Branimir Gvozdenovic	
Dr Li Jingming		Mr Mohamed Benyahia	Morocco
Prof. Baizhan Li		Mr Abdelhanine Benallou	
Mr Julie Domac	Croatia	Dr Ton Hoff	Netherlands
Prof. Bernard Frankovic		Dr Fouad K Abdalla	New Zealand
Prof. Arch Dania Gonzalez	Cuba	Prof. Ralph E Sims	
Couret		Mr A A Grimnes	Norway
Dr David Perez Martin	Cyprus	Ms Michaela Meir	
Dr Soteris Kalogirou		Mr. Harald N. Rostvik	
Dr Costas Y Konis	Czech	Dr Ali Al-Alawi	Oman
Dr Jan Sileny	Republic	Dr Ali Salim Al-Harthy	
Mr Josef Bubenik		Dr Parvez Akhter	Pakistan
Prof. Niels I. Meyer	Denmark	Dr Riazuddin Abro	
Prof. Zhe Chen		Prof. Dr Atta-ur-Rahman	
Prof. Bent Sorensen		Darwin M Rosales	Philippines
Dr Gorege Basli Hanna	Egypt	Mr. Joe Hilario	
Dr Hany Helal		Prof. Dorota Chwieduk	Poland
Prof. Dr Said H El-Hefnawi		Mr Adam Gula	
Prof. Mosalam Shaltout		Prof. Albino Reis	Portugal
Mr Meeli Huus	Estonia	Dr Mannel Collares-Pereira	
Mr Vladimir Sidorkin		Dr Siham Y Al Qaradawi	Qatar
Dr Kais H. Al-Gubory	France	Dr Faleh Bin Nasser Al Thani	
Mr Levan Kobakhidze	Georgia	Mr Dumitru Manea	Romania
Mr Levan Tavarkiladze		Prof. Dr Mircea D. Cazacu	

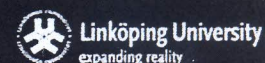
Prof. Ahmed Ennaoui	Germany	Prof. Oleg A Povarov	Russia
Prof. Panayiotis Yianoulis	Greece	Prof. Anikiev Vladimir V	
Prof. Dr Matheos Santamouris		Dr Habib I Abualhamayel	Saudi Arabia
Mr N Zografakis		Dr Naif M Al-Abbadi	
Prof. Dr Lajos Gooz	Hungary	Mr Oliver Dulic	Serbia
Dr Marta Szabo		Mr Aleksandar Vesic	
Mr Ivan Gyulai		Dr Vladimir Saly	Slovakia
Prof. Thorsteinn I. Sigfusson	Iceland	Mr Roderik Klinda	
Mr Ami Finnson		Prof. Helena Coch Roura	Spain
Dr Herliyani Suharta	India	Dr Vanesa Alvarez Franco	
Dr V Bakthavatsalam		Dr Jorge Aguilera	
Mr A K Mongotra		Prof. Anwar El-Hadi	Sudan
Prof. S Srinivasa Murthy		Mr Mutasim Bashir Nimir	
Dr Apama Basu		Dr Wilhelm Durisch	Switzerland
Mr Erwin S Sadirsan	Indonesia	Dr Alain Bill	
Dr A Kaabi-Nejadian	Iran	Prof. Dr Hussam Morad	Syria
Dr A Kahrobaian		Prof. I Othman	
Prof. Ghasem Najafpour		Prof. Fungtammasan Bundit	Thailand
Prof. Muhsin Jabar Al-Mossawi	Iraq	Mr Jos Beurskens	
Dr Sherzad Al-Talabani		Dr Kamoun Badreddinne	Tunisia
Prof. J Owen Lewis	Ireland	Mr Mohamed N Mansouri	
Prof. Paul R Brenner	Israel	Prof. Demir Inan	Turkey
Prof. Edna Shaviv		Prof. Dr Tuncay Yilmaz	
Prof. F Butera	Italy	Dr Ozlem Onay	
On. Stefania Presigiacomo		Dr Sebnem Demir	
Prof. Marco Sala		Mr Erdal Coskun	
Mr Ichiro Hashimoto	Japan	Prof. Mohsen Abounnaga	UAE
Prof. Takeo S Saitoh		Dr Khaled A. Al-Sallal	
Mr. Ziad Jibril	Jordan	Dr Abdalla A Alnajjar	
Mr. Malek Kabanti		Ms Maria McCaffery	UK
Dr Stephen Karekezi	Kenya	Prof. Michael G Hutchins,	
Prof. Dr Heekwan Lee	Korea	Mr Jim MacKenzie	USA
Mr Lee Yujin		Mr Brad Collins	
Dr Ahmad Y Al-Hasan	Kuwait	Prof. T.M. Razykov	Uzbekistan
Dr Saad Al-Jandal		Dr Makhkamdjanov Bakhtiyar	
Prof. Peteris Shipkovs	Latvia	Dr Salem Awad Ramoda	Yemen
Mr Paul Barons		Mrs. Zimba Mukuka L.N.	Zambia

WREC 2011 Secretariat - Travel Team AB, Ågatan 23, SE-582 22 Linköping, Sweden, [info@wrec2011.com](mailto:info@wrec2011.com)





# World Renewable Energy Congress 2011 – Sweden



Linköping University  
expanding reality

WREC 2011 - Press & Media - Photo gallery - Papers & Presentations - Program - General Information - Downloads - Contact - News

## Presentation schedule

Bioenergy Technology  
Climate Change Issues  
Energy End-Use Efficiency  
Fuel Cells  
Geothermal Application  
Hydropower Applications  
Industrial Energy Efficiency  
Low-Energy Architecture  
Marine and Ocean Technology  
Policy Issues  
Photovoltaic Technology  
Sustainable Cities and Regions  
Sustainable Transport  
Solar Thermal Applications  
Wind Energy Applications

## Low-Energy Architecture

Below the final Congress program is given with the presenting author underlined. A full program overview can be found [here](#).

[To the topic schedule](#)

### LEA-A1 - Monday 9 May, 14.10-15.30

*Chairperson: Hazim Awbi, University of Reading, UK*

LEA0079: Earthen buildings for a low-cost high-energy performance social housing

Liuzzi, Stefania; Stefanizzi, Pietro  
Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Politecnico di Bari, Italy

LEA0109: Energy performance of residential buildings and their architectural configuration

Eralpeliştepe, İlknur; Evren Ekmen, Kenan; Turhan, Cihan; Akdemir, Manolya; Gökçen Akkurt, Gülden; Kazanasmaz, Tuğçe  
Department of Architecture, Izmir Institute of Technology, Turkey

LEA0434: Existing buildings - users, renovations and policy

Gram-Hanssen, Kirsten  
Danish Building Research Institute, Aalborg University, Denmark

LEA0515: An energy-autonomous home in Melbourne - myth or reality?

Fuller, R.J.; Loersch, S.J.  
School Of Architecture and Building, Deakin University, Australia

### LEA-B1 - Monday 9 May, 16.10-18.10

*Chairperson: Fredrik Karlsson, Sweco Systems AB, Sweden*

LEA0460: Feasibility study on using solar chimney and earth-to-air heat exchanger for natural heating of buildings

Haghighi Poshtiri, Amin; Gilani, Neda; Zamiri, Farshad  
Department of Chemical Engineering, Tarbiat Modarres University, Iran

LEA0532: Case study on the whole life carbon cycle in buildings

Darby, Howard J.; Elmualim, Abbas A.; Kelly, Fergal  
Technologies for Sustainable Built Environments, University of Reading, United Kingdom

LEA0720: From a passive to an active house

Isaksson, Charlotta  
University West, Sweden

LEA0744: Numerical simulation of a PCM shutter for buildings space heating during the winter

Soares, N.; Samagaio, A.; Vicente, R.; Costa, J.  
Department of Environment and Planning, University of Aveiro, Portugal

LEA0823: Considering users' factors in sustainable building refurbishment projects

Agha-Hosseini, M.; Elmualim, A.; Williams, M.; Kluth, A.  
Halcrow/ University of Reading, United Kingdom

LEA0824: Environmental impact of optimum insulation thickness in buildings

Agra, Özden; Atayılmaz, S.Özgür; Demir, Hakan; Teke, Ismail  
Yildiz Technical University, Turkey

### LEA-C1 - Tuesday 10 May, 9.20-10.20

*Chairperson: Hazim Awbi, University of Reading, UK*

LEA0337: Overheating risk evaluation of school classrooms

Teli, Despoing; Jentsch, Mark F.; James, Patrick A.B.; Bahaj, AbuBakr S.  
University of Southampton, United Kingdom

LEA1055: Energy retrofit and indoor environmental requalification of existing school buildings. Method and tools for operating procedures

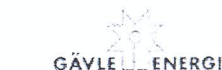
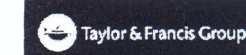
Boarin, Paola; Davoli, Pietromaria  
Architecture - ArchitetturaEnergia Research Centre, University of Ferrara, Italy



Photo gallery updated  
14 June 2011

Best paper award winners announced  
Selection for journal publication finalized  
8 June 2011

Keynote and opening presentations now available for download  
Media coverage page updated  
16 May 2011



future position  
50 4011 1601  
17 0025 5411  
011 4510 7654



LEA1050: Analysing the energy performance of secondary schools in N. Greece

Vagi, F.; Dimoudi, A.

Dep. of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace, Greece

**LEA-D1 - Tuesday 10 May, 10.40-12.00**

*Chairperson: Andreas Jonsson, Uppsala University, Sweden*

LEA1003: Optimal design of Net Zero Energy Buildings

Hasan, Ala

Department of Energy Technology, Aalto University, Finland

LEA0190: Experimental performance of unglazed transpired solar collector for air heating

Chan, Hoy-Yen; Riffat, Saffa; Zhu, Jie

University of Nottingham, United Kingdom

LEA0615: Improving thermal performance of offices in JUST using fixed shading devices

Freewan, Ahmed A.Y.

Department of Architecture, Jordan University of Science and Technology, Jordan

LEA0746: The Assessment of Advanced Daylighting Systems in Multi-Story Office Buildings Using a Dynamic Method

Hu, Jianxin; Du, Jiangtao; Place, Wayne

North Carolina State University, College of Design, USA

**LEA-E1 - Tuesday 10 May, 14.10-15.30**

*Chairperson: Ewa Wäckelgård, Uppsala University, Sweden*

LEA0056: Optimized Modular window as a sustainable and industrialized solution for indoor daylighting

Oteiza, P.; Orozco, S.; Pérez, M.; Bedoya, C.; Neila, J.

UPM—Research group ABIO, Spain

LEA0162: Volumetric - Spatial design and daylight in apartment buildings. Study case: Havana City.

González Couret, D.; Abreu de la Rosa, D.F.

ISPJAE, Cuba

LEA0196: Modeling of Skylight on Dome Shaped Roof of Low Energy Adobe House Located in New Delhi (India)

Chel, Arvind; Tiwari, G.N.

Center for Energy Studies, Indian Institute of Technology Delhi, India

LEA1054: Double layer glass façade in the refurbishment and architectural renewal of existing buildings in Italy

Brunoro, Silvia; Rinaldi, Andrea

Department of Architecture, University of Ferrara, Italy

**LEA-F1 - Tuesday 10 May, 15.50-17.30**

*Chairperson: Mats Sandberg, University of Gävle, Sweden*

LEA0178: A model study of the daylight and energy performance of rooms adjoining an atrium well

Du, Jiangtao; Sharples, Steve; Johnson, Neil

Architecture & Civil Eng, University of Sheffield, United Kingdom

LEA0112: Numerical analysis on daylight transmission and thermal comfort in the environments containing devices called "Double Light Pipes"

Boccia, O.; Chella, F.; Zazzini, P.

D.S.S.A.R.R., University "G. D'Annunzio", Italy

LEA0113: Ventilated Illuminating Wall (VIW): Natural ventilation and daylight experimental analysis on a 1:1 prototype scale model

Boccia, O.; Chella, F.; Zazzini, P.

D.S.S.A.R.R., University "G. D'Annunzio", Italy

LEA0114: Ventilated Illuminating Wall (VIW): Natural ventilation numerical analysis and comparison with experimental results

Boccia, O.; Chella, F.; Zazzini, P.

D.S.S.A.R.R., University "G. D'Annunzio", Italy

LEA0156: Experimental and numerical study on the performance of solar walls in Mediterranean climates

Stazi, Francesca; Mastrucci, Alessio; Di Perna, Costanzo

DACS, Università Politecnica delle Marche, Italy

**LEA-G1 - Wednesday 11 May, 9.20-10.20**

*Chairperson: Tor Broström, Gotland University, Sweden*

LEA0108: Thermal Performance Evaluation of Domed Roofs

Faghih, Ahmadreza K.; Bahadori, Mehdi N.

Department of Mechanical Engineering, Yazd University, eng:IRN

LEA0163: A study of single-sided ventilation and provision of balconies in the context of high-rise residential buildings

Mohamed, M.F.; King, S.; Behnia, M.; Prasad, D.

Faculty of the Built Environment, The University of New South Wales, Australia

LEA0837: Impact of ventilation heat recovery on primary energy use of apartment buildings built to conventional and passive house standard

Gustavsson, Leif; Dadoo, Ambrose; Sathre, Roger

Mid Sweden University and Linnaeus University, Sweden

#### **LEA-H1 - Wednesday 11 May, 10.40-11.40**

*Chairperson: Fredrik Karlsson, Sweco Systems AB, Sweden*

LEA0315: Energy and comfort benefits of a cool roof application in a non-residential building belonging to Roma Tre University

Camielo, E.; Fanchiotti, A.; Zinzi, M.

Mechanical and Industrial Engineering, Universita degli Studi Roma Tre, Italy

LEA0466: Study of green roof thermal behavior: effect on building energy performance

Boukhitine, Salah-Eddine Ould; Jaffal, Issa; Belarbi, Rafik

Université de La Rochelle, France

LEA0851: Solar reflectance performance of roof coverings in Istanbul, Turkey

Kultur, Sinem; Turkeri, Nil

Department of Architecture, Bahcesehir University, Turkey

#### **LEA-I1 - Thursday 12 May, 9.20-10.20**

*Chairperson: Hazim Awbi, University of Reading, UK*

LEA1225: Hydrogen Economy and the Built Environment

El Azzeh, S.; Sarshar, M.; Fayaz, R.

Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, United Kingdom

LEA0152: Developing a probabilistic tool for assessing the risk of overheating in buildings for future climates

Jenkins, David P.; Patidar, Sandhya; Banfill, Phil; Gibson, Gavin

School of the Built Environment, Heriot-Watt University, United Kingdom

LEA1020: Energy Efficient Buildings with Functional Steel Cladding

Joudi, M.A.; Rönnelid, M.; Svedung, H.; Wäckelgård, E.

Engineering Sciences, Uppsala University, Sweden

#### **LEA-J1 - Thursday 12 May, 10.40-12.00**

*Chairperson: Kirsten Gram-Hanssen, Aalborg University, Denmark*

LEA0143: Energy Efficiency in Historic Buildings: a Tool for Analysing the Compatibility, Integration and Reversibility of Renewable Energy Technologies

Lucchi, Elena

Politecnico di Milano, Italy

LEA0480: Towards an objective assessment of energy efficiency in heritage buildings

Ingram, V.; Banfill, P.F.G.; Kennedy, C.

School of the Built Environment, Heriot-Watt University, United Kingdom

LEA0609: Climate control in historic buildings in Denmark

Klenz Larsen, Poul; Broström, Tor

Culture, energy and environment, Gotland University, Sweden

LEA0836: Solar energy and cultural-heritage values

Broström, Tor; Svahnström, Karin

Culture, energy and environment, Gotland University, Sweden

#### **LEA-K1 - Thursday 12 May, 14.10-15.30**

*Chairperson: Tor Broström, Gotland University, Sweden*

LEA0858: Exergy analysis of different solutions for humidity control in heritage buildings

Molinari, M.; Broström, T.

Department of Building Technology, KTH-The Royal Institute of Technology, Sweden

LEA0076: New software for generation of typical meteorological year

Ebrahimpour, Abdulsalam

Department of Mechanical engineering, Islamic Azad University, Iran

LEA0332: Use of stochastic weather generators in the projection of building energy demand in a changing climate

Williams, David R.S.; Elghali, Lucia; Wheeler, Russel C.

Department of Infrastructure, Parsons Brinckerhoff / University of Surrey, United Kingdom

LEA0534: Daylighting, Daylight Simulation and Public Health: Low-Energy Lighting for Optimal Vision/Visual Acuity and Health/Wellbeing

Ellis, E.V.; Handy, N.B.; McEachron, D.L.; Del Risco, A.; Baynard, M.

Architecture + Interiors, Drexel University, USA

#### **LEA-L1 - Thursday 12 May, 15.50-18.10**

*Chairperson: Tor Broström, Gotland University, Sweden*

LEA0745: Simulations of comfort cooling strategies in Passive Houses in a Swedish climate

Persson, J.; Westermarck, M.

KTH, Sweden

LEA0813: Theory versus practice of energy and comfort in 4 low energy houses in Belgium

Verbeeck, Griet; Carmans, Werner; Martens, Veerle

Department of Architecture, PHL University College, Belgium

LEA0847: Energy simulations on switchable mirrors - comparisons between three simulation tools

Jonsson, Andreas; Roos, Arne; Yasusei, Yamada

Uppsala University, Sweden

#### **LEA-M1 - Friday 13 May, 9.20-10.20**

*Chairperson: Mats Sandberg, University of Gävle, Sweden*

LEA0584: Rice-straw based cement brick microclimatic thermal impact assessment in Cairo, Egypt

Akmal, Tamer; Fahmy, Mohammad; El-Kadi, Abdul-Wahab (presented by Elwan, Amr)

School of Architect, Sheffield University, United Kingdom

LEA0600: Comparative survey on using two passive cooling systems, solar chimney- earth to air heat exchanger and solar chimney-evaporative cooling cavity

Haghighi Poshtiri, Amin; Gilani, Neda; Zamiri, Farshad

Department of Chemical Engineering, Tarbiat Modarres University, Iran

LEA0894: Experimental Study of Long-Wave Night Sky Radiation in Owerri, Nigeria for Passive Cooling Application

Ogueke, N.V.; Onwuachu, C.C.; Anyanwu, E.E.

Mechanical Engineering Department, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria

#### **LEA-N1 - Friday 13 May, 11.00-11.40**

*Chairperson: Kirsten Gram-Hanssen, Aalborg University, Denmark*

LEA0357: Design of a sustainable house including the requisites of the Spanish Regulation

Abades Martínez, Luis; Martínez Pérez, Erika; Cristóbal Andrade, Laura; Bello Bugallo, Pastora M.

Chemical Engineering, University of Santiago de Compostela, Spain

LEA0853: Carbon footprint of a 100-year old house: Case-study of improvements and implications for the UK housing stock

Williams, Arthur A.; Gillott, Mark

Dept. Electrical & Electronic Engineering, University of Nottingham, United Kingdom

[Back to top](#)

[To the topic schedule](#)



## Energy performance of residential buildings and their architectural configuration

İlknur Erlalelitepe<sup>1</sup>, Kenan Evren Ekmen<sup>2</sup>, Cihan Turhan<sup>2</sup>, Manolya Akdemir<sup>2</sup>, Gülden Gökçen Akkurt<sup>3</sup>, Tuğçe Kazanasmaz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Izmir Institute of Technology, Department of Architecture, İzmir, Turkey

<sup>2</sup> Izmir Institute of Technology, Energy Engineering Program, İzmir, Turkey

<sup>3</sup> Izmir Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, İzmir, Turkey

\* Corresponding author. Tel: +907507063, Fax: +907507012, E-mail: tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr\*

**Abstract:** This study was conducted to determine a significant relationship between energy performance of residential buildings and their architectural configuration. It is known that there are high amount of energy expenses of residential buildings while they are in use. Utilizing knowledge to decrease costs in housing construction and energy consumption during their lifetime, it has been worth to study this subject here. Case study examples were selected from residential buildings in İzmir, Turkey, which were 5-11 storey-blocks with various construction dates. Utilizing architectural and mechanical production drawings, certain area-based ratios and building dimensions were determined as architectural configuration indicators. Energy performance of case buildings were determined by using a calculation method according to the Thermal insulation Requirements for Buildings-TS825. The significant relationship between architectural configuration aspects and energy performance of buildings were analyzed through statistical analysis and scatter charts. Findings were discussed on the basis of TS825. Thus, instead of renovation of existing buildings' energy performance by limited solutions (to add insulation material etc.), taking simple and inexpensive precautions in design process and their application might provide a wide energy saving potential.

**Keywords:** Energy performance, Design efficiency, Architectural, Residential buildings.

### 1. Introduction

Energy efficiency has been a critical issue to design residential buildings of good quality, all over the world, and in Turkey as well. It is a high indicator of thermal and visual comfort, and also a significant and powerful impact on energy costs. Due to sheltering needs of increasing population and providing a qualified habitat, the field of housing design is rife with proposals that lay claim in improving efficiency [1-3]. As the residential heating is the main source for energy and resource consumption in Turkey, residential design has gained utmost concern nowadays to reduce energy and resource consumption. Utilizing dwellings offering comfortable interior spaces, it would also be possible to reduce harmful gases released into the environment [4-6].

It is clear in literature that architectural configuration of buildings and design norms have direct impact on energy performance of buildings. Several studies have been conducted about thermo-physical characteristics of the exterior walls, building orientation and geometry, building location together with energy efficiency of buildings [7-10]. In a study, for example, optimum window dimensions and heat insulation with an optimum thickness together resulted in a high energy performance among case buildings [11]. In another study, the impact of glass types and overhangs on the heat conductance of wall and roofs were analyzed [12].

Studies on energy rating offered a variety of methods and software (design tools) to design and analyze energy efficient indoor environments [13-18]. Especially the attempt of construction sector consuming high energy in developed countries was to take measures and programs to



rationalize energy consumption in residential buildings. The main objective was to reduce energy consumption for heating [1-3]. To achieve this goal, the design and evaluation process should be in accordance with the proposed method [19]. Considering the lack of comprehensive studies on the relations of energy performance and architectural parameters of buildings in Turkey, a detailed research has been conducting in Izmir and the initial findings will be discussed here.

From the beginning of the 1990s, the Member States in Europe dealt with the legal regulations about energy consumption in order to reduce carbon dioxide emissions, according to Kyoto Protocol. Turkey is now responsible to provide regulations to comply for the latest European Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EC. [20]. In particular, the Thermal insulation requirements for buildings-TS825 and Heat Insulation Regulation (2000) were legally adopted in 2000: the latter is the complementary regulation of the former which offers the calculation method for the energy demand for heating in buildings [21]. Heat Insulation Regulation sets rules for all buildings to reduce heat loss, to provide energy saving and to determine application guideline [22]. Turkey complied with the rules by Directive 2010/31/EC, through Energy Efficiency Law (2007) and Building Energy Performance Regulation (2008). As regards these regulations, following actions were proposed: the evaluation for the energy consumption of buildings, the classification of buildings, determination of minimum energy performance requirements of existing buildings for their renovation [23,24]. “Standard Assessment Method for Energy Performance of Buildings” has been developed by The Ministry of Public Works and is expected to be published in January 2011. It will be legally adopted and will draft energy certificate and compare the energy performance of a building with ascertained energy limits. This method will include heating, cooling, domestic hot water production, lighting energy consumptions and CO<sub>2</sub> emissions. This study, however, included the calculation method which is currently in use.

Design efficiency in architecture is a concept to design and construct buildings and spaces inside more efficiently. It is derived from architectural configuration factors. By this way, it provides construction and maintenance costs at an optimum level. Energy performance is an indicator for the energy cost of the building and for the visual and thermal comfort conditions of users, as well. Again, Turkey, preparing legislations for energy performance, is responsible to ensure compliance of 2010/31/EC and these legislations offer to conduct several studies for new and existing buildings in a 10-year-period. In view of these recent research and ongoing knowledge, this study was constructed for residential buildings in İzmir, which is the third most populated city of Turkey to analyze their energy performance and architectural configuration. The objective is to determine relations between energy performance of residential buildings and their design efficiency. Energy performance of case buildings were determined by using a calculation method defined by TS825. The significant relationship between architectural configuration aspects and energy performance of buildings were determined through statistical analysis and scatter charts. To rank buildings according to their energy performance, the ratio of calculated energy demand to maximum allowed energy demand defined in TS825 were used.

## **2. Methodology**

### **2.1. Residential buildings in İzmir**

Case study examples were selected from İzmir which is situated in the western part of Turkey (latitude 38°25'N, longitude 27°08'E), along the Gulf of İzmir, by the Aegean Sea. İzmir has a



typical Mediterranean climate which is characterized by long, hot and dry summers; and mild to cool, rainy winters. The average minimum temperatures during winter months vary between 6 and 8°C. Average daytime temperatures, however, during summer months (May to October) are almost 25°C or higher.

To determine case buildings, Building Construction Statistics by Turkish Statistical Institute were analyzed. According to these, the number of multi-story residential buildings is 40% of the whole residential buildings constructed from 1960s to 2008, in İzmir. This rate tends to increase because of increasing population and lack of construction area. Thus, subject buildings in this study were defined to be 5-11 storey residential buildings. A total of 30 buildings were selected from three municipalities due to variation in zoning status and high construction rate. Among these, ten out of 30 were in Konak (designated as K1,K2, ...), the other ten were in Karabağlar (designated as Ka1,Ka2...), and the rest in Balçova (designated as Ba1,Ba2...). Architectural and mechanical production drawings were obtained from archives of related municipalities. Buildings were classified with reference to zoning status, orientation, floor number, designer and construction year. The data obtained from drawings included address, construction year, number of flats, floor number, zoning status, designer's professional status, width and height of the building, total floor area, total floor area of common spaces, total volume, total area of façade. The principal aim of this study was to analyze existing residential buildings in İzmir with respect to their architectural configuration as a representative tool for their energy performance. It was also thought that results of this analysis would provide much-needed feedback for designers and professionals in İzmir and in other cities.

## 2.2. Architectural configuration indicators

Relevant attributes of the architectural configuration are basically building form, orientation, zoning status together with several building envelope factors and climate [7-11]. In addition to data cited in previous section, relevant areas of architectural configuration calculated from drawings in this study were the following: *net-usable floor area* (inclusive of all internal areas left out from footprint area of all structural elements); *external surface area* (calculated from external perimeter and the floor to ceiling height of residential building); *net-usable common floor area* (the exclusive of all residential flats from net-usable floor area); *window area* (area where high amount of heat would be gained/lost); *external wall area* and *external dimension* (width and length). Architectural configuration indicators, as shown in Table 1, were, then, offered to conduct the assessment for the occurrence of significant relations between energy performances and architectural configuration of buildings. These ratios derived from above areas are described below;

*Ratio of external surface area to net usable floor area:* This is an indicator that reflects form of building by its volume in zoning status. So it is highly related in exterior surface design and in cost efficiency of energy consumption by concerning surfaces. *Ratio of window area to external surface area:* This was viewed as the indicator for the equilibrium of solid-void, describing effects of void surfaces to hold minimum heat load. *Ratio of width to length:* This is an indicator of plan configuration. The objective here was to determine maximum utility spaces and building surfaces in suggested zoning plan. *Ratio of external wall area to net-usable area:* This ratio was used to define design efficiency indicator related flexibility, utility and cost efficiency of designed spaces. It is the one of the general design principle, creating minimum wall area and

minimum fragment plan scheme. Ratio of net-usable common floor area to net-usable floor area: Minimum common spaces have great potential on useful spaces to make them usable and generative. It is related in management cost of first and after construction.

Table 1 Architectural configuration indicators (Balçova: Ba, Konak: K, Karabağlar: Ka)

Build no.	building surface/ net-usable area	window area/ building surface	width /length	wall surface/ net-usable area	net-usable common floor area/ net-usable area
Ba1	1,86	0,22	0,54	1,45	0,11
Ba2	0,87	0,22	0,69	0,68	0,04
Ba3	0,50	0,35	0,88	0,32	0,06
Ba4	1,09	0,17	0,67	0,90	0,15
Ba5	1,02	0,13	0,88	0,88	0,06
Ba6	1,19	0,16	0,99	1,00	0,09
Ba7	0,74	0,21	0,29	0,59	0,09
Ba8	0,64	0,30	0,56	0,44	0,10
Ba9	0,90	0,19	0,51	0,57	0,07
Ba10	0,84	0,18	0,67	0,69	0,11
K1	0,59	0,16	0,52	0,50	0,10
K2	0,32	0,46	0,71	0,17	0,06
K3	1,09	0,15	0,40	1,15	0,02
K4	0,17	0,38	0,41	0,07	0,03
K5	0,55	0,32	0,61	0,37	0,04
K6	0,51	0,34	0,79	0,34	0,03
K7	0,50	0,57	0,59	0,21	0,06
K8	0,99	0,15	0,36	1,05	0,02
K9	0,74	0,31	0,80	0,51	0,10
K10	0,61	0,42	0,45	0,35	0,10
Ka 1	0,31	0,37	0,39	0,20	0,04
Ka 2	0,73	0,42	0,37	0,42	0,08
Ka 3	0,30	0,54	0,36	0,14	0,09
Ka 4	0,56	0,39	0,54	0,34	0,05
Ka 5	0,64	0,56	0,58	0,28	0,07
Ka 6	0,57	0,55	0,50	0,26	0,09
Ka 7	0,40	0,48	0,52	0,21	0,06
Ka 8	0,69	0,36	0,46	0,44	0,05
Ka 9	0,59	0,37	0,48	0,37	0,05
Ka 10	0,02	0,40	0,49	0,01	0,00

### 2.3. Thermal Insulation Requirements for Buildings -TS 825

TS 825 [21] "Thermal Insulation Requirements for Buildings" is an official obligatory standard of Turkey derived from DIN V 18599. TS 825 has been in use since 2000 which is revised in



2008 by lowering maximum allowable total heat transfer coefficient. Main purpose of TS 825 is to limit building's energy demand according to exposed area to volume (A/V) ratio. TS 825 uses solar radiation and outdoor air temperature values which are tabulated according to climatic regions specifically determined for Turkey using degree-day method. Heat demand is calculated monthly including specific heat loss, efficiency factor, internal and solar gains. Thermal bridging effect is taken into account with length of the element (I) and longitudinal heat loss coefficient ( $U_L$ ) according to TS EN ISO 14683 (2004). In TS 825, internal gains are simplified as  $5 \text{ W/m}^2$  for net floor area. Gain utilization factor ( $\eta$ ) is used to correct the total of internal and solar gains to calculate average monthly useful gains in a statistical way. Calculation of yearly heat demand is followed by comparison of limiting values given in TS 825 according to A/V ratio. If the yearly heat demand is within the limits, the procedure is completed; otherwise properties of the building elements should be re-evaluated and re-calculated.

#### **2.4 Statistical Analysis**

The relations between variables, namely, ratio of external surface area to net usable floor area, ratio of window area to external surface area, ratio of width to length, ratio of external wall area to net-usable area, ratio of net-usable common floor area to net-usable floor area and energy performance ratio were tested by single-factor ANOVA at a 5% level of significance ( $\alpha=0.05$ ). Scatter plots were derived from paired values of variables, namely, heating energy demand, ratio of building surface area to net usable floor area, ratio of window area to external surface area, ratio of width to length, net-usable common floor area to net-usable floor area. These were constructed to understand the relation between architectural configuration indicators and heating energy demand.

### **3. Results and Discussion**

#### **3.1 Findings obtained from TS825.**

The results of calculation method-TS825 were tabulated according to construction year, orientation and zoning status. Here, external surface area per volume, heat loss, solar gain, calculated energy demand, max. energy demand, energy performance ratio, and annual fuel demand were tabulated according to construction year as shown in Table 2. In the analysis, heat loss through ventilation and heat gain from internal environment were also calculated. Energy performance ratio of 9 buildings range from 0,94 to 1,00, while 11 of them were from 1,03 to 1,92. Rest of the buildings' energy performance ratio varies between 2,14 and 2,88. Most of the buildings with high energy performance were situated in Balçova. They were the recently constructed buildings according to construction year. However, buildings constructed mostly in 1970s in Karabağlar were having low energy performance.

#### **3.2 Findings obtained from statistical analysis.**

The null hypothesis was  $H_0:\tau_i=0$ ; there is no relation among energy performance according to ratio of window area to external surface area. Accordingly,  $H_0$  was accepted at 5% level of significance. It was concluded that ratio of window area to external surface area did not varied significantly according to energy performance. All findings showed that there was no relation between architectural configuration indicators mentioned above and energy performance ratio. Scatter charts also supported this result.



Table 2 Building energy performance data obtained from TS825 according to construction year

Year	build. no	A/V	heat loss (W/K)	solar gain (W)	calculated energy demand (kWh/m <sup>3</sup> )	max. energy demand (kWh/m <sup>3</sup> )	energy per. ratio cal.energy/max.energy	annual fuel demand (kg)
1960-1969	K9	0,42	1169,70	61276	18,00	9,36	1,92	7291,54
	Ka 10	0,18	2638,28	94290	13,25	6,20	2,14	19721,04
	Ka 5	0,34	3761,00	371190	12,49	8,24	1,52	18721,95
1970-1979	Ka 6	0,32	4874,74	307516	21,48	7,95	2,70	28624,84
	Ka 7	0,27	3531,69	161045	20,29	7,22	2,81	23744,44
	Ka 8	0,37	3681,05	155100	23,76	8,59	2,77	22747,55
	Ka 3	0,23	2078,27	104923	17,04	6,64	2,57	14156,78
	Ka 4	0,28	4106,35	224229	15,98	6,51	2,45	25889,27
	BA1	0,37	2399,00	134625	13,48	8,67	1,55	16055,33
	BA2	0,44	2827,20	108958	21,04	9,65	2,18	19688,14
	K3	0,49	2144,20	101650	13,43	10,35	1,30	14323,37
	K4	0,19	1642,00	122282	9,25	6,20	1,49	10493,66
	K7	0,13	1945,20	191959	5,84	6,20	0,94	13818,38
1980-1989	K10	0,28	2885,90	175195	9,83	6,22	1,58	8424,46
	K8	0,35	2325,10	101560	10,95	8,38	1,31	16829,06
	K6	0,29	3456,60	275989	9,05	9,05	1,00	21982,30
	K5	0,39	1540,40	156551	11,19	10,82	1,03	8507,13
	Ka 9	0,33	4362,80	198601	22,77	7,98	2,85	28731,50
	Ka 1	0,23	1724,94	62394	14,46	6,66	2,17	12817,99
	Ka 2	0,39	3912,23	209748	25,44	8,84	2,88	24115,27
1990-1999	BA3	0,23	3483,80	244071	9,77	6,60	1,48	10473,92
	K1	0,37	344,90	15174	9,90	8,63	1,15	2640,02
	K2	0,14	2247,30	113928	6,10	6,20	0,98	21462,84
	BA4	0,61	441,09	38941	11,95	11,55	1,03	3370,58
	BA5	0,27	2655,97	39810	9,15	9,54	0,96	5470,00
2000-2009	BA6	0,43	1047,77	32318	11,27	11,92	0,95	23250,00
	BA7	0,33	1909,56	114991	7,90	7,98	0,99	15003,07
	BA8	0,44	1001,88	74182	8,77	9,17	0,96	7239,95
	BA9	0,49	951,31	52132	9,86	10,24	0,96	6712,55
	BA10	0,73	464,34	38135	13,06	13,64	0,96	3412,85

#### 4. Conclusions and Recommendations

The analyses of variance and scatter charts were applied to determine relation between architectural configuration indicators and energy performance of residential buildings. Energy demand calculations were constructed by TS 825. A number of results about architectural configuration indicators and their relationship with energy performance ratio were considered as noteworthy on their own merit. One was that the energy performance ratio was independent of

architectural configuration indicators, despite literature [7-14], showing distinct impact of architectural aspects on building energy performance. Another noteworthy observation was the independence of zoning status and orientation on the energy performance ratio. Several conditions may indicate such an anomaly. One is that the study included a limited number of sample buildings. The other one is that the calculation method is independent from orientation, building form. TS 825, as a static method, is well established to control overall heat transfer coefficient and limit heating energy demand of a building. However, using monthly average climatic values, single zone assumption, ignoring thermal mass, assuming continuous heating regime, lack of internal gain details and control of HVAC systems leads inaccurate results compared with measurements. Results of the static methods give an estimate of monthly heating load and idea about applicable measures to reduce the heat loss of the building. On the other hand, dynamic methods calculate gains and losses from different elements in a building, giving details about different zones and their interactions with the building. Therefore, once the dynamic method which has been developed for building energy performance for Turkey is released, this study will be repeated accordingly. The authors hoped that the new method will exhibit the relationship with building energy performance and architectural parameters. It is necessary to conduct further investigations with inclusion of high number of sample buildings in Turkey. Then, all findings which will be resulted by objective evaluations about existing buildings will be presented to all correspondings' knowledge and use.

#### **Acknowledgements**

The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) funded this research and their contribution is gratefully acknowledged.

#### **References**

- [1] M. Santamouris, Introduction On the Energy Rating of Buildings, in Energy Performance of Residential Buildings, James & James/Earthscan, UK, 2005.
- [2] J. Smeds, and M. Wall, Enhanced Energy Conservation in Houses through High Performance Design, Energy and Buildings, 39, 2007, pp. 273–278.
- [3] I. Borden, A. Leaman A. and M. Atkins, Energy efficient design, A Guide to Energy Efficiency and Solar Applications in Building Design, United Nations, New York, 1991.
- [4] E. Berköz and G. Kocaaslan, Enerji ve Kaynak Tüketimini azaltan Konut ve Yerleşme Tasarımı, Konutta Kalite, Derleyen T. Aktüre, MESA, Ankara, 1994, pp. 141-156.
- [5] M. Balamir, Kentleşme, Kentsel süreçler ve kent yapısı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara, 1982.
- [6] V. İmamoğlu, Konutlarda Isı Konforu, Konutta Kalite, Derleyen; T.Aktüre, MESA, Ankara, 1994, pp. 105-116.
- [7] R. Ünver, N.Y. Akdag,, G.Z. Gedik, L.D. Öztürk and Z. Karabiber, Prediction of building envelope performance in the design stage: an application for office buildings, Building and Environment, 39, 2004, pp. 143 – 152.
- [8] G. K. Oral, A.K. Yener, N.T. Bayazit, Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions, Building and Environment, 39, 2004, pp. 281 – 287.



- [9] G.K. Oral, and Z. Yilmaz, The limit U values for building envelope related to building form in temperate and cold climatic zones, *Building and Environment*, 37, 2002, pp. 1173 – 1180.
- [10] G. Manioğlu and Z. Yilmaz, Energy Efficient Design Strategies in the Hot Dry Area of Turkey, *Building and Environment*, 43, 2008, pp. 1301–1309.
- [11] M.N. İnanıcı and F.N. Demirbilek, Thermal Performance Optimization of Building Aspect Ratio and South Window Size in Five Cities Having Different Climatic Characteristics of Turkey, *Building and Environment*, 35, 2000, pp. 41-52.
- [12] G.A. Florides, S.A. Tassoub, S.A. Kalogirou and L.C. Wrobel, Measures Used to Lower Building Energy Consumption and Their Cost Effectiveness, *Applied Energy*, 73, 2002, pp. 299–328.
- [13] S. Alvarez, A. Blanco, J.A. Sanz, F.J. Sanchez, The Euroclass method-description of the software, in *Energy Performance of Residential Buildings*, Ed.M.Santamouris, James & James/Earthscan, UK, 2005.
- [14] B. Poel, G. Cruchten, and C. Balaras, Energy performance assessment of existing dwellings, *Energy and Buildings*, 39, 2007, pp. 393–403.
- [15] L. Pedersen, Use of different methodologies for thermal load and energy estimations in buildings including meteorological and sociological input parameters, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 2007, pp. 998–1007.
- [16] TOBUS>About EPIQR. Visited on: January 6, 2007. Available at:  
[<http://tobus.cstb.fr/english/epiqr.htm>].
- [17] C.A. Balaras, K. Droutsas, A.A. Argiriou and D.N. Asimakopoulos, EPIQR surveys of apartment buildings in Europe, *Energy and Buildings*, 31, 2000, pp. 111-128.
- [18] SAP2005, The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings, 2005 Ed., Revision 1, Version 9.81, 2008.
- [19] International Energy Agency (IEA), *Integral Building Envelope Performance Assessment, Technical Synthesis Report IEA ECBCS Annex 32, Energy Conservation in Buildings and Community System*, FaberMaunsell Ltd., United Kingdom, 2003.
- [20] DIRECTIVE 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings, 2010.
- [21] Anon. the Thermal Insulation Requirements for Buildings -TS825, Ankara: Turkish regulations, 1999 (in Turkish)
- [22] Anon. Heat Insulation Regulation, Ankara: Ministry of Public Works, 2008 (in Turkish).
- [23] Anon. Energy Efficiency Law, Ankara: Ministry of Public Works, 2007 (in Turkish).
- [24] Anon. Building Energy Performance Regulation, Ankara: Ministry of Public Works, 2008 (in Turkish).



tmmob  
makina mühendisleri odası

# X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ

## BİLDİRİLER KİTABI

### II. CİLT

mmo yayın no: E/2011/550

İZMİR  
NİSAN 2011

**tmmob**  
**makina mühendisleri odası**

Meşrutiyet Cad. No: 19 Kat: 6-7-8 Kızılay / ANKARA  
Tel : (0312) 425 21 41 Pbx Faks: (0312) 417 86 21

**ODA YAYIN NO: E/2011/550**

ISBN 978-605-01-0086-0

**BU YAPITIN YAYIN HAKKI MMO' NA AİTTİR.**



**TÜBİTAK** Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmektedir.

DİZGİ VE KAPAK TASARIMI : TMMOB Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi  
MMO Tepekule Kongre - Sergi ve İş Merkezi  
Anadolu Cad. No:40 Kat: M2 35010 Bayraklı/İzmir  
Tel : (0232) 462 33 33 Pbx

BASKI : ALTINDAĞ MATBAACILIK – İZMİR Tel: (0232) 457 58 33

---

Bu yayın MMO tarafından derlenmiştir. MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.



## KONGRE DÜZENLEME KURULU

Emin KORAMAZ  
Şuayip YALMAN  
Barış LEVENT  
Harun ERPOLAT  
Osman TEZGİDEN  
Hasan EMİR KAVI  
Saadettin ÖZKALENDER  
Aytekin ÇAKIR  
Hüseyin BARUT  
Fikri DÜŞÜNCELİ  
Murat KESEN  
Barbaros ÇAM  
Abdullah TEKİN  
Emre DERELİ  
Rıza ERHAN KUTLU  
Turgut BOZKURT  
Ali PERİ  
Macit TOKSOY  
Melih YALÇIN  
Güniz GACANER  
Ersin FENER  
Levent TANRISEVER  
Ömer Erdoğan DURANSOY  
İbrahim TEMAMOĞULLARI  
Mehmet MUTLU  
Hamdullah ÇUVALCI  
Atif METE

TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
TMMOB MMO Adana Şubesi  
TMMOB MMO Ankara Şubesi  
TMMOB MMO Ankara Şubesi  
TMMOB MMO Antalya Şubesi  
TMMOB MMO Bursa Şubesi  
TMMOB MMO Bursa Şubesi  
TMMOB MMO Denizli Şubesi  
TMMOB MMO Diyarbakır Şubesi  
TMMOB MMO Edirne Şubesi  
TMMOB MMO Eskişehir Şubesi  
TMMOB MMO Gaziantep Şubesi  
TMMOB MMO İstanbul Şubesi  
TMMOB MMO İzmir Şubesi  
TMMOB MMO İzmir Şubesi  
TMMOB MMO İzmir Şubesi  
TMMOB MMO Kayseri Şubesi  
TMMOB MMO Kocaeli Şubesi  
TMMOB MMO Konya Şubesi  
TMMOB MMO Mersin Şubesi  
TMMOB MMO Samsun Şubesi  
TMMOB MMO Trabzon Şubesi  
TMMOB MMO Zonguldak Şubesi

## KONGRE YÜRÜTME KURULU

Ahmet ARISOY (Başkan)  
Ali GÜNGÖR  
Cafer ÜNLÜ  
Duran ÖNDER  
Fasih KUTLUAY  
Gönül UTKUTUĞ  
Güliden GÖKÇEN  
Güniz GACANER  
Hakan BULGUN  
Hasan HEPERKAN  
İbrahim Üstün TATLIDİL  
İsmet GENCER  
Kemal Gani BAYRAKTAR  
M. Serhan KÜÇÜKA  
Macit TOKSOY  
Melih YALÇIN  
Necmi VARLIK  
Niyazi AKSOY  
Özay AKDEMİR  
Sait Cemil SOFUOĞLU  
Şerif ÖZSAKARYA  
Şevket AKIN KAYACAN  
Tahsin BAŞARAN  
Tufan TUNÇ  
Yüksel YAŞARTEKİN

## KONGRE SEKRETERİ

Sungu KÖKSALÖZKAN

## KONGRE SEKRETARYASI

Önder SÖZEN  
Engin BIÇAK  
Aydın DOĞAN

94. ÖZTÜRK,	İlhan Tekin. "Isıl Konfor ve Enerji Verimliliği" .....	1465
-------------	---	------

### BİNA FİZİĞİ SEMPOZYUMU BİLDİRİLERİ

95. GÖKSAL ÖZBALTA,	Türkan. "Enerji Etkin Tasarımda Yeni Yaklaşımlar" .....	1485
96. SEV,	Ayşin. BAŞARIR, Bahar. "Geçmişten Geleceğe Enerji Etkin Yüksek Yapılar ve Uygulama Örnekleri" .....	1497
97. UTKUTUĞ,	Gönül. "Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri" .....	1515
98. ERTEN,	Duygu. YILMAZ, A. Zerrin. "Leed ve Breeam Sertifikalarında Enerji Performans Değerlendirilmesinin Karşılaştırılması" .....	1539
99. ERTEN,	Duygu. GÜLLER, Yenal. FIRAT, Aslı. "Türkiye İçin Bina Çevresel Değerlendirme Metodu Breeam'in Türkiye'ye Adaptasyonu" .....	1553
100. TAMER BAYAZIT,	Nurgün. ŞAN, Bilge. ÖKTEN, Gizem. "Yeşil Bina Sertifikasyonunda Akustik Performansın Değerlendirilmesi" .....	1565
101. DURAN,	Özlem. KOÇLAR ORAL, Gül. "Konut Yerleşmelerinde Tasarım Parametrelerinin Enerji Yükleri Açısından Değerlendirilmesi" .....	1579
102. AYÇAM,	İdil. "Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi" ...	1591
103. OKUTUCU,	Fikret. "Pasif Sistemle Isıtılan Güzelbahçe Güneşevindeki Mimari ve Yapısal Önlemlerin Enerji Performansına Etkisi" .....	1611
104. ERLALELİTEPE,	İlknur GÖKÇEN, Gülden. KAZANASMAZ, Tuğçe. "Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi" .....	1623
105. UTKUTUĞ,	Çağla Pınar. "Yeşil Pazarlamanın Gelişimi ve Yeşil Tutundurma Stratejileri: İnşaat Sektöründe Uygulanabilirliği" .....	1635
106. BEDİR,	Merve. UTKUTUĞ, Gönül. "Konutlarda Kullanıcı Davranışı Enerji Performansı İlişkisi" .....	1649
107. DARÇIN,	Polat. BALANLI, Ayşe. "Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler" .....	1661

### İÇ HAVA KALİTESİ SEMPOZYUMU BİLDİRİLERİ

108. BULUT,	Hüsamettin. "Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO <sub>2</sub> Miktarının Analizi" .....	1677
109. KARACA,	Ferhat. ÖZDEMİR, Feyza. ÜNAL, Bayram. GÖREN, Sami. "Müze İç Ortam Hava Kalitesi Araştırmaları İçin Reaktif Kupon Yöntemi ve İlk Analizler" .....	1691
110. DOLAŞ,	Esra. GÜLLÜ, Gülen. MENTEŞE, Sibel. "İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesinde Gümüş İyonları İçeren PVC Malzemelerin Antimikrobiyal Etkisinin Belirlenmesi" .....	1703

# YEŞİL BİNA SERTİFİKA SİSTEMLERİNDE KONUT TASARIMININ ÖNEMİ

İlknur ERLALELİTEPE  
Gülden GÖKÇEN  
Tuğçe KAZANASMAZ

## ÖZET

Konut üretimi, nüfus artışı ve kaliteli yaşam alanlarının tasarlanması gerekli nedenleriyle önemini korumaktadır. Günümüzde inşaat ve endüstri sektörlerindeki ilerlemeler ile konutların konfor koşullarının yüksek seviyede olması için gerekli teknolojik gelişmeler, konutlarda enerji tüketimini arttırmıştır. Binalarda enerji tüketiminin azaltılması çalışmalarıyla birlikte kendi enerjisini kendisi üreten, çevreye olumsuz etkilerin en aza indirildiği bina yapımı ve işletmesine ilişkin çalışmalar sonucunda yeşil bina kavramı ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak, yapıların çevresel etkilerinin objektif ve somut olarak ortaya konmasında yeşil bina değerlendirme sistemleri ve sertifika programları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Böylece sürdürülebilir gelişme insan, çevre, ekonomi ve enerji bir arada düşünülerek sağlanabilir. Yeşil binaların tasarımı, enerjinin daha az ve verimli kullanılmasını, konfor koşullarının sağlanarak sağlıklı mekânlar oluşturulmasını ve sera gazı salımlarının azaltılmasını kapsar. Konutların, yeşil bina ölçütlerine uygun tasarlanması, konutun insan hayatı ve sürdürülebilir çevre için öneminin yeteri kadar algılanabilmesini sağlar. Bu bildiride, konutların tasarım ölçütleriyle beraber yeşil bina sertifika sistemlerinde yeri incelenecek, konutların bu sertifika programlarında yer alan değerlendirme ölçütleri açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil Bina, Sertifika Sistemleri, Konut

## ABSTRACT

Production of housing is an utmost concern due to increasing population and designing a qualified habitat. Nowadays, due to the progression of construction and industry, energy consumption of residential buildings increases to provide high level of comfort conditions. Green building concept occurred with researches about reducing energy consumption of buildings and buildings which produce their own energy, have few bad effects to environment. By this way, assessment systems of green buildings commence to use commonly to show environmental effects of buildings perceptibly. Thus sustainable development will be achieved by thinking human, environment, economy and energy issues together. The process of green building design contains less and efficient energy usage, healthy places created by providing comfort conditions and reduction of hazardous gas emission. To design residential buildings according to green building criteria makes them to be perceived as an important issue in human life and sustainable environment. In this presentation, criteria of housing design and green building certificate systems were explained.

**Key Words:** Green Building, Certificate Systems, Residential Buildings



## 1. GİRİŞ

Sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin, 20. Yüzyıldan itibaren görülen, çevre ve insan üzerindeki olumsuz etkileri ile bina yapım süreci tekrar gözden geçirilmiş ve ekolojik mimari kavramı oluşmuştur. Ekolojik mimari kavramının felsefesi enerjiyi daha az ve verimli kullanmak, insana ve doğaya saygılı yaklaşmak, sağlıklı mekânlar yaratmak, dayanıklı ve doğaya saygılı malzeme seçmektir. Günümüzde ise bu felsefenin çevre, ekonomi, sağlık ve üretkenlik faktörlerini binanın ömrü boyunca geleneksel yapılara oranla daha fazla öne çıkarmak üzere inşa edilen ve sertifika almış yapılar yeşil bina olarak adlandırılmaktadır. Yeşil binaların tasarım aşaması, kapsamlı bir tasarım yaklaşımı ile binaların çevresel açıdan verimli olmasına imkân sağlar. Binaların çevreye ve bina kullanıcılarına olan olumsuz etkisi azalır. Bina üretiminde ve sonrasında işletiminde ortaya çıkan sera gazı salımları en az seviyeye indirilir. Yeşil binalar, sağlıklı bir iç mekânda olması gerekli konfor koşullarını, enerjiyi daha az ve verimli kullanarak sağlar. Yeşil binalar; enerji etkindir, su tasarrufu sağlar; dayanıklı, zehirli olmayan, geri dönüşümlü malzemeler kullanır ve iyi kalitede mekânlar içerir [1–3].

Sertifika sistemleri, binaların çevresel performansını değerlendirmek için ve sürdürülebilir gelişmeyi bina tasarım ve yapım faaliyetleri ile bütünleştirmek için etkin bir kapsam sunar. Bu sistemler, sürdürülebilir tasarımın öncelikleri ve hedeflerini geliştirerek ve sürdürülebilir tasarıma destek olacak performans ölçütlerini belirleyerek bir tasarım aracı olarak kullanılabilir. Aynı zamanda, çevresel konuları tasarım, yapım ve işletim aşamaları boyunca düzenlediği ve yapılandırdığı için de bir yönetim aracı olarak da kullanılabilirler. Günümüzde kullanımı yaygınlaşmaya başlayan, çeşitli sertifika sistemleri, yeşil bina bilincini yaygınlaştırmak ve yeşil bina tasarım ölçütleri dikkate alınarak inşa edilmiş bir yapının enerji performansını ve çevreye etkilerini somut ve objektif bir şekilde sunmak için hazırlanmaktadır. Öncelikle, 90'lı yıllarda İngiltere'de BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) [4] sertifika sisteminin oluşturulmasıyla başlayan bu süreç daha sonra çeşitli ülkelerin iklim ve kaynaklarına göre çeşitli sertifika sistemlerinin üretilmesi ile devam etmiştir. Uygulanabilirliği ve anlaşılabilirliği ile dünya genelinde hızla yayılan sertifika sistemleri kullanıcı için yeterli konfor koşullarının sağlandığının ve enerjiden tasarruf edildiğinin kanıtı olmaktadır. Ayrıca binanın ekonomik olarak da daha değerli hale gelmesinde yatırımcı için yol göstericidir. Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan sertifika sistemlerinin birçoğunda bina türleri arasında barınma, korunma, dinlenme ve sosyal statü göstergesi olarak ayrı bir yere sahip olan konutların, diğer binalardan farklı bir şekilde değerlendirildiği görülmektedir. Değerlendirme ölçütleri binanın yaşam döngüsüne dayandırılır, böylece bina sahipleri ve kullanıcılar için uzun vadeli fayda sağlanabilir [2, 5].

Ülkemizde konut sayısı bina sayısı toplamının %60'ını oluşturmaktadır [6]. Nüfus artışı, kaliteli yaşam ve barınma ihtiyacının yanısıra aynı zamanda diğer sektörler için de pahalı hale gelmesi konutu bina üretiminde önemli kılmaktadır. Bu sebeple gerek insan hayatındaki gerek ise ekonomik anlamda önemi göz önüne alındığında konut işlevselliği, güvenlik ve verimlilik açısından yeterli teknik donanıma sahip olmalıdır. Konutların insan hayatı ve sürdürülebilir çevre için öneminin yeteri kadar algılanabilmesi için yeşil bina ölçütlerine uygun tasarlanması önemlidir. Bu çalışmada, yeşil bina sertifika sistemlerinden LEED ve BREEAM konut bazında incelenerek Türkiye'deki konutlara uygulanabilirliği tartışılacaktır.

## 2. LEED VE BREEAM SERTİFİKA SİSTEMLERİ

Çevre kirliliği, susuzluk, doğal kaynakların hızla tükenmesi; enerji tüketimi, çevre korunumu ve inşaat sektörünün izlediği süreci günümüzde önemli hale getirmiştir. Bina yapım sürecinin çevreye ve insana etkisinin sonuçlarının somut bir şekilde ortaya konması için 1990 yılında İngiltere'de ilk sertifika sistemi olan BREEAM yayımlanmıştır. Bu sertifika sistemi, çeşitli ülkelerin kendi iklim ve doğa koşullarına göre kendi standartlarını belirlemeleri ve yeni sertifika sistemleri üretmeleri için yol gösterici olmuştur. Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [7] ise 1998 yılında Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde, LEED ve BREEAM sertifika sistemleri, uluslararası alanda yapılan çalışmalar ile Dünya geneline hızla yayılmaktadır. Tasarlanması düşünülen yeşil bir bina için hangi değerlendirme sisteminin seçileceği kullanıcı, yatırımcı ve proje müellifinin birlikte alması gereken önemli bir karardır. Seçilecek sistem,

uygulama, tasarım ve maliyet yönünden bir takımlar sorunlar yaratabilir. Doğru bir sertifika sistemi, uygulama ve tasarımın iyi bir kalitede olmasını ve kullanıcılar için uygun ve sağlıklı bir iç ortam kalitesi oluşturulmasını sağlar. Kullanıcılar için sağlıklı mekânlar tasarlanırken çevreye verilen zarar azaltılabilir [7-8]. Sertifika sistemleri, binanın kullanım saatleri, büyüklüğü ve tipolojisi dikkate alınarak farklılaşmış ve çeşitlenmiştir. Doğru sertifika sisteminin seçilmesi kadar, hangi bina türüne hangi özelleşmiş değerlendirme sisteminin uygulanacağını tespit edilmesi de önemlidir. Bina yapım sayısında ve insan hayatında önemli yere sahip olan konutlar, özelleşmiş sertifika sistemleri ile ayrı bir değerlendirme kategorisinde bulunan bina türüdür. Bu kapsamda, dünya genelinde kullanımı yaygınlaşan BREEAM ve LEED sertifika sistemlerinde konutun yeri ve değerlendirme ölçütleri irdelenecektir.

## 2.1. BREEAM - Eko Konut

**Tablo 1.** BREEAM sertifika sisteminde minimum standart ve aranan ölçütler [9].

Düzye	Kategori	Minimum standart
1(♦) 2(♦♦) 3(♦♦♦) 4(♦♦♦♦) 5(♦♦♦♦♦) 6(♦♦♦♦♦♦)	Enerji/CO <sub>2</sub> Hedeflenen salım oranı (Bina Standartları Yasası, 2006)	%10 %18 %25 %44 %100 0 karbon konut (ısıtma, aydınlatma, sıcak su ve diğer enerji kullanımı)
1(♦) 2(♦♦) 3(♦♦♦) 4(♦♦♦♦) 5(♦♦♦♦♦) 6(♦♦♦♦♦♦)	Su Günde kişi başına düşen içilebilir su tüketimi (litre/kişi sayısı/gün)	120 (l/k/g) 105 (l/k/g) 105 (l/k/g) 105 (l/k/g) 80 (l/k/g) 80 (l/k/g)
1(♦)	Malzeme Malzemenin çevresel etkisi	5 strüktür elemanından en az üçü BRE Yeşil Rehber 2006' daki koşulları sağlamalıdır. <ul style="list-style-type: none"><li>• Çatı strüktürü</li><li>• Dış duvarlar</li><li>• Üst katlar</li><li>• İç duvarlar</li><li>• Pencere ve kapılar</li></ul>
1(♦)	Yüzey Suyu	yüzey suyunun arazinin binanın yapımından önce arazideki su miktarını aşmaması gerekmektedir.
1(♦)	Atık Arazi atığı Yapı atığı	Arazi atık yönetim planı Her konut için atık depolama alanı

İngiltere Çevre Konseyi tarafından 1990 yılında binaların çevresel ve enerji performanslarının değerlendirilmesi için doğru ölçütleri belirlemek amacı ile ilk sertifika sistemi olan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) oluşturulmuştur. İngiltere koşulları düşünülerek geliştirilen bu sistemin, BREEAM International, BREEAM Europe, BREEAM Gulf gibi farklı versiyonları da kullanılmaya başlanmış ve tüm dünya geneline yayılması sağlanmıştır. Sistem, farklı tipolojilerdeki binaları, çeşitli kategoriler ve puanlama sistemi ile değerlendirmektedir. Konut sektörü için "BREEAM-Eko Konut (EcoHomes)" [9] değerlendirme yöntemi oluşturulmuş, 2007 yılında ise bu yöntem "Sürdürülebilir Konut Kanunu (Code for Sustainable Homes)" adını alarak yasalaşmıştır. Bu kanun, konutları sağlık ve refah, enerji ve CO<sub>2</sub>, su, malzeme, yüzey suyu, atık,

kirlilik, ekoloji ve binanın yönetimi ölçütleri üzerinden değerlendirmektedir. Kanunda belirtilen performans ölçütleri, 1 ile 6 yıldız arasında puanlandırılarak değerlendirilmektedir. Tablo 1'de Breeam sertifika sisteminde minimum standart ve aranan ölçütler görülmektedir. Buna göre 1 yıldız geçer, 6 yıldız ise en yüksek derece olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen sertifika geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve olağanüstü olarak derecelendirilmektedir. İncelenen konutun, su ve enerji performansı kategorilerinde her derece için ayrı bir minimum standardı sağlaması gerekirken, malzeme, yüzey suyu ve atık kategorilerinde minimum standart olarak geçer derecesini sağlaması yeterli olarak görülmektedir. Diğer dört ölçütte ise minimum standart aranmamaktadır. Sonuç olarak sistemde minimum standartları sağlaması gereken ve ek puan sağlayan ölçütler yer almaktadır. Bu sertifikasyon sistemi ülkeye, bölgeye ve projeye uygun farklı kurallar getirmekle beraber bu kurallar tasarımcı ile beraber belirlenmekte ve projeye adaptasyonu zorlaşabilmektedir [8, 9].

## 2.2. LEED-Konut (LEED-H)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından 1998 yılında inşaat sektöründe binaların tasarımında, yapımı sırasında uygulanan yöntemde ve malzemede sürdürülebilirlik ve doğaya en az zarar veren bina standartlarını belirlemek ve kontrol etmek amacı ile geliştirilmiştir. Sistemin ekonomik faydaları dışında insan için sağlık, güvenlik ve konfor, toplumsal yapı için kanalizasyon, trafik ve alt yapıya getirdiği avantajlar ve konutların sigorta değerlerinin daha düşük hesaplanması kullanıcıların bu binaları tercih etmesine sebep olmaktadır [10]. LEED'in uygulanması Amerika'nın bazı eyaletlerinde zorunlu olmakta, zorunlu olmayan yerlerde uygulandığında ise teşvik ve vergi indirimi yapılmaktadır. BREEAM sertifika sisteminde olduğu gibi proje tipine ve kullanım şekline göre uyarlanmış farklı LEED sertifikaları bulunmaktadır. Konutlar, LEED-Konut (LEED for Homes, LEED-H) [11] sertifika sistemi ile 8 ayrı kategoride değerlendirilmektedir. Konut değerlendirmesine özgü önerilen ölçütler, tasarım süreci ve yaratıcılık, lokasyon, sürdürülebilir alanlar, suyun verimli kullanılması, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç mekân hava kalitesi, eğitim ve farkındalıktır. Bu kategorilerden elde edilen puanlara göre, konutlar, 130 puan üzerinden değerlendirilmektedir. 45-59 puan alan konutlar sertifikalı, 60-74 puan alanlar gümüş, 75-89 puan alanlar altın ve 90-128 puan alanlar da platin olarak derecelendirilmektedir. LEED-H sisteminde tasarım süreci ve yaratıcılık 9 puan, lokasyon 10, sürdürülebilir alan 21, su verimliliği 15, enerji ve atmosfer 38, malzeme ve kaynaklar 14, iç mekân kalitesi 20, eğitim ve farkındalık ise 3 puan üzerinden değerlendirilmekte ve bu performans ölçütlerinin alt ölçütleri bulunmaktadır [9]. Konut kategorisini (LEED-H) en çok tercih edilen yeni binalar kategorisi (LEED for New Construction, LEED-NC) [12] ile karşılaştırdığımızda ölçütlerin yüzdelik olarak ağırlığının farklılaştığı görülmektedir. Tablo 2'de, LEED-H ile su verimliliğinin, enerji ve atmosfer ölçütlerinin öneminin arttığı, lokasyon, eğitim ve farkındalık gibi farklı ölçütlerin ortaya çıktığı ve konutlar için değerlendirildiği anlaşılmaktadır.

**Tablo 2.** LEED -H ve LEED-NC kategorilerinin ölçütlerinin karşılaştırması [11,13].

LEED ölçütleri	LEED-H puanları	LEED-H sertifika sistemindeki ağırlıkları (%)	LEED-NCsertifika sistemindeki ağırlıkları (%)
Tasarım süreci ve yaratıcılık	9	7	7
Lokasyon	10	8	-
Sürdürülebilir alanlar	21	16	20
Suyun verimli kullanılması	15	12	7
Enerji ve atmosfer	38	29	25
Malzeme ve kaynaklar	14	11	19
İç mekân hava kalitesi	20	15	22
Eğitim ve farkındalık	3	2	-

### 3. DÜNYADAN KONUT ÖRNEKLERİ

Dünya üzerinde yapılmış yeşil konutlardan biri olan Altın LEED sertifikalı Idea House, Amerika'nın Carolina eyaletinde, bir ailenin yaşayabileceği örnek bir yeşil konut modeli teşkil etmesi için Southern Living isimli bir dergi tarafından inşa ettirilmiş bir yapıdır (Şekil1). Yaklaşık 20 milyon okuyucusuna ulaştığı düşünülen bu konutu, ilk açıldığında 15.000 kişi ziyaret etmiştir. 287 m<sup>2</sup>'lik bu çiftlik evi ile okuyucular sağlıklı, konforlu yeşil bir binanın avantajlarını görmekle beraber LEED sertifikası hakkında bilgi edinmişlerdir. Konutun konumlandığı arazideki erozyonu önlemek için saman balyaları kullanılmış ve yağmur hendekleri açılmıştır. Çevre düzenlemesinde, binanın yer aldığı bölgeye ait ve diğer bitkilere göre %80 daha az sulama gerektiren bitkiler kullanılmıştır. Çatıda ise yağmurun akışını kesen ve toplayan sistem hem yalıtım sağlarken hem de tuvaletlerde kullanılmak üzere gri su sağlamaktadır. Su verimliliğini sağlamak üzere yapılan bu uygulamalar sertifika sisteminde bu ölçütten 15 üzerinden 10 puan almasını sağlamıştır. Enerji ve atmosfer kriterinden 38 puan üzerinden 21 puan almasının nedenleri; binanın sıcak suyunun ve ısıtmasının güneş kolektörlerinden sağlanması, güneş pilleri ile elde edilen elektriğin fazlasının yerel elektrik şirketine satılması ve ısıtma-soğutma sistemlerinin zonlandırılarak mekanlar için harcanacak enerjinin azaltılmasıdır. Çevreye bırakılan atığın az olması için binanın duvarları fabrikada paneller halinde hazırlanmış ve kullanıcıların sağlığı için az uçucu organik boya kullanılmıştır. Havalandırma için ise taze havayı filtreleyen mekanik havalandırma sistemi kullanılmıştır. İç mekan konforunu sağlamaya yönelik yapılan malzeme ve ısıtma, havalandırma seçimi konutun 21 puan üzerinden 16 puan kazanmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak bu konut enerjiyi geleneksel bir konuta göre %43 daha verimli kullanırken sulama için %80 daha az su kullanmaktadır. İnşaat atıklarının %50'si ise arazi doldurmada kullanılmıştır [14].



Şekil 1. Idea House Projesinin Görünüşleri [13].

LEED sertifikalı bir diğer konut projesi ise Amerika'nın California eyaletinde yer alan Vista Dunes konutlarıdır (Şekil 2). 80 konuttan oluşan bu projenin amacı kullanıcıların ihtiyacını karşılayabilen aynı zamanda su ve enerji tasarrufunda örnek olacak bir proje olmasıdır. Konutların 1,2 ve 3 odalı olarak tasarlanması %30-50'sini orta gelirli ailelerin kullanmasına imkan vermektedir. Sakin bir yaya yolu üzerinde kurulan bu toplu konut projesinin çevresinde kullanıcıların sosyal ve sportif aktiviteleri için alanlar tasarlanmıştır. Site yakınında bir otobüs durağı ile site içerisinde bisiklet kullanımı için yollar ve bisiklet parkı tasarlanmıştır. Bu uygulamalar konut projesinin lokasyon ölçütünden 10 üzerinden 9, sürdürülebilir alanlar kriterinden ise 21 üzerinden 17 puan almasını sağlamıştır. Çevre düzenlemesinde kuraklığa dayanıklı az sulama ihtiyacı duyulan bitkiler kullanılmıştır. Yüzeylerden süzülen yağmur suları göletlerde toplanarak sudan tasarruf edilmektedir. Konut içinde de su tasarruf cihazları ile %25-30 arası tasarruf edilmektedir. Böylelikle konut LEED sertifika sisteminin su verimliliği ölçütünden 15 puan üzerinden 9 puan almıştır. Konutların birbirine gölge sağlayacak şekilde yerleştirmesi ile soğutma için harcanacak enerji azaltılmaktadır. Arazide ve konutlarda kullanılan malzemelerin renkleri çöl ikliminin sıcak etkisini önleyecek şekilde seçilmiştir. Aynı zamanda bu malzemeler yapım aşamasında ortaya çıkacak atık miktarını azaltma için geri dönüştürülebilir malzemelerden seçilerek önceden hazırlanarak inşaa alanına getirilmiştir. Soğutma yükünü azaltmaya yönelik konut yüzeylerinde kafesler ve bitkiler tasarlanmış, çatı ve kaldırımlarda ise ısıyı geri yansıtıcı malzemeler kullanılmıştır. Bina içerisinde ise gün ışığı ve havalandırma konusunda yardımcı eleman



olarak rüzgar bacası tasarlanmıştır. Her konutun çatısında enerji üretimine katkı sağlayan 16 fotovoltaik panel yer almaktadır ve bu paneller bina için gerekli olan elektriğin %70'ini üretmektedirler. Enerji tasarrufuna yönelik bu uygulamalar 38 puan üzerinden 18 puan toplamasına yardımcı olurken malzeme seçimindeki özen 14 puan üzerinden 10 puan almasını sağlamıştır [15].



Şekil 2. Vista Dunes Projesinde Çevre Düzenlemesi ve Konutların Konumu [15].

#### 4. LEED VE BREEAM SERTİFİKA SİSTEMLERİNİN TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİ

LEED ve BREEAM sertifika sistemleri, temelde aynı düşünceyle ortaya çıkmalarına rağmen farklı ülkelerde geliştirilmiş olmaları sebebiyle farklı ölçütler kullanılmaktadır. Örnek olarak BREEAM sertifika sisteminin bol yağış alan ve yeşil alanı diğer bölgelere göre daha fazla yer kapladığı İngiltere'de ortaya çıkması sebebi ile yeşil alan ve su tasarruflu peyzaj kullanımına dikkat çekmediği, Amerika'da yayımlanan LEED sertifika sisteminde ise NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> salımlarının azaltılmasına yönelik bir çalışma olmadığı görülmektedir [8]. Tablo 1 ve 2'deki değerlendirme ölçütleri birlikte incelendiğinde, LEED sertifika sisteminin sürdürülebilir alanlar (21 puan), enerji ve atmosfer (38 puan) ve iç ortam kalitesi (20 puan) ölçütleri ile kullanıcıların konfor ve sağlığına önem verdiği, BREEAM sertifika sisteminin ise, enerji ve atmosfer, ekoloji, atık, kirlilik, yüzey suyu ölçütleri ile binanın çevre üzerindeki kötü etkisini en aza indirmeye çalıştığı anlaşılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde hazırlanan sertifika sistemlerinde kullanılan ölçütlerin, gelişmekte olan ülkelerde farklılık göstermesi ve puanlama sistemindeki ağırlıkların değişmesi kaçınılmazdır. Bu değerlendirme sistemlerinin ölçütleri, uygulanacağı ülkede geçerli olan standartlar ile karşılaştırıldığında, eğer standart değerler, ölçütün tariflediği minimum değerlerden daha uygun ise standart uygulanmaktadır. Her ülkenin de kendi koşullarına özgü standartları mevcuttur. Bu bakımdan, farklı ülke ve bölgelerde, sertifika sistemlerinin uygulanabilirliği esnek olmaktadır. Ancak BREEAM gibi Türkiye için yeni bir sertifika sisteminin oluşumunda temel alınan standartlar ile ülkemizde uygulanan standartlar henüz karşılaştırılmamıştır. LEED ve BREEAM'in, ASHRAE 90.1 [16] gibi uluslararası bir standarda gönderme yapması nedeniyle, bu standardın Türkiye'de kullanımının yaygın ve bilinir olması gerekmektedir. Bu konu hakkında bilgi sahibi kişi sayısı az olduğu için Türkiye'deki uygulamalarda zorluklar yaşanacağı düşünülmektedir [8].

Türkiye'de enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin azaltılması, çevrenin korunması ve enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2 Mayıs 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Yasası ve sonrasında Bayındırlık Bakanlığı'nın 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yayımlanmıştır [17-18]. Bu yönetmelikte binalar, enerji performansı açısından mimari, proje tasarımı ve mimari uygulamaları, ısı yalıtımı, asgari hava sirkülasyonu ve sızdırmazlık, ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımı ve uygulaması, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve uygulaması, sıhhi sıcak su hazırlama ve dağıtım sistemleri, otomatik kontrol, elektrik tesisatı ve aydınlatma sistemleri,

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, ısı pompası ve kojenerasyon sistemleri, işletme, periyodik bakım ve denetimi ve yıllık enerji ihtiyacı gibi konular dikkate alınarak değerlendirilecektir. Bu amaçla, ulusal hesaplama yöntemi geliştirilmekte ve buna göre binaların enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> salım miktarı ve bunların derecelendirilmesi söz konusudur. Konutlar, bu yönetmelikte yer alan ölçütlerden bazıları dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Örneğin, BREEAM, Enerji ve CO<sub>2</sub> kategorisinde, 0 karbon salımı olan konutlar 6 yıldız almakta, yakıt ve enerjinin %10'undan tasarruf eden konutlar 1 yıldız, % 18 tasarruf edenler ise 2 yıldız, %25 tasarruf edenler 3 yıldız, %44 tasarruf edenler ise 4 yıldız almaktadır. Son olarak da enerjiden % 100 tasarruf edenler 5 yıldızla en iyi düzeye erişmektedir. Yönetmelik kapsamında, CO<sub>2</sub> salım miktarına göre binalar, A 'dan G' ye kadarki bir referans aralığında, kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketimine göre de, benzer şekilde, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılır. BREEAM, malzemenin çevreye olan etkisini kategori olarak ele almakta; ancak yönetmelik, malzemenin sadece ısı iletim özelliğini enerji tüketimini hesaplamak için kullanmaktadır. BREEAM ve LEED için yukarıda bahsedilen ölçütlerin her biri ayrı ayrı puanlanarak değerlendirilmekte; yönetmelik kapsamındaki konular için genel olarak standartlara uyulması zorunlu kılınmaktadır. Örneğin, yönetmeliğe göre, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında TS 3419 standardına uyulur; havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin %50 verimliliğe sahip olması zorunludur. Ayrıca, bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metodlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans ölçütlerine ilişkin iş ve işlemleri kapsar. Örneğin, mimari uygulamalar için "Binaların ve iç mekânların yönlendirilmesinde, güneş, rüzgâr, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınarak oluşturulan mimari çözümler aracılığı ile istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları asgari düzeyde tutulur", denilmekte ama herhangi bir yön, ısı kazancı veya kaybı açısından sayısal olarak değerlendirilmemekte, öneride bulunulmamaktadır.

Konutlar için hazırlanan sertifika sistemleri incelendiğinde, binanın konumu, yerel malzeme temini ve kalitesi, su ve enerji verimliliği, iç ortam kalitesi gibi konulara da önem verildiği görülmektedir. Ülkemizdeki bina sayısının %60'ını oluşturan konutların tasarımı ve inşası da inşaat sektöründe önemini sürdürmektedir [6]. LEED ve BREEAM gibi sertifika sistemleri, ülkemizde yayımlanan yönetmelik dikkate alınarak incelenmeli ve ülkemiz koşullarına uyarlanmalıdır. Böylece, ülkemizdeki konutlar için, çevreye ve insan sağlığına yönelik daha duyarlı çözümler üretilebileceği ve enerji tasarrufu sağlanmasına yönelik de çeşitli önlemler alınabileceği düşünülmektedir. Sertifika sistemlerinin Türkiye'deki konutlara uygulamasında dikkat edilebilecek ve puanlama sisteminde ağırlığı farklılaşması gereken ölçütler bulunmaktadır. Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizdeki problemlerden biri yeşil bina konusundaki eğitimsizliktir. İncelenen sertifika sistemlerinde kendi ülkelerinde oluşturulan bilinç ve eğitim ile bu ölçütün ağırlığı diğer ölçütlere göre daha azdır. Bu ölçütün, değerlendirme yüzdesi olarak ağırlığının ülkemizde diğer ülkelere göre daha fazla olması önerilir. BREEAM, malzeme kategorisinde, çatı, dış duvarlar, üst katlar, iç duvarlar, pencere ve kapılar gibi yapı elemanlarından en az üçü için koşulları göstermekte ve malzemenin çevresel etkisine dikkat edilmektedir [9]. LEED'te de malzeme ve kaynaklar kategorisi, konutlar için %11 ağırlığında önemlidir[11]. Ülkemizde de yerel malzeme yerine çevreye zararlı aynı türden malzeme kullanımının önüne geçilmesi için malzeme kullanımına dikkat edilmelidir. Bu nedenle, değerlendirme sisteminde adı geçen malzeme kategorisinin yüzde olarak ağırlığının fazla olması önerilir. İç mekan hava kalitesi, LEED-H'de % 15 ağırlığında önemlidir [11]. Ülkemizdeki binalarda kullanılan malzemelerin seçiminde, insan ve yapı sağlığı ve yapı ürünlerinin etkileşimi konusunu içeren yapı biyolojisi dikkate alınmalıdır. Yapı iç havasının kirlenmesi, malzemeden (yapı ürünü) kaynaklanabilir. İç ortama yayılabilecek insan sağlığını olumsuz etkileyen malzeme kaynaklı zararlı gazların (karbon monoksit, nitrojen oksitleri, sülfür, uçucu organik bileşikler-formaldehit gibi, ve radon, ozon gibi gazlar) salımına engel olunabilir [19]. Bunun yerine doğal ve insan sağlığını bozmayan ekolojik malzeme kullanımı teşvik edilebilir. Bunun da iç mekan kalitesinin iyileşmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. LEED'te de bahsedilen sürdürülebilir alanlar kategorisine ülkemizde de dikkat çekilmeli ve ağırlıklı olarak değerlendirmeye alınmalıdır. Böylece, ülkemizde çevre düzenlemesi (oyun alanları, yeşil alanlar, bisiklet yolu ve park yerleri v.b.) ve sürdürülebilir bina ve çevre tasarımına verilecek önem ile daha sağlıklı yaşam alanları yaratılabilir.

## SONUÇ

Sürdürülebilir bir gelecek için dikkat edilmesi gerekenlerden biri de bina tasarım, yapım ve işletim sürecidir. Bu sebeple yapı endüstrisinde yer alan yatırımcı, tasarımcı, malzeme ve hizmet üreten tüm kuruluşlar ile beraber kullanıcıların da gerekli bilinci edinmesi ve çalışmaların bu bilinçle devam etmesi gerekmektedir. Gelişmiş ülkeler tarafından geliştirilen yeşil bina değerlendirme sistemleri yapıların sadece insan sağlığı ve doğaya verilen önemi değil aynı zamanda bina yapım, tasarım sürecinin de tekrar gözden geçirilmesini sağlamıştır. İnsan hayatında önemli yere sahip olan, farklı kullanım saatleri ve ihtiyaçlar doğrultusunda farklı tipolojide tasarlanan konutlar tüm Dünya’da yaygın olarak kullanılan ve bu çalışmada bahsedilen LEED ve BREEAM sertifika sistemlerinde ayrı bir kategoride değerlendirilmektedir. Ancak bu sistemlerin geliştirildiği ülkeler dışında uygulandığında karşılaşılan yerel iklim koşullarına uygun ölçütlerinin olmayışı, yasal işleyişle uyumsuzluğu, bazı ölçütlerin diğer ülkelerdeki kullanıcıların sosyal hayatlarına uygun olmayışı gibi bir takım sorunlar ülkemizdeki konutlarda uygulandığında da ortaya çıkabilir. Bu sebeple, ülkemizdeki standartlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda farklı puanlama sistemi uygulanabilir, Türkiye marketine, iklimine, sosyal koşullara, devlet işleyişine özgü değerlendirme ölçütleri eklenebilir veya Türkiye’de kabul görebilir yeni bir sistem geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] ESİN, T. ve YÜKSEK, İ., “Çevre Dostu Ekolojik Yapılar”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Turkey, 2009.
- [2] ALİ, H., H. ve AL NSAIRAT, S., F., “Developing a Green Building Assessment Tool for Developing Countries-Case of Jordan”, Building and Environment, sayı 44, ss. 1053-1064, 2009.
- [3] Soysal, S., “Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2008.
- [4] <http://www.breeam.org/>, 17 Ocak 2011.
- [5] Sev, A., ve Canbay, N., “Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme Ve Sertifika Sistemleri”, Yapı dergisi, Nisan 2009, Yapıda Ekoloji Eki (2), 2009.
- [6] Kılıç, N., Konut sektörüne bakış, Ar&Ge Bülten 2009 Ekonomi, İzmir Ticaret Odası, ss. 31-37, Konut Habercisi, 2009. <http://www.konuthabercisi.com/tag/ekolojik-konut-projeleri/>, Erişim Tarihi. 28 Eylül 2010.
- [7] <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>, 17 Ocak 2011.
- [8] Somalı, B. Ve Ilıcalı, E., “Leed Ve Breeam Uluslararası Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinin Değerlendirilmesi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss 1081-1088, 2009
- [9] Department for Communities and Local Government, “Code for Sustainable Homes- A step-change in sustainable home building practice”, Communities and Local Government Publications, 2006, [http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code\\_for\\_sust\\_homes.pdf](http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sust_homes.pdf), 17 Ocak 2011
- [10] Kalataş, H., “Leed Yeşil Bina Sertifikalandırma Programı”, XI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, ss. 1069-1078, 2009.
- [11] U.S. Green Building Council, “LEED for Homes Program-Pilot Rating System”, 2007, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2267>, 17 Ocak 2011.
- [12] U.S. Green Building Council, “LEED for New Constructions and Major Renovations”, 2008, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=7244>
- [13] Issa, M., H., Rankin, J., H., Christian, A., J., “Canadian Practitioners’ Perception of Research Work Investigating the Cost Premiums, Long Terms Costs and Health and Productivity Benefits of Green Buildings”, Building and Environment, sayı 45, ss. 1698-1711, 2010
- [14] U.S. Green Building Council, LEED Gold, “2008 Southern Living Idea House Leicester, North Carolina”, 2009, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5106>, 17 Ocak 2011
- [15] U.S. Green Building Council, LEED Platinum, “Vista Dunes La Quinta, California”, 2009, <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=7867>, 17 Ocak 2011
- [16] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 90.1 User’s Manual, ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007
- [17] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) Sayı:27075, Resmi Gazete.
- [18] Enerji Verimliliği Yasası (2007) Sayı:5627, Resmi Gazete.

[19]Vural, S., M. Ve Balanlı, A., “Yapı Ürünü Kaynaklı İç Hava Kirliliği ve Risk Değerlendirmede Ön Araştırma”, Megaron YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi cilt 1,sayı 1, ss. 28-39, 2005

## ÖZGEÇMİŞ

### İlknur ERLALELİTEPE

1986 İzmir doğumludur. 2009 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık bölümünü bitirmiştir. 2009 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık bölümünde yüksek lisansa başlamıştır. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Konutlarda enerji etkin tasarım, enerji performansı konularında çalışmaktadır.

### Güliden GÖKÇEN

1968 yılı İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1992 yılında Yüksek Mühendis, 2000 yılında Doktor ünvanı almıştır. 1996 yılında Auckland Üniversitesi Jeotermal Enstitüsü'nde “Jeotermal Enerji Teknolojisi Diploma Kursu”na katılmıştır. 1997 yılında NATO A2 bursu ile ABD’de “Jeotermal Elektrik Santralleri’nde Reboiler Teknolojisi” üzerine çalışmalar yapmıştır. 1991-2000 yılları arasında Güneş Enerjisi Enstitüsü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılında Yard. Doç. ünvanı ile İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü’nde göreve başlamış, 2005 yılında Doçent ünvanı almıştır. 2004-2007 yıllarında İYTE Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanlığı, 2007-2010 yıllarında İYTE Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürlüğü görevini yürütmüştür. Ocak 2011’den bu yana İYTE Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanlığı’nı sürdürmektedir. Jeotermal elektrik santrallerinde verim artırma yöntemleri, ısı değiştirgeçleri, jeotermal enerji kullanım yöntemleri ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri ile enerji verimliliği, binalarda enerji performansı konularında çalışmaktadır.

### Tuğçe KAZANASMAZ

1978 İzmir doğumludur. 2000 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. 2002 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesinden Mimarlık Yapı Bilimleri’nden yüksek lisansı, aynı üniversiteden 2005 yılında Doktor ünvanını almıştır. 2005 yılından beri İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde, öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Hastane tasarımı, mimari aydınlatma, binaların doğal aydınlatma performansı konularında çalışmaktadır. Enerji etkin tasarım ve binalarda enerji performansı konularında da araştırma projeleri yürütmektedir.





ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

## Mevcut Konut Binalarının Çevre Duyarlı Olmaları İçin Yenilenmesi

**İlknur Erlalelitepe**, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi

**Gülden Gökçen Akkurt**, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi

**Z. Tuğçe Kazanasmaz**, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi

### 1. Giriş

Günümüzde çevre duyarlı konut (enerji tüketiminin az olduğu ve doğal kaynaklardan fazlaca faydalanan konut-enerji etkin konut) arayışı başlamış ve bu tür tasarımlara olan ilgi giderek artmıştır; bu bağlamda, ülkemizde de enerji tüketiminin fazla olduğu konutların hem yapımda hem de kullanımda enerji tüketimlerini azaltmak anlayışı gelişmiştir. Bina tasarımı, yapımı ve işletim süreci boyunca çevreye verilen zarar, çevreye duyarlı bina kavramının önemini açığa çıkarır. Bina ve çevresinin tasarımında dikkat edilecek parametreler ile doğal çevre, bina ve kullanıcılar için sağlıklı ortamlar yaratılabilir, iklim koşullarına dikkat edilerek enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımı ile, aynı zamanda geri dönüşümlü malzeme kullanımı sonucu çevreye bırakılan atık miktarında azalma gerçekleşebilir. Binalardaki enerji tüketiminin büyük bir kısmı ise insan yaşamındaki önemini sürekli koruyan konutlarda gerçekleşmektedir. Bu sebeple konut işlevsellik, güvenlik ve verimlilik açısından yeterli teknik donanıma sahip olmalıdır.

Ülkemizin yapı üretim sürecini ve karakterini belirleyen en önemli etkenlerden biri çok katlı konut binalarının üretimidir [1-3]. Söz konusu konutların çevre duyarlı binalar olarak tasarlanması, kaliteli konut üretiminde kritik bir konu olmaktadır. Çevre duyarlı binaların öncelikle sağlayacağı koşul enerji tüketiminin azaltılmasıdır [4]. Enerji sadece bir binanın tüketim maliyetinin yüksek oranda göstergesini ifade etmez; aynı zamanda, enerjinin kullanıcıların ısısal ve görsel konforunun üzerinde de belirgin ve güçlü bir etkisi olur. Enerji teknolojisindeki en yeni gelişmeler binaların enerji tüketimini belirgin derecede azaltmayı mümkün kılmaktadır. Böylece konforlu bir yaşam sunan konutlar tasarlanmakta ve çevreye salınan zararlı gazlardan da büyük ölçüde azalma sağlanmaktadır. Evde kullanılan birçok elektrikli ev aletinin (buzdolabı, çamaşır makinesi, v.s.) enerji verimlilik değerleri kullanıcıların bilgisine sunulmaktadır, ancak kullanıcıların içinde yaşadıkları binanın bağıl enerji tüketimi ve verimliliği hakkında bilgiye ulaşılamamaktadır [5].

Birçok yasal düzenleme ve sertifikasyon sistemleri yeni bina tasarımları için önerilmekte ancak yeni bina yapımının hızla artmasına karşın mevcut konut stoğunun da varlığını sürdürmesi enerji tüketimindeki payını belirgin bir seviyede tutmaktadır. Avrupa ülkelerinde yapılan araştırmalara göre, konut yapılarının enerji verimli olarak yenilenmesi düşük maliyetlerle yapılabilmesine karşın, yeni inşa edilen binalarda olduğu gibi fazla miktarda enerji tasarrufu sağlanabildiğini göstermektedir. Hatta bu araştırmalar sonucunda, yenileme çalışmalarında en etkin olan iki faktörün enerji fiyatları ve bunu destekleyen finansal enerji politikaları olduğu anlaşılmıştır. Konut sahipleri tarafından alınacak enerji tasarrufu önlemleri de bu açıdan etkilidir. Hatta bazı kurumlar binalarının enerji etkin yenilenmesi konusunda konut sahiplerini teşvik etmektedir. "Enerji Çözümleri" başlığı ile hazırlanan kitapçıklarla enerji etkin yenilemenin ne tür inşaat ile uygulama ve montaj kullanılarak kolay uygulanabilirliği anlatılmaktadır. Genellikle, yalıtımın düşük enerjili bir bina için şart olduğu görülür [6]. Yenileme



ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

çalışmaları kapsamına, pencerelerin değiştirilmesi, gölgeleme elemanlarının eklenmesi, çatı ve dış duvarlara yalıtım eklenmesi, zemin döşeme ve tavanların yenilenmesi, mevcut ve eskimiş ısıtma sisteminin(boyler, kazan v.b.) yenisiyle değiştirilmesi ve güneş enerjisi ısıtma sistemlerinin eklenmesi gibi uygulamaların katıldığı görülür [6-8].

Enerji tasarruflu, ekonomik ve çevresel olmak üzere farklı açılardan ele alınabilecek, uygulanabilir ve etkin olan enerji tasarrufu önlemleri ile hem konut sahiplerine hem de karar verici konumda bulunan uzman kişilere yol gösterilerek, mevcut konut stokunun çevreye duyarlı konutlara dönüştürülmesi sağlanabilir [7]. Sistemlerin ekonomik bir şekilde ilk yatırım maliyetleri ve minimum kullanım süreleri olması için de; tasarım aracılığı ile konutların enerji etkinliğini sağlamak ve çevre duyarlı binalar oluşturmak mimarların en öncelikli amacı olmalıdır. Bu amaca ulaşmak için binanın çevresi dikkate alınarak doğru yönlendirilmesi, en uygun formun ve strüktürün seçilmesi, mekan organizasyonunun yönlendirilmesi dikkate alınarak planlanması, bina kabuğunda yer alan malzemelerin termofiziksel özellikleri dikkate alınarak seçilmesi ve de hem görsel hem de ısı konfor koşullarını birlikte sağlayacak en uygun pencere alanlarının belirlenmesi gereklidir. Ancak bu şekilde iklim koşullarının konut binası üzerindeki etkisi kontrol edilerek hem iç mekan konfor koşulları sağlanabilir, hem de çevresel problemlere karşı mimari önlemler geliştirilebilir ve bunların olumsuz etkileri azaltılabilir.

Yukarıda bahsedilen mimari etkenler ile tasarım değişkenleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. İnanıcı ve Demirbilek (2000), konutların ısı performansından, güney cephe pencerelerinin boyutlarının ve binaların biçim faktörünün (plan düzlemindeki en/boy oranlarının) optimum değerlerinin bulunması üzerine bir araştırma yürütmüştür. Bilgisayarda simülasyon yöntemi kullanılan çalışmada beş farklı şehir için sonuçlar elde edilmiştir. Ankara'da incelenen bir örnekte ise, güney pencere ölçüsü ve yalıtım kalınlığının birlikte artması, sadece yalıtım kalınlığının %50 artmasına göre daha iyi sonuç vermiştir. Fakat, güney cephedeki pencerelerin oranının %50' yi geçmesi durumunda; yalıtım kalınlığını 1.5 cm'den 2.1 cm'e ve güney pencereyi %60 arttırmak yerine, güney penceresini %50'de iken yalıtımı 2.1 cm'e arttırmak çok daha iyi ısı performans ile sonuçlanmaktadır [9].

Başka bir çalışmada, bina formunun, ısı yükleri üzerindeki etkisinden bahsedilir. Kare formu bir konut ile karşılaştırıldığında, dikdörtgen formu konutun yıllık ısıtma yükünün %8,2 ile %26,7 oranları arasında değişerek arttığı görülmüştür. Yönlendirme dikkate alındığında uzun cephenin güneye baktığı durumun en avantajlı durum olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çatı ve duvar yüzeylerinin ısı geçirgenlikleri ısı kütle performansları amacıyla incelenmiş, gölgeleme elemanı olan saçak ile farklı tip cam kullanımının etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, araç olarak yine bir bilgisayar programı kullanılmıştır [10]. Yüksek enerji performanslı konutlardaki en temel tasarım kriterleri arasında, binanın geometrisini ifade eden alan hacim oranı, pencere alanları ve bina kabuğunu özelliğini belirleyen binanın geometrisine de bağlı olan ısı yalıtımı olmaktadır [11]. Manioğlu ve Yılmaz (2008), plan formları farklı olan geleneksel bir yapı ile dikdörtgen formu modern bir konutun ısı değerlendirmesini karşılaştırmalı olarak çalışmışlardır. Ayrıca bina kabuğunun özellikleri incelenmiştir [12]. Yürütülen bir çalışmada, biçim faktörü, çatı türü, eğimi, dış duvarların yönelimi, dış duvar alanlarının termofiziksel ve optik özellikleri gibi tasarım etmenleri İstanbul yöresi için incelenmiş, her bir değişken için farklı koşullar denenerek bina kabuğundan kaybedilen ısı miktarlarının değişimi karşılaştırılmıştır [2].

Bu çalışmada, mevcut yasal düzenlemeler dikkate alınarak konutlar için hazırlanmış bir enerji performansı değerlendirme yöntemi(KEP-SDM) kullanılarak bir yenileme örneği incelenmiştir. Bu sayede yenileme için yapılabilecek her bir değişikliğin enerji tüketiminde ne kadarlık bir fark

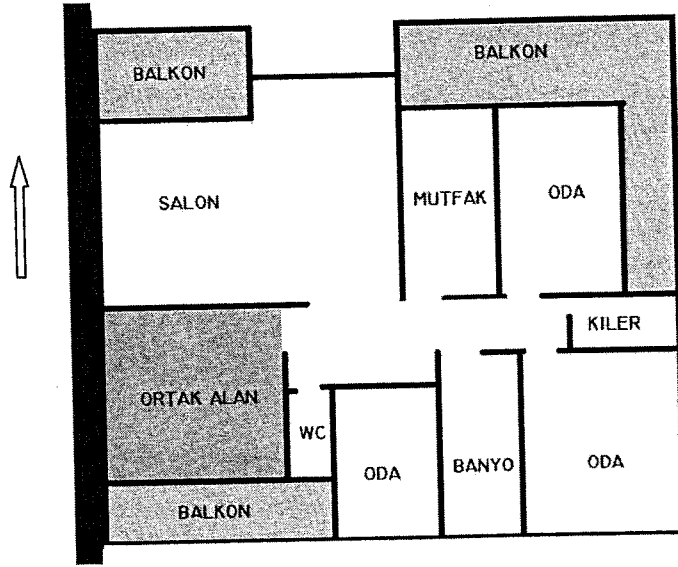


ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

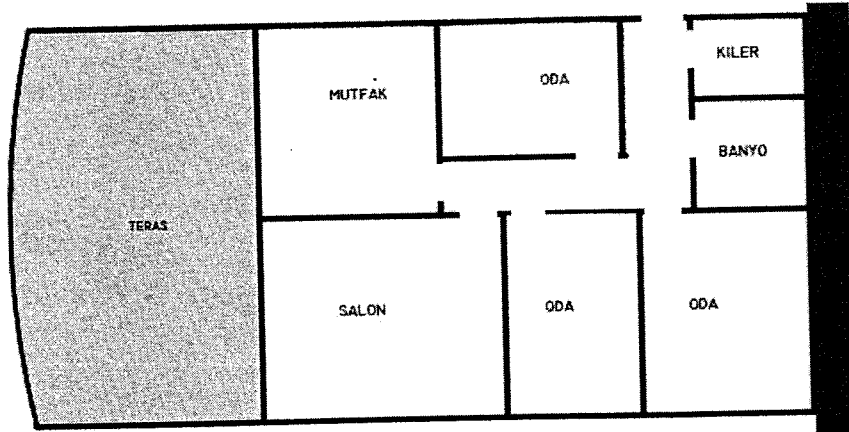
yaratacağı ortaya çıkarılmıştır. Yenileme kapsamındaki uygulamalar; bina kabuğundaki malzeme değişiklikleri (yalıtım eklenmesi), pencere oranları ve yönlenmelerinin farklılaşması, mekan organizasyonundaki yaşam alanının değişmesi(balkonların iç mekana katılması), binanın ortak kullanım alanının olup olmaması, ile lambaların değiştirilmesi öngörülmüştür. Mevcut aynı yükseklik ve tipolojide ancak farklı tasarlanmış iki konut (teras evler ile apartman) üzerinden pencere alanları ve yönlenmelerinin, yapı kabuğundaki değişikliklerin ısıtma yükünü, ve lamba türünün aydınlatma yükünü hangi oranlarda ve nasıl etkileyeceği hesaplanmıştır. Farklı formlarda tasarlanmış bu iki konut binası yukarıda bahsedilen parametrelerdeki değişiklikler aracılığıyla karşılaştırılmıştır. Binaların enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> salım değerleri ile enerji sınıfları belirlenmiştir. Yenileme çalışması sonucunda en düşük enerji tüketimi ile yüksek bir enerji sınıfına ait çevre duyarlı bir bina elde edilerek mevcut konut binalarının da benzer şekilde enerji etkinliklerinin iyileştirilmesi önerilmektedir. Mevcut ısıtma sisteminin merkezi olup olmaması ve ortak alanın ısıtılıp ısıtılmaması gibi değişikliklerle ise CO<sub>2</sub> salımındaki farklılıklar incelenmiştir ve İzmir için uygun olabilecek ısıtma sistemi önerisi getirilmektedir.

## 2. Yenileme İçin Değiştirilmesi Öngörülen Parametreler

Bu çalışma için İzmir'de mevcut aynı tipolojide fakat farklı formlarda tasarlanmış iki bina (teras ev ve apartman) seçilmiştir. Her iki bina da 7 katlıdır ve her katında bir daire bulunmaktadır. Yaklaşık aynı metrekarelere sahip olan bu iki binanın üç cephesi vardır. Plan düzleminde bakıldığında hem teras ev hem de apartman konutlarında 3 oda, 1 salon, 1 mutfak, 1 banyo ve 1 kiler bulunmaktadır. Toprak zemin üzerine yerleşmiş teras ev konutlarının saydam yüzeyleri kuzey, güney ve batı cephelerinde konumlanmaktadır. Apartmandaki konutlarda ise pencereler kuzey, güney ve doğu cephelerde yer almaktadır. Teras ev konutları büyük bir terasa sahip iken apartmandaki konutların 3 ayrı cepheye konumlanmış üç ayrı balkonu bulunmaktadır. Teras ev konutlarına erişim dış kottardan gerçekleştiği için ortak alanı bulunmamaktadır. Apartman konutlarının ortak alanı ise binanın dış yüzeyine bakmayacak şekilde iç kısımda tasarlanmış ve bir asansör ile ortak bir merdiveni olan bir alandır. (Resim 1)



a



b

Şekil 1. Çalışma için seçilen binaların kat planları;(a)apartman (b) teras ev



## 2.1. Bina Kabuğu

Bina kabuğu binayı oluşturan dış çevreyle temas halinde olan taban, çatı, duvar ve pencereden oluşmaktadır. Bu çalışmadaki binalar için seçilen malzemeler Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği(2000) yayımlanmadan önce yaygın olarak kullanılan çatı, tavan, pencere ve duvar konstrüksiyonlarında kullanılan malzemelerdir [13] ve bunlara mimari uygulama projeleri incelenerek karar verilmiştir. Binanın yalıtımsız halinde duvarda 0,05 m kalınlığında çimento harcı, 0,19 m kalınlığında düşey delikli tuğla ve 0,03 m kalınlığında kireç çimento harcı kullanılmıştır. Duvarın ısı geçirgenlik kat sayısı 1,64 W/m<sup>2</sup>K'dir. Çatı konstrüksiyonunda ise 0,05 m kalınlığında çimento harçlı şap, 0,05 m kalınlığında mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi, 0,1 m kalınlığında normal beton ve 0,02 m kireç harcı uygulanmıştır ve U değeri 0,53 W/m<sup>2</sup>K'dir. U değeri 1,07 W/m<sup>2</sup>K olan toprak temaslı tabanda ise 0,02 m kristal yapılu püskürük ve metamorfik taşlar, 0,02 m çimento harçlı şap, 0,1 m normal beton , 0,1m kırma taş ve 0,1 m sıkı toprak kullanılmıştır. Opak olmayan yüzeyler için ise tek cam ve ahşap doğrama 5,1 W/m<sup>2</sup>K ısı geçirgenlik kat sayısına sahip pencereler uygun görülmüştür.

Çizelge 1. 2000 öncesi ve sonrası bina kabuğunu oluşturan yapı malzemeleri ve U değerleri.

	Dış duvar	Çatı	Taban	Pencere
2000'den önce	0,05 m çimento harcı	0,05 m çimento harçlı şap	0,02m granit	Ahşap doğrama
	0,19 m düşey delikli tuğla	0,05m yalıtım malzemesi	0,02m çimento harçlı şap	Tek cam
	0,03 m kireç çimento harcı	0,1 m normal beton 0,02 m kireç harcı	0,1 m normal beton 0,1m kırma taş 0,1 m sıkı toprak	
U değeri	1,64 W/m <sup>2</sup> K	0,53 W/m <sup>2</sup> K	1,07 W/m <sup>2</sup> K	5,1 W/m <sup>2</sup> K
2000'den sonra	0,02mkireç çimento harcı	0,05 m çimento harçlı şap	0,02m granit	PVC doğrama
	0,085m yatay delikli tuğla	0,05m yalıtım malzemesi	0,03 çimento harçlı şap	çift cam
	0,04 m poliüretan sert köpük	0,05m yalıtım malzemesi	0,15m normal beton	
	0,135m yatay delikli tuğla 0,03m kireç çimento harcı	0,1 m normal beton 0,02 m kireç harcı	0,15m kömür cürufu	
U değeri	0,53 W/m <sup>2</sup> K	0,32 W/m <sup>2</sup> K	0,52 W/m <sup>2</sup> K	2,1 W/m <sup>2</sup> K

Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği(2000) ve özellikle Enerji Verimliliği Kanunu (2007)'nden sonra yalıtım malzemelerinin kullanımında artış görülmeye başlamış [13,14]; Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)'nden sonra ise bina kabuğunun ısı geçirgenlik değeri belli bir standarda ulaşmıştır[15]. Bu sebeple, bu çalışmada son yıllarda inşa edilen binalarda oldukça sık kullanılan çatı, tavan, pencere ve duvar konstrüksiyon malzemeleri enerji etkin yenileme amacıyla seçilmiştir. Mevcut konut binalarının belediyelerce onaylanmış mimari uygulama proje detaylarından yararlanılmıştır. Duvar için 0,02m ve 0,03m kalınlıklarında kireç çimento harcı, 0,085 m ve 0,135 m kalınlıklarında yatay delikli tuğla ve 0,04 m poliüretan sert köpük kullanılmıştır. Isı geçirgenlik değeri 0,53 W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır. U değeri 0,52 W/m<sup>2</sup>K olan toprak temaslı taban için ise 0,02 m



ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar, 0,03 m çimento harçlı şap, 0,15m normal beton ve 0,15m kömür cürüfu uygulanmıştır. Çatıda ise eski çatı konstrüksiyonun üzerine 1 kat daha (0,05 m) mineral bitkisel lifli yalıtım malzemesi eklenerek U değeri 0,32 W/m<sup>2</sup>K olan çatı konstrüksiyonu elde edilmiştir.

## 2.2. Isıtma Sistemi

Yenileme yapılmadan önce teras ev ve apartman için ısıtma sistemi "sobalı" olarak seçilmiş ve yakıt tipi kömür olarak belirlenmiştir. Yenilenmiş halinde ise otomatik beslemeli merkezi ısıtma ve yakıt olarak fuel-oil önerilmiştir. Merkezi ısıtma ve bireysel ısıtma arasındaki enerji tüketim farkı ortaya konmakla beraber farklı yakıt türleriyle CO<sub>2</sub> salım oranları karşılaştırılmıştır. Ortak alanın ısıtılması durumu ile ısıtılmadığı durum arasında oluşan enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımındaki değişiklikler de değerlendirilmiştir. Teras evde konutlara ulaşım dışardan gerçekleştiği için ortak alan göz önüne alınmamıştır.

## 2.3. Pencere Alanı ve Yönlenme

Bina kabuğunda bulunan camlı yüzeylerin büyüklüğü, yönü, geçirgenliği, çerçevesinin geçirgenliği binanın ısı ve ışık bakımından enerji verimini arttıran ya da azaltan bir etki oluştururlar [13]. Optimum boyutlarda tasarlanan pencere boyutları ile ısıtma veya soğutmadaki kayıplar en aza indirilmektedir. Bu çalışmada, öncelikle hem teras evin hem de apartmanın pencere ölçülerinin orijinal halleri kabul edilerek enerji performansları değerlendirilmiştir. Yenileme çalışması için kuzey yönündeki pencerelerin alanında %10 azaltma, güneş kazancının daha fazla olduğu güney, doğu ve batı pencereler ise %10 arttırma önerilmiştir. Pencere alanındaki değişim % 20 olduğunda ise enerji tüketiminde ne kadar kayıp veya kazanç sağladığı da değerlendirilmiştir.

## 2.4. Duy Tipi

Konutun aydınlatılmasında kullanılan lamba tipi elektrik enerji tüketimini doğal olarak toplam enerji tüketimini de etkilemektedir. Günümüzde, aydınlatmada enerji tasarruflu lambalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel olarak kullanılan lamba (enkandesan) ile düşük enerjili lamba (kompakt floresan) kullanımı arasındaki farkı görebilmek için duy sayıları sabit tutularak geleneksel lamba, enerji tasarruflu lamba ile değiştirilmiş ve değişim miktarı değerlendirilmiştir.

## 2.5. Kıрма Çatılı

Teras çatı ile kırma çatılarda kullanılan yapı malzemelerinin farklılığı nedeniyle ısı kayıp kazançlarında farklılık olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, çalışmada incelenen mevcut iki yapının teras çatılarının kırma çatıya dönüştürüldüğünde oluşacak değişim miktarı gözlenmiştir.

## 2.6. Konutun Kullanım Alanı

Konutun kullanım alanını yaşam alanı (oturma odası veya salon), yatak odaları, mutfak ve banyo oluşturur. Balkon ve teraslar konutun kullanım alanı dışında kabul edildiğinden enerji tüketimi hesaplarında dahil edilmez. İzmir 'deki mevcut konut tipolojisine bakıldığında balkonun oldukça fazla kullanıldığı görülmektedir. Aynı zamanda kullanıcının tercihine göre balkonların konutun mevcut alanına katıldığı örneklerde görülmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada, apartmanın mevcut balkonlarının ve teras evlerde bulunan terasların bir kısmının konut alanına katılması önerilmiştir. İncelenen teras evde terasın bir kısmı yaşam alanına ve mutfığa katılmış, apartmanda ise her bir



ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
09 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

odanın balkonu olduğu için tamamı konut alanına dahil edilmiştir. Isıtma ve aydınlatma enerji tüketimindeki değişimler değerlendirilmiştir.

### 2.7. Gölgeleme Elemanları

Konutta istenen aydınlatma ve sıcaklığı, bina kabuğundaki açıklıklar ile birlikte kullanılan gölgeleme elemanları belirler. Gelen güneş ışığının istenilen oranda yansıtılması için mevsimlik güneş yörünge ve açıları önemlidir [16]. Bu sebeple güneşten elde edilen kazancı optimum derecede elde edebilmek için güneşe 1 metrelik yatay çıkma şeklinde, batı ve doğu cephelere ise 1 metrelik düşey gölgeleme elemanları önerilmiştir. Enerji tüketiminde gerçekleşen olumlu veya olumsuz değişimler değerlendirilmiştir.

### 3. Konutların Enerji Performansını Değerlendirme Yöntemi (KEP-SDM)

Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu (KEP-SDM), Enerji Verimliliği Yasası hükümlerince hazırlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çalışmaları içinde, Makina Mühendisleri Odası tarafından oluşturulan çalışma grubu tarafından Haziran 2008'de tamamlanmıştır. Yöntem, tüm Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi, 2002/91/EC Direktifinin 3. Maddesindeki yeni ve büyük onarımın söz konusu olduğu bina sınıflarından (Directive 2002/91/EC Annex 3), bağımsız ve apartman bloklarındaki konutların enerji performansını belirlemeye yönelik olarak, Avrupa Birliği ülkelerindeki benzeri metodların (SAP, DEAP, Th-C-Ex, vb.) pratiğinden yararlanarak oluşturulmuştur. Yöntem, inşa edilecek veya büyük onarım görececek, taban alanı 450 m<sup>2</sup>'nin altında olan konutlara veya taban alanı 450 m<sup>2</sup>'nin altında olan konutları içeren binalara (müstakil konutlar, apartmanlardaki konutlar ve ticari komplekslerdeki konutlar) uygulanır [17].

Binaların enerji performansını belirleyen göstergeler; konutun birim alanına düşen yıllık enerji tüketimi (kwh/m<sup>2</sup>yıl) ile yıllık CO<sub>2</sub> emisyon miktarıdır (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl). Her iki gösterge; yenilenebilir enerji kaynakları ile yeni enerji teknolojileri kullanılarak tasarruf edilen enerji ve emisyonlar da göz önüne alınarak, hacim ısıtma, su ısıtma, havalandırma ve aydınlatmadan kaynaklanan yıllık enerji tüketimleri ile CO<sub>2</sub> emisyonları göz önünde bulundurularak hesaplanır. Soğutma ihtiyacına yönelik enerji tüketimi hesaplamaları yöntemin kapsamı dışındadır. KEP-SDM, "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde öngörülen binaların enerji kimlik belgesi'ndeki "bina enerji sınıfı" ve "bina emisyon sınıfı" belirlenmesine ait hesap yöntemidir [17].

### 4. Elde Edilen Bulgular

Bu çalışmada incelenen mevcut teras ev ve apartman yapılarının çevre duyarlı hale getirilmesi için bir yenileme çalışması önerilmiştir. Bu kapsamda, bina kabuğundaki malzeme değişiklikleri (yalıtım eklenmesi), pencere oranları ve yönlenmelerinin farklılaşması, balkonların iç mekana katılması, binanın ortak kullanım alanının olup olmaması, ısıtma sistemi ile lambaların değiştirilmesi önerilmiştir. KEP-SDM programı kullanılarak bahsedilen parametreler uygulandığında bina ve konutların enerji performansları üzerindeki değişimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular sırası ile Çizelge 2 ve 3'te sunulmaktadır. Binaların yalıtımsız mevcut halinde teras evde elde edilen enerji tüketimi 302,93 kwh/m<sup>2</sup>yıl iken CO<sub>2</sub> salımı 101,81 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl'dır. Enerji sınıfı ve CO<sub>2</sub> sınıfı ise sırasıyla F ve G'dir. Apartman için ise enerji tüketim değeri 211,50 kwh/m<sup>2</sup>yıl iken CO<sub>2</sub> salım değeri 69,72 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl'dır. Enerji tüketimi için D sınıfı, CO<sub>2</sub> sınıfı için ise G sınıfı elde edilmiştir.



Çizelge 2. Yenileme için önerilen parametrelere göre binaların enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımındaki değişikliklerin karşılaştırılması (TE: Teras ev, AP: Apartman)

Önerilen parametreler	Bina tipi	Enerji tüketimi (kwh/m <sup>2</sup> yıl)	Değişim miktarı (kwh/m <sup>2</sup> yıl)	Oran (%)	Enerji tüketimi sınıfı	CO <sub>2</sub> salımı (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)	Değişim miktarı (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)	Oran (%)	CO <sub>2</sub> sınıfı
Yalıtımsız	TE	302,93	-	-	F	101,81	-	-	G
	AP	211,50	-	-	D	69,72	-	-	G
Yalıtımlı	TE	187,63	115,29	38,06	D	49,35	52,46	51,53	F
	AP	120,12	91,39	43,21	B	32,74	36,98	53,04	C
Merkezi Isıtma	TE	257,45	45,48	15,01	F	61,03	40,78	40,06	G
	AP	180,82	30,69	14,51	D	42,20	27,52	39,47	F
M. I. (Ortak Alan)	TE	-	-	-	-	-	-	-	-
	AP	122,02	89,48	42,31	B	33,51	36,21	51,94	D
Duy Tipi	TE	288,05	14,88	4,91	F	101,39	0,43	0,42	G
	AP	200,05	11,45	5,42	D	69,59	0,14	0,19	G
Pencere Alanı %10	TE	302,74	0,18	0,06	F	101,74	0,07	0,07	G
	AP	210,60	0,91	0,43	D	69,36	0,37	0,53	G
Pencere Alanı %20	TE	302,58	0,35	0,11	F	101,67	0,14	0,14	G
	AP	210,60	0,91	0,43	D	68,98	0,74	1,06	G
Çatılı	TE	303,18	-0,26	-0,14	F	101,92	-0,10	-0,21	G
	AP	211,50	0,00	0,00	D	69,62	0,10	0,14	G
Balkon Ekli Hali	TE	332,16	-29,23	-9,65	G	110,69	-8,88	-8,72	G
	AP	218,64	-7,14	-3,38	E	69,17	0,55	0,79	G
Gölgeleme Elemanı	TE	302,93	0,00	0,00	F	113,39	-11,58	11,37	G
	AP	216,73	-5,22	-2,47	E	71,84	-2,11	-3,03	G
Son	AP	98,93	204,00	67,34	B	21,58	80,24	78,81	B



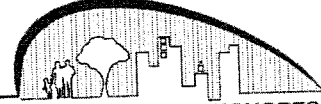


Parametrelerin binaların yalıtımsız haline tek tek uygulanması sonucunda, enerji tüketiminde ve CO<sub>2</sub> salımındaki değişim oranının, yalıtım yapıldığında en fazla olduğu görülmüştür. Bu oran, teras evde %38 iken apartmanda %43'e ulaşmıştır. Enerji sınıfı teras evde F'den D'ye yükselirken, apartmanda D sınıfından B sınıfına artış olmuştur. Yalıtımsız durumdaki apartman ve teras evde CO<sub>2</sub> sınıfları G iken, yalıtımlı durumda teras evde F sınıfına, apartmanda ise C sınıfına yükselmiştir. Soba kullanılan ısıtma sisteminin merkezi ısıtma sistemi ile değiştirilmesinde, teras ev ve apartmanda sırası ile enerji tüketiminde %15 ve %14'lük, CO<sub>2</sub> salımında ise %40 ve %39'luk bir azalma elde edilmiştir. Ortak alanın merkezi ısıtma sisteminde ısıtılması durumunda apartmanda enerji tüketimindeki değişim oranı %42'ye ulaşmıştır. Enerji sınıfı B'ye, CO<sub>2</sub> sınıfı D'ye yükselmiştir. Teras evde ise ortak alan bulunmadığından bu parametre değerlendirilmemiştir. Her iki binada duy sayısı sabit tutularak lamba tipinin değiştirilmesi ile enerji tüketiminde %4-5'lik bir değişim oranı elde edilmiştir. CO<sub>2</sub> miktarında ise bu oran sırası ile %0,2 ve %0,4'tür. Pencere alanında yapılan %10 ve %20 oranındaki değişikliklerde enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımlarında yaklaşık %1'lik oranlar elde edilmiştir. Kıırma çatı eklenmesi, balkonların konut alanına dahil edilmesi ve pencerelerde gölgeleme elemanlarının kullanımının her iki binanın enerji tüketimine ve CO<sub>2</sub> salımına olumsuz etki yaptığı hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgulara göre, teras ev ile apartmana aynı parametreler uygulanmasına rağmen, apartman daha enerji etkin bir hale dönüştürülmüştür. Yenileme, apartmanda daha olumlu sonuçlanmıştır. Bu sebeple, enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımına pozitif yönlü etkisi olduğu görülen yalıtım, ortak alanı dahil merkezi ısıtma sistemi, duy tipi ve pencere alanındaki %20 lik değişimin tümünün apartmana uygulanması öngörülmüştür. Bunun sonucunda, enerji tüketimi 98,93 kWh/m<sup>2</sup>yıl, CO<sub>2</sub> salımı da 78,81 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. Enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> salım sınıfları B olan enerji etkin bir apartman elde edilmiştir.

Yenileme için önerilen parametrelerin konut bazında gerçekleştirdiği enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımı değişimleri Çizelge 3'te verilmiştir. Yalıtımsız durumdaki teras evin zemin kat, ara kat ve çatı katlarında olan tüm konutları F enerji sınıfında iken, yalıtım yapıldığında zemin kattaki konut D, ara katlar ve çatı katındaki konutlar ise C enerji sınıfında olmuştur. Apartmanda ise bu değişimin, zemin ve çatı katında F'den C sınıfına, ara katta ise E'den B sınıfına doğru olduğu görülmüştür. Ortak alanlı merkezi ısıtma sistemi kullanıldığında apartmandaki iyileşmenin yaklaşık olarak yalıtım uygulandığındaki iyileşme ile yaklaşık aynı değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Konut bazında genel olarak bakıldığında zemin kat ile çatı katı aynı enerji sınıfındadır. Ara katların enerji performanslarının ise zemin ve çatı katlarından daha iyi olduğu görülmüştür. Sadece balkonun konut alanına eklendiği apartmanın ve yalıtımlı teras evin çatı katları zemin katlarındaki enerji sınıflarından daha iyi değerlere sahiptir. Binaların enerji tüketimleri açısından yenilenmesine olumlu katkı sağlayan tüm parametrelerin uygulandığı apartmanın son halinde ise çatı katı ve ara katın B enerji sınıfında, zemin katın C enerji sınıfında olduğu görülmüştür.



ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

Çizelge 3. Yenileme için önerilen parametrelere göre konutların enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımındaki değişikliklerin karşılaştırılması (TE: Teras ev, AP: Apartman)

Bina tipi	Enerji tüketimi (kwh/m <sup>2</sup> yıl)	Enerji sınıfı	CO <sub>2</sub> salımı (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)	CO <sub>2</sub> sınıfı	Enerji tüketimi (kwh/m <sup>2</sup> yıl)	Enerji sınıfı	CO <sub>2</sub> salımı (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)	CO <sub>2</sub> sınıfı	Enerji tüketimi (kwh/m <sup>2</sup> yıl)	Enerji sınıfı	CO <sub>2</sub> salımı (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> yıl)	CO <sub>2</sub> sınıfı	
yalıtımsız				ortak alanlı merkezi ısıtmalı				gölgeleme elemanı					
<b>TE</b>													
zemin	299,13	F	102,87	G	-	-	-	-	299,13	F	102,87	G	
ara kat	257,96	F	86,21	G	-	-	-	-	257,96	F	86,21	G	
çatı katı	273,60	F	95,54	G	-	-	-	-	275,41	F	93,28	G	
<b>AP</b>													
zemin	302,99	F	103,73	G	166,16	C	48,35	F	302,99	F	103,73	G	
ara kat	225,98	E	73,53	G	129,34	B	34,42	D	225,98	E	73,53	G	
çatı katı	261,26	F	87,80	G	162,96	C	48,03	F	261,26	F	87,03	F	
yalıtlı				pencere alanı %20				Balkon					
<b>TE</b>													
zemin	214,27	D	49,29	F	298,39	F	102,57	G	264,35	F	89,65	G	
ara kat	154,85	C	41,82	E	257,75	F	86,13	G	236,61	E	78,43	G	
çatı katı	170,06	C	45,26	F	273,18	F	92,73	G	255,90	F	86,24	G	
<b>AP</b>													
zemin	166,16	C	48,35	F	302,24	F	103,09	G	263,93	F	103,73	G	
ara kat	129,34	B	34,42	D	224,91	E	72,66	G	175,32	C	54,31	G	
çatı katı	148,20	C	42,05	F	260,19	F	86,93	G	210,69	D	68,62	G	
son (apartman)													
										137,51	C	31,05	D
										106,54	B	22,95	C
										121,42	B	27,07	C

## 5. Tartışma ve Sonuç

Çevre duyarlı konut kavramının gelişmesiyle, konutların enerji tüketimlerini azaltmaya yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu bağlamda, bu çalışmada, 7 katlı mevcut bir teras ev ile bir apartmanın enerji tüketimleri ve CO<sub>2</sub> salımları KEP-SDM yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Mevcut konutların çevre duyarlı hale dönüştürülmesi için yukarıda bahsedilen parametreler değiştirilerek bir yenileme çalışması önerilmiştir.

Sonuç olarak, bina kabuğunda kullanılan yapı malzemelerinin (yalıtımın) ve ısıtma sisteminin binanın enerji etkinlik açısından iyileştirilmesi çalışmasında en etkin parametreler olduğu anlaşılmaktadır. Yalıtlı binalar ile ortak alanı ısıtılan merkezi sistemli binada görülen değişim oranları yaklaşık %38-43 oranındadır. Ortak alansız merkezi ısıtma uygulanan binalarda enerji tüketimi değişim oranlarının %15 civarında kalması, ortak alanın dış ortam gibi hesaplanması (iç-dış sıcaklık farkı nedeniyle) ve işi kaybedilen yüzeyin artması nedeniyle olduğu düşünülmektedir.



ÇEVRE - TASARIM KONGRESİ  
08 - 09 ARALIK 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi - İSTANBUL

Mimari parametrelere dahil edebileceğimiz, pencere alanındaki değişim, çatı farklılığı, balkonların ve gölgeleme elemanlarının eklenmesi ile görülen yenileme oranlarının çok düşük seviyelerde kalması ya da enerji tüketiminde kötüleşmeye neden olması dikkat çekici sonuçlardır. Gölgeleme elemanlarının eklenmesi, güneş kazancının azaltılması ve yöntemin sadece ısıtma sistemine bağlı hesaplama yapması (soğutma yüklerini dahil etmemesi) nedenleri ile enerji tüketimini artırarak binaların enerji sınıfının düşmesine sebep olmuş olabilir. Balkonların eklenmesi de, ısıtılacak iç hacmi artırdığından benzer bir etki oluşturmuştur. Kullanılan yöntem kapsamında, pasif sistem (güneş ısı kullanılması) ile iç hacimlerin ısıtılması hesaplamalara katılmadığından; kış bahçesi gibi kullanılabilir güney ve doğu yönlerine bakan balkonların iç ortamın sıcaklığını artırıcı etkisi görülebilmiştir. Binalara kırma çatı eklenmesi ile malzeme farklılığı olması arzu edilmiş ancak enerji sınıflarında herhangi bir iyileştirme sağlanamamıştır. Literatürün aksine, pencere alanlarının değişimi sonucu enerji tüketimindeki iyileşme, % 0,18 - % 0,91 gibi düşük bir aralıkta kalmış, enerji sınıfları değişmemiştir.

Genel olarak bakıldığında, apartmanda elde edilen enerji ve CO<sub>2</sub> sınıf değerleri, teras evinkinden daha iyi çıkmıştır. Bu sonuç, literatürde de belirtildiği gibi, bina formunun değişmesinin, enerji performansına etkisini gösterir. Isı kayıplarının çok olduğu yüzeylerin bulunduğu teras eve göre daha kompakt bir formu olan apartmanda yenileme uygulaması daha iyi sonuçlanmıştır. CO<sub>2</sub> değerlerindeki değişimin enerji tüketim değerlerindeki ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Yenileme çalışması, D enerji sınıfı ve G CO<sub>2</sub> sınıfında olan bir binanın enerji etkin iyileştirilerek B enerji ve CO<sub>2</sub> sınıfına ulaşabileceğini göstermektedir.

İzmir'de bulunan mevcut konutlar için öncelikle yalıtım uygulanması, ısıtma sistemlerinin ortak alan ısıtmalı merkezi sisteme dönüştürülmesi önerilmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenmemesine rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarının da binaların yenileme çalışmalarına dahil edilmesi ile B enerji sınıfına sahip konutların A enerji sınıfına ulaşımaya çalışılmasının araştırılması önerilir.

### Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmayı 109M450 No'lu Kariyer Projesi kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür eder.

### Kaynaklar

- [1] Düzgüneş, A., 1982, Yapılarda Tasarlama etkerliğinin Değerlendirilmesi için Kullanılabilir Göstegeler; Ankara'daki Apartman Yapıları Üzerine bir Çalışma, Yayımlanmamış Doçentlik Tezi, Ankara.
- [2] Berköz, E. ve Kocaaslan, G., 1994, Enerji Ve Kaynak Tüketimini Azaltan Konut Ve Yerleşme Tasarımı, Konutta Kalite, 141-156, Derleyen; T. Aktüre, Mesa, Ankara
- [3] Balamir M., 1982, Kentleşme, Kent Sürçerler Ve Kent Yapısı, Odtü Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- [4] Erlalelitepe, İ., Gökçen, G., Kazanasmaz, T., 2011, Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 13-16 Nisan 2011, 1623-1634, İzmir
- [5] Santamouris, M., 2005, Introduction On The Energy Rating Of Buildings, In Energy Performance Of Residential Buildings, James & James/Earthscan, U.K.
- [6] Kragh, J., Rose, J., 2011, Energy renovation of single-family houses in Denmark utilising long-term financing based on equity, Applied Energy, 88, 2245-2253.
- [7] Ouyangac, J., Wang, C., Li H., Hokao, K., 2011, A Methodology For Energy-Efficient Renovation Of Existing Residential Buildings In China And Case Study, Energy And Buildings, 43, 2203-2210.



- [8] Çetiner, İ., 2011, Enerji Etkin Konut Yenilemelerinde Enerji Tüketimi Ve Yaşam Dönemi Maliyetlerinin Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 13-16 Nisan 2011, 865-877, İzmir.
- [9] Inanici, M.N., ve Demirbilek, F.N. , 2000, Thermal Performance Optimization Of Building Aspect Ratio And South Window Size In Five Cities Having Different Climatic Characteristics Of Turkey, Building And Environment, 35, 41-52.
- [10] Florides, G.A., Tassoub, S.A., Kalogiroua S.A. ve Wrobelb L.C., 2002, Measures Used To Lower Building Energy Consumption And Their Cost Effectiveness, Applied Energy, 73, 299-328.
- [11] Smeds, J. ve Wall, M., 2007, Enhanced Energy Conservation In Houses Through High Performance Design, Energy And Buildings, 39, 273-278.
- [12] Manioğlu, G. ve Yılmaz, Z., 2008, Energy Efficient Design Strategies In The Hot Dry Area Of Turkey, Building And Environment, 43, 1301-1309.
- [13] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı , 2000, Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 8 Mayıs 2000 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 24043.
- [14] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Enerji Verimliliği Kanunu, 2 Mayıs 2007 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 26510.
- [15] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 27075 .
- [16] Erlalelitepe, İ. Gökçen, G. ve Kazanasmaz, T., Ekolojik Mimari Tasarım Kriterlerinin Konutların Enerji Performansı Değerlendirmesindeki Yeri, 2011, GreenAge Symposium, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture 6-8 December 2010, İstanbul, Türkiye.
- [17] Gökçen ,G., YAMAN, M.C., Akın, S., Aytas, B., Poyraz, M., Kala ,M.E. ve Toksoy, M., Değerlendirme Metodu (Kep-Sdm) İçin Geliştirilen Enerji Sertifikalandırma Yazılımı (Kep-lyte-Ess), IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 411-422, İzmir.

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No: 109M450</b>
<b>Proje Başlığı:</b> Çok katlı konut yapılarının enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi
<b>Proje Yürütücüsü :</b> Dr. Zehra Tuğçe KAZANASMAZ <b>Proje Danışmanı :</b> Prof. Dr. Gülden Gökçen AKKURT <b>Proje Bursiyerleri :</b> Kenan Evren EKMEK İlknur ERLALELİTEPE Cihan TURHAN
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü Gülbağçe Kampusu 35430 Urla-İZMİR
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Mühendislik Araştırma Grubu (MAG) Ankara.
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 15.04.2010 - 15.04.2012
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> Bu proje, çok katlı konutların enerji performansları ile tasarım verimlilik göstergeleri arasındaki ilişkiyi belirleyerek, enerji tüketiminin azaltılması için yapılan ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalara katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bulgular, İzmir'de üç merkez ilçede inşa edilmiş konut binalarının uygulama projelerinin incelenmesi ile KEP-SDM enerji performansı değerlendirme yöntemi ile elde edilen verilerin istatistiksel analizlerine dayanmaktadır. Sonuçların, daha iyi çözümler üretmeyi amaçlayan tasarımcılar için ihtiyaç duyulan geribildirim ve fayda sağlayacağı düşünülmektedir.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Konutlar, mimari tasarım, verimlilik, enerji performansı, İzmir
<b>Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu?</b> Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
<b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Erlalelitepe, İ., Gökçen G., Kazanasmaz, T. (2010) Ekolojik Mimari Tasarım Kriterlerinin Konutların Enerji Performansı Değerlendirmesindeki Yeri, Greenage Symposium, 1<sup>st</sup> International Symposium Proceedings, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, 6-8 December 2010, 119-129, İstanbul Türkiye.</li><li>2. Turhan, C., Ekmen, K.E., Gökçen, G., Kazanasmaz, T. (2010) Binalarda Enerji Performansı Değerlendirme Yöntemleri, Greenage Symposium, 1<sup>st</sup> International Symposium Proceedings, Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, 6-8 December 2010, 181-189, İstanbul Türkiye.</li><li>3. Erlalelitepe İ., Ekmen K.E., Turhan C., Akdemir M., Akkurt G.G., Kazanasmaz T. (2011) Energy performance of residential buildings and their architectural configuration, Low Energy Architecture (LEA) in World Renewable Energy Congress 2011–Sweden, Conference Proceedings, Ed. Bahram Moshfegh, Linköping University, 8-11 May 2011, 1749-1756, Linköping, İsveç.</li><li>4. Erlalelitepe, İ., Gökçen, G., Kazanasmaz, T. (2011) Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bina Fiziği Sempozyumu, 13-16 Nisan 2011, 1625-1633, İzmir.</li><li>5. Erlalelitepe, İ., Gökçen, G., Kazanasmaz, T. (2011) Mevcut Konut Binalarının Çevre Duyarlı Olmaları İçin Yenilenmesi, Çevre-Tasarım Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 8-9 Aralık 2011, 25-36, İstanbul.</li></ol>