

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ISITMA AÇISINDAN DIŞ DUVARLARDA SAYDAM YÜZEY
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

BETÜL BEKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
YAPI TASARIMI EĞİTİMİ BİLİM DALI

ELAZIĞ
2006

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISITMA AÇISINDAN DIŞ DUVARLARDA SAYDAM YÜZEY KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

BETÜL BEKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
YAPI TASARIMI EĞİTİMİ BİLİM DALI

Bu tez, tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman:

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2006 tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖNSÖZ

Türkiye’de enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında, konutlarda ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan enerjinin çok büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Günümüzde tükenme tehlikesiyle karşı karşıya gelen fosil yakıtların çevreye verdikleri zararlarda göz önünde bulundurulduğunda, enerji tasarrufunun ne denli gerekli olduğu anlaşılmış olur. Bu çalışmada, ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına karşın binanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabilecek cam ünitelerinin birbirlerine göre performansları, yapının biçim faktörü de göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

Bu yüksek lisans çalışmasının belirlenmesinde ve yürütülmesinde zamanını ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. U. Teoman AKSOY’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tezin hazırlanmasında yakın ilgilerini gördüğüm değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ömer KELEŞOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında her türlü yardımlarını ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Sami EKİCİ’ye ve manevi desteğini gördüğüm aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

KAPAK

ONAY SAYFASI

ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	III
TABLoların LİSTESİ.....	VI
SİMGELER LİSTESİ.....	VII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X

1. GİRİŞ.....	1
2. BİNALARDA ENERJİ İHTİYACI.....	6
2.1. Binalarda Isı İhtiyacını Etkileyen Etkenler.....	7
2.1.1. Fiziksel Çevresel Etkenler.....	7
2.1.2. Yapay Çevreye Ait Etkenler.....	8
2.1.2.1. Binanın Yeri.....	8
2.1.2.2. Binanın Yönlendiriliş Durumu.....	9
2.1.2.3. Bina Aralıkları.....	9
2.1.2.4. Bina Form ve Biçim Faktörünün Belirlemesi.....	10
2.1.2.5. Saydamlık Oranı.....	10
2.1.2.6. Pencere Alanlarının Yönlerine Göre Tespiti.....	10
2.1.2.7. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri.....	10
2.1.2.8. Doğal Havalandırma Düzeni.....	11
3. SAYDAM YÜZEYLER.....	12
3.1. Pencere Camları.....	15
3.1.1. Normal Pencere Camı.....	16
3.1.2. Hava Tabakalı Cam Üniteleri.....	16
3.1.3. Gaz Dolgulu Çift Cam Üniteleri.....	19
3.2. Pencerelerdeki Isı Kayıpları.....	19
3.2.1. Camlı Bölme ve Konstrüksiyon İçinden Isı Taşınması	20
3.2.2. Hava Kaçakları.....	20
3.2.3. Camlar Arasındaki Havanın Konveksiyonu.....	20
3.2.4. Cam İçinden Işıma.....	21
3.3. Tek Camlı ve Hava Tabakalı Pencere Ünitelerinde Meydana Gelen Isı Kayıpları.....	21
4. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	23

4.1.	Güneş Işınımının Belirlenmesinin Önemi.....	24
4.2.	Güneş Açıları.....	25
4.3.	Güneş Işınımı Hesaplama Yöntemi.....	29
4.3.1.	Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı.....	29
4.3.2.	Yatay Düzleme Gelen Günlük Toplam Güneş Işınımı.....	30
4.3.3.	Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı.....	31
4.3.4.	Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı.....	31
4.3.5.	Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı.....	32
4.3.6.	Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işınımı.....	32
4.3.7.	Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı.....	33
4.4.	Saydam Örtülerin Güneş Işınım Özellikleri.....	34
4.4.1.	Saydam Örtülerin Geçirme Oranı.....	35
4.4.2.	Ara Yüzeyin Işınımı Yansıtma Oranı.....	35
4.4.3.	Yutma, Yansıtma ve Geçirme Oranları.....	36
4.4.4.	Saydam Yüzeylerin Yaygın Işınımı Geçirme Oranları.....	38
4.5.	Pencerelerde Isı Geçişi.....	39
5.	UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	41
5.1.	Çalışmadaki Varsayımlar.....	43
5.2.	Sayısal Analiz.....	45
5.3.	Bulgular ve Değerlendirme.....	46
6.	SONUÇ.....	66

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

EK-1

EK-2

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Gotik katedrallerin gül pencereleri.....	1
Şekil 1.2. Cam malzemenin cephe bütününde kullanımı.....	4
Şekil 2.1. İklim bölgelerine göre yapı yerinin seçilmesi.....	9
Şekil 3.1. Doğal olarak aydınlatılmış kapalı bir havuz.....	12
Şekil 3.2. Güneş spektrumu.....	14
Şekil 3.3. Çift camlı pencere ünitesi.....	16
Şekil 3.4. Kaynakla yapılan hava tabakalı camlar.....	18
Şekil 3.5. Pencerelerdeki ısı geçişleri.....	20
Şekil 3.6. Tek ve çift camlı pencerede ısı kaybı.....	21
Şekil 4.1. Dünya ve güneş ilişkisi.....	24
Şekil 4.2. Eğimli bir yüzey için güneş açıları.....	26
Şekil 4.3. Karakteristik günlerin güneş ışıınımı kazancı.....	34
Şekil 4.4. Cam yüzeyine gelen ışığın hareketi.....	35
Şekil 4.5. Işıının saydam örtüdeki polarizasyonu.....	37
Şekil 5.1. Üç farklı binanın boyut ve yönlerine göre durumları.....	43
Şekil 5.2. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ocak ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	46
Şekil 5.3. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre şubat ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	47
Şekil 5.4. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre mart ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	47
Şekil 5.5. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre nisan ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	48
Şekil 5.6. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre mayıs ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	48
Şekil 5.7. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre haziran ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	49
Şekil 5.8. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre temmuz ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	49
Şekil 5.9. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ağustos ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	50
Şekil 5.10. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre eylül ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	50
Şekil 5.11. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ekim ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı.....	51

Şekil 5.12. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre kasım ayı aylık ortalama güneş ışınlamı kazancı miktarı.....	51
Şekil 5.13. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre aralık ayı aylık ortalama güneş ışınlamı kazancı miktarı.....	52
Şekil 5.14. Ocak ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	56
Şekil 5.15. Şubat ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	56
Şekil 5.16. Mart ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	57
Şekil 5.17. Nisan ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	57
Şekil 5.18. Mayıs ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	58
Şekil 5.19. Haziran ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	58
Şekil 5.20. Eylül ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	59
Şekil 5.21. Ekim ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	59
Şekil 5.22. Kasım ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	60
Şekil 5.23. Aralık ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	60
Şekil 5.24. Haziran ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı.....	63
Şekil 5.25. Temmuz ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı.....	64
Şekil 5.26. Ağustos ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı.....	64
Şekil 5.27. Eylül ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı.....	65
Şekil EK–1.1. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ocak ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.2. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre şubat ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.3. Dört anayön ve beş farklı cam türüne göre mart ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.4. Dört anayön ve beş farklı cam türüne göre nisan ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.5. Dört anayön ve beş farklı cam türüne göre mayıs ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.6. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre haziran ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.7. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre haziran ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.8. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre temmuz ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.9. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ağustos ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı	
Şekil EK–1.10. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre eylül ayı karakteristik günlerinin	

pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı

Şekil EK–1.11. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre eylül ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Şekil EK–1.12. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ekim ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Şekil EK–1.13. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre kasım ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Şekil EK–1.14. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre aralık ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Karakteristik günler için denklinasyon açısı değerleri.....	27
Tablo 5.1. BF 1/1'in dört farklı durumu için pencere alanları.....	42
Tablo 5.2. BF 1/2'nin dört farklı durumu için pencere alanları.....	42
Tablo 5.3. BF 2/1'in dört farklı durumu için pencere alanları.....	42
Tablo 5.4. Gazlar ve ısı iletim katsayıları.....	44
Tablo 5.5. Farklı biçim faktörleri için yıllık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	55
Tablo 5.6. Farklı biçim faktörleri için yıllık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı.....	62
Tablo 5.7. Cam türlerinin birbirlerine göre enerji performansı.....	63

SİMGELER LİSTESİ

a'	: Saydam yüzey içerisinde ışıınının, kat ettiği mesafe boyunca geçirilen oranı
f	: Güneş sabitini düzeltme faktörü
h_d	: Dıştaki taşınım katsayısı ($W/m^2\text{ }^{\circ}C$)
h_i	: İçteki taşınım katsayısı ($W/m^2\text{ }^{\circ}C$)
I	: Eğik düzleme gelen anlık tüm güneş ışıınını (W/m^2)
I_a	: Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışıınını (W/m^2)
I_d	: Yatay düzleme gelen direkt güneş ışıınını (W/m^2)
I_{ed}	: Eğik düzleme gelen direkt güneş ışıınını (W/m^2)
I_{ey}	: Eğik düzleme gelen yayılı güneş ışıınını (W/m^2)
I_{gs}	: Güneş sabiti ($=1353\text{ }W/m^2$)
I_n	: Güneş ışıınınına dik birim düzleme gelen güneş ışıınını(W/m^2)
I_y	: Bir anda birim yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışıının (W/m^2)
I_{ya}	: Eğik düzleme yansıyarak gelen güneş ışıınını(W/m^2)
I_o	: Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen anlık güneş ışıınını (W/m^2)
K	: Ara boşluktaki gazın ısı iletim katsayısı ($W/m\text{ }^{\circ}C$)
K	: Saydam tabakanın (camın) kalınlığı (m)
K_t	: Berraklık indeksi
K_y	: Yatay düzleme gelen yayılı ışıınının tüm güneş ışıınınına oranı
L	: Saydam tabakanın (camın) kalınlığı (m)
L_1	: ışıınının bir tabaka saydam örtüde kat ettiği mesafe (m)
M_d, M_y	: ışıınının dik ve yatay bileşenlerinin yansıtılma oranı
n	: 1 Ocaktan itibaren gün sayısı
q_i	: Cam boyunca yapının içine olan ısı kazanç ve kayıp değeri (kWh)
Q	: Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışıınını ($MJ/m^2\text{-gün}$)
Q_o	: Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışıınını ($MJ/m^2\text{-gün}$)
Q_y	: Yatay düzleme gelen yayılı ışıının ($MJ/m^2\text{-gün}$)
R_d	: Eğik düzleme gelen direkt güneş ışıınınının yatay düzleme direkt gelen ışıınınına oranı
t	: Güneşlenme süresi (saat)
t_o	: Gün uzunluğu (saat)
T_i	: İç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_d	: Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
z	: Şehrin yüksekliği
α	: Cismin güneş ışıınınını yutma oranı
α_s	: Yüzey güneş azimuth açısı

α_d	: Cismin direkt gelen ışıınıını yutma oranı
α_y	: Cismin yayılı gelen ışıınıını yutma oranı
α_{ya}	: Cismin yansıyarak gelen ışıınıını yutma oranı
β	: Eğim açısı
γ	: Yüzey azimuth açısı
γ_s	: Güneş azimuth açısı
δ	: Denklinasyon açısı
Φ	: Enlem açısı
θ	: Güneş geliş açısı
θ_z	: Zenit açısı
ρ_y	: Yerin yansıtma oranı
ρ	: Cismin güneş ışıınıını yansıtma oranı
θ'	: Kırılma açısı
θ_{ey}	: Yayılı gök ışıınıını geliş açısı
θ_{ya}	: Yansıyan gök ışıınıını geliş açısı
τ	: Cismin güneş ışıınıını geçirme oranı
τ_d	: Cismin direkt gelen ışıınıını geçirme oranı
τ_y	: Cismin yayılı gelen ışıınıını geçirme oranı
τ_{ya}	: Cismin yansıyarak gelen ışıınıını geçirme oranı
ω	: Saat açısı
ω_s	: Güneş batış saat açısı

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISITMA AÇISINDAN DIŞ DUVARLARDA SAYDAM YÜZEY KULLANIMININ
ARAŞTIRILMASI

Betül BEKTAŞ

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Yapı Tasarımı Eğitimi Bilim Dalı
Sayfa:67

Bu çalışma dahilinde, özellikle yapı kabuğunda en fazla ısı kaybının gerçekleştiği yer olan saydam yüzeylerin farklı alternatiflerdeki kullanımı ile binaların ısıtılmasında ve soğutulmasında kullanılan enerji miktarlarını azaltabilme yolları araştırılmıştır. Dünya genelinde enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük oranlarda kullanılan fosil enerji kaynaklarının giderek azalması ve kullanımları sonucu ortaya çıkan çevresel sorunların büyük boyutlara ulaşması da göz önünde bulundurularak, daha az enerji ihtiyacı gereksinimi olan binaların tasarımında cam malzemenin kullanımı tartışılmıştır.

Çalışma, bina saydam kabuk elemanlarındaki ısı geçişlerini hesaplayan ve sonuçlarını her ayın karakteristik günleri olarak kabul edilen 1., 11. ve 21. günleri, (bir yıl için toplam 36 gün) için saatlik toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı miktarları olarak veren MATLAB ortamında hazırlanan bir bilgisayar programı ile birlikte sunulmuştur.

Çalışma kapsamında Elazığ ilinin son 10 yılına ait meteorolojik verilerin saatlik ortalamaları kullanılmıştır. Örnek bina cephe alternatifleri üzerindeki yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı miktarları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle gösterilmiş, ele alınan senaryolar çerçevesinde uygun cephe alternatifleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji tasarrufu, Cam, Isıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı.

ABSTRACT
MASTER THESIS

**INVESTIGATION OF TRANSPARENT SURFACE USAGE ON OUTER WALLS IN
TERMS OF HEATING**

Betül BEKTAŞ

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Construction Education
Program of Construction Design Education

Page:67

In this study it is aimed to investigate the effective ways for minimizing the amount of energy used for heating and cooling in buildings caused by transparent surfaces of building envelope, where heat losses mostly occurs. From extinction of fossil fuels, increasing of greenhouse gases and reducing the plundering of nature points of view, the usage of glass material in windows of building facade discussed in terms of reducing heating and cooling energy consumption.

The study is presented with a computer program prepared in MATLAB, which calculates and gives the results of hourly total heating and cooling energy for the considered characteristic days of each month 1st, 11th and 21st days (36 days for a year).

Last ten-year period meteorological data of Elazığ was used in calculations of this study. The heating and cooling energy requirements of different building examples are evaluated. Results are shown with tables and figures and the optimum facades determined from different alternatives

Keywords: Energy conservation, Glass, Heating and cooling energy.

1. GİRİŞ

Camlar; sabit bir erime noktası olmayan, yüksek sıcaklıkta bile yüksek bir viskoziteye sahip sıvılar olup, belli bir sıcaklık aralığında kristalleşmeden katılaştan, katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerinde özelliklerini gösteren, inorganik esaslı amorf yapılı (atomları düzensiz dizili) bir silikat sistemidir [1].

Cam geri dönüşümü mümkün olan, çevreyi kirlletmeyen, kimyasal etkilere dayanıklı ve insan sağlığı açısından hiçbir zararlı madde içermemesinden dolayı çevreci bir yapı malzemesidir. Aynı zamanda saydam ve ışık geçirgen niteliklerinin olması onu yapı kabuğunda önemli bir bileşen haline getirmektedir. Ancak bir kabuk eleman olarak sahip olması gereken pek çok özellikten yoksun olması, ikincil üretim işlemlerinden geçirilip çeşitli dış etkenlere karşı daha dayanıklı bir hale getirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu ikincil işlemlerle kazandığı özellikler sayesinde, adi cam malzemeden daha emniyetli bir şekilde pek çok yerde güvenle bir kabuk eleman olarak yapı yüzeyinde kullanılabilme özelliği kazanmıştır.

Bilinen en eski yapı malzemelerinden biri olan cam günümüzde edindiği vazgeçilmez yerini geçirdiği uzun bir evrim sürecinden sonra almıştır. Camcılığın asıl kaynağının Batı Asya olduğu bugün bilinen bir gerçektir [2]. Geçmişin savunma amaçlı yerleşim birimlerinde sadece fonksiyonel bir yapı malzemesi olarak sınırlı pencere boşluklarını dolduran bu malzeme zamanla bir anlatım aracı olarak mimarının ta kendisi olmuştur. Günümüzde binaların büyük bir bölümünü giydiren bu çağdaş malzemenin tarihsel gelişimi aşağıda açıklanmıştır.

Camın MÖ. 3.bin dolaylarında Orta Doğu'da bulunduğu, 2.binin içinde Mezopotamya ve Anadolu'da kullanıldığı anlaşılmaktadır. Roma hamamlarıyla birlikte yapıda kullanılmaya başlanan cam, geçmişte Şekil 1.1'de görüldüğü gibi Gotik katedrallerin vitray pencerelerinde şiirsel anlatımlar bulmuştur. Roma İmparatorluğu'nun ikiye ayrılması ve Batı Roma İmparatorluğu'nun giderek zayıflaması, cam üretiminin Bizans'a kaymasına neden olmuştur. 7. yüzyıldan sonra İslam Ülkeleri'nin de cam üretimine etkin biçimde katılmaya başladığı gözlenmektedir. Mezopotamya, İran, Mısır ve Suriye'de üretimi hızla gelişmiştir. Avrupa'da ise 1000 yılı dolaylarından 18. yüzyıla kadar en önemli cam üretim merkezi Venedik'tir [1].



Şekil 1.1. Gotik katedrallerin gül pencereleri

Amerika’da ilk cam 1609 yılında yapılmıştır. Yine 17. yüzyılda cam üretimi, İngiltere’de en çok teşvik edilen üretim kolu olmuştur. Cam fırınlarında, yakıt olarak odun yerine kömür kullanılmasına ilk olarak 1635 yılında Almanya’da başlanmıştır. İlk levha cam üretimi Fransa’da gerçekleştirilmiştir [3].

Camın endüstriyel üretiminin başlangıcı 18. yüzyıla tarihlenebilir. Dökme cam üretimi yine bu yüzyılda gerçekleşmiştir. Mağaza ve dükkanların vitrinlerinde cam kullanılmaya başlanmıştır. Cam üretimindeki gelişmeler doğrultusunda demir ve camın birlikte kullanıldığı yapı türleri ortaya çıkmıştır. Bunlara bitki serleri (kış bahçeleri, limonluklar), tren istasyonları, geçitler pasajlar, sergi yapıları örnek olarak verilebilir [3].

Türklerin Orta Asya’da cam kullandıkları bilinmektedir. Saray kalıntılarından elde edilen bulgular Anadolu’da cam üretiminin Artuklular ve Selçuklularla beraber başladığını ve bu dönemde vitray sanatının bilindiğini göstermektedir. Osmanlılar cam üretimini önemli bir sanat ve endüstri kolu olarak ele aldılar. Fetihten sonra İstanbul cam üretim merkezi haline geldi. Osmanlı Dönemi camcılı ile ilgili en eski belgeler 16.yy’a aittir. O dönemde cam üretimi Eğrikapı, Tekfur Sarayı, Bakırköy, Eyüp, Ayvansaray ve Balat’da yoğunlaşmıştır.

18.yy’da batı ülkelerinde hızla gelişen cam üretimi karşısında çeşitli düzenlemeler yapıldığı görüldü. 1716 yılında Venedikten cam alınması, çıkarılan buyrukla yasaklandı. 1795 yılında Çubuklu’da cam üretimevi kuruldu. Beykoz işi ve Çeşm-i Bülbül ismi verilen ürünler bu üretimevinin ürünüdür. 1899 yılında S. Modiano adında bir girişimci tarafından kurulan Paşabahçe Cam Üretimevi (Fabbrica vertamini di D. Modiano) ile modern cam eşya üretimine geçilmiştir. 20.yy başlarına doğru batı cam endüstrisi ile rekabet edemeyen küçük işletmeler zamanla yok oldu. 1902 yılında son üretimevi olan Modiano’da kapandı. 1934 yılında Tekfur Sarayı dolaylarında kurulan Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. kalkınma planlarından aldığı destekle hızlı bir gelişme dönemine girdi. En önemli gelişme 1961 yılında Çayirova Pencere Camı Fabrikası’nın kurulmasıdır.

1960’lı yıllarda İstanbul’da Paşabahçe dışında yaklaşık 30, İzmir’de 2, Mersin’de 1 cam üreten şirket kuruldu. 1984 yılında Trakya Cam ve TV Camı Fabrikası açıldı ve yüzdürme tekniği ile düz cam ve ayna camı üretimine başlandı. Bugün Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. cam endüstrisinin ham madde ve ara malların büyük kısmını üretmektedir [3].

• 1.2. Mimarlık ve Cam

19. yüzyılın başından itibaren Avrupa’da toplumsal hayatın neredeyse tamamen değişmesi, mimarlık sanatını sıradan insanın günlük hayatına hizmet edecek hale getirmiştir. Önceleri sadece kumların ve soyluların hizmetinde olan mimarlık, böylece artık sivil hayata da karışmış oluyordu. Örnekleri olmayan yapı türlerinin (kapalı halk pazarları, demiryolu

istasyonları, fabrika binaları vb.) ortaya çıkışı, ile mevcut yapı malzemeleri ve strüktür sistemleri ile bu büyük ölçekli yapıları inşa etmede karşılaşılan güçlükler, mimarinin yeniden şekillenmesine sebep olmuştur. Yeni strüktür sistemlerinin geliştirilmesi ve malzemenin seri üretimle elde edilmesiyle, cam ve çelik malzeme bu dönemde özellikle büyük ölçekli binalarla mimariye girmiş bulunmaktaydı. Ancak bu yeni malzemeler beraberinde yenilikler ve kolaylıklarla birlikte, pek çok problemi de getirmiştir.

20. yüzyılda yapı üretiminde köklü değişiklikler yaşanmıştır. Geçmişin hiçbir zaman yok saymadığı usul ve stil kaygıları neredeyse tamamen dışlanmış ve bugün adına modern mimari denilen oluşum ortaya çıkmıştır. Özellikle sanayi devrimi sonrasında yaşanan köyden kente göç ve kentleşme kavramları bu süreci daha da hızlandırmıştır. Bu yoğun insan selini barındırabilmek için önceleri yatay olarak büyüyen kentler, pahalılaşan kent arsaları ve gelişen hizmet sektörünün ihtiyaç duyduğu randımanlı yaşam ve çalışma mekanları, betonarme çelik, metalurji, yapı statiği ve diğer mühendislik dallarındaki ilerlemeler sonucu, yaşam alanları seri halde üst üste sıralanmaya başlamış ve günümüz kentleri ortaya çıkmıştır [4].

Bir nakış gibi, yapılarını her türlü detayla en ince ayrıntısına kadar düşünüp işleyerek ortaya çıkaran tasarımcı anlayış yerini bu acil talebe en hızlı şekilde cevap verecek baştan savmacı tavra bırakmıştır. Ancak bu çözümler Türkiye gibi henüz alt yapı sorunlarını büyük ölçüde çözemeyen ülkelerde sürekli kanayan bir yara olarak kalmış ve her yenilikle birlikte onarılması gereken bir hal almıştır.

Artık bina kabuğu, iç mekanı dış etkilere koruyan aynı zamanda taşıyıcı işlevini de üstlenen bu özelliklerinden öte, içinde yaşayan insanların sadece fiziki ihtiyaçlarına değil aynı zamanda psikolojik ihtiyaçlarına da cevap verebilecek bir hale getirmiştir. Gittikçe yer ile olan bağı kopan insanoğlu bu kaybı, cam yüzeylerle dış ortama açılarak telafi etmeye başlamıştır. Bu sayede mimari anlamda da masif kütlelerin görsel ağırlığını hafifleten ve saydamlık sağlayan cam yapı malzemesi bir kabuk elemanı olarak güncellik kazanmıştır.

Ancak sağladığı pek çok avantajın yanı sıra bu yüzey elemanı, büyük ısı kaybı sorunlarına yol açmaktadır. Yapı kabuğunda kullanılan pek çok malzemeye göre ısı iletim değerinin yüksek olması, kullanımında gerekli özenin gösterilmesini zorunlu hale getirmiştir. Doğru tasarımlarla önemli kazançlar sağlayabilecek bu malzeme, ne yazık ki uygulandığı pek çok yerde bilinçsizce kullanılmaktadır.

Pek çok alanda olduğu gibi doğru tasarımlarla artık cam da taş, tuğla, beton metal ve diğer endüstriyel malzemelerle kendi alanında yarışarak eşdeğer ve hatta bazı durumlarda daha üstün performanslar sunabilen bir malzemedir. Sağlamlık, dayanıklılık, yalıtkanlık gibi yararları yapı alanından daha az yer kullanarak, yapıyı daha az yükleyerek ve üstelik birçok durumda daha da ucuza üstlenebilen camın asıl üstünlüğü sağladığı saydamlık ve ışıktır [5].



Şekil 1.2. Cam malzemenin cephe bütününde kullanımı

20. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak cam işleme konusunda kaydedilen yenilikler, camı artık sadece pencerelerde kullanılan bir malzeme olmaktan kurtararak ısı ve ses yalıtımı sağlayan, güneşin aşırı ısını denetleyen ve Şekil 1.2’de olduğu gibi yapı içini dış etkenlere karşı güvence altına alabilecek niteliklere sahip bir yapı kabuğuna dönüştürmüştür [6].

Taşıyıcı sistemlerin izin verdiği ölçüde gittikçe yükselen yapıların cepheleri için hafif, kolay temizlenebilen ve kullanılabilir alandan yer çalmayan cam, bu yüzyılda rakipsiz bir malzeme haline gelmiştir. Cam malzemenin bu üstün özelliklerinin arkasında başta yüzdürme (float) cam üretim tekniği olmak üzere, kaplama, temperleme, laminasyon ve çift cam üretimi gibi işleme teknikleri, conta malzemesi yapımındaki kimyasal gelişmeler ile metalürji ve inşaat mühendisliğindeki köklü dönüşümlerden her birinin ayrı payları vardır [5].

Binalarda iklimsel konforun sağlanması ve bu amaçla sürdürülebilir kaynakların kullanılması uzun zamandan beri üzerinde çalışılan bir konudur. Azalan fosil enerji kaynakları ile doğa yağmasının artması ve gelişimin her adımında daha da artan enerji talebi sonucu ortaya çıkan çevresel sorunlar bu konuya daha da yoğunlaşmayı bir zorunluluk haline getirmiştir.

Özellikle yüzyıl dönümünde etkin ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme aygıtlarının gelişiminden sonra sanayileşmiş Batı’daki mimarlar, güneşin, rüzgarın ve ısıнын etkileri gibi konuları sorun etmemeye başladılar; çünkü yeterli alet olduğu sürece her zorluğu yenebileceklerine inandılar. Kuşkusuz ödenmesi gereken bir bedel vardı, ama bu bedel yapıların tamamlanmasından uzun yıllar sonra müşterilerin ve kullanıcıların başına dert oluyordu; mimarların bu konuda pek de kaygılandıkları söylenemezdi [7].

Türkiye gibi enerji ihtiyaçlarını dış-alım yolu ile sağlayan ülkelerde, bu bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla yapılan pek çok çalışma göstermektedir ki, Türkiye sürdürülebilir kaynaklardan yararlanma potansiyeli oldukça yüksek olan bir konumdadır. Bu kaynaklardan en

yaygın olarak kullanılanı şüphesiz güneştir. Binalarda ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacını karşılamada pasif ve etkin şekilde güneş enerjisinden faydalanmak mümkündür.

Ancak, bu durumda cam bileşenler büyük rol oynamaktadır. Çünkü, güneş tayfının gözle görülmeyen kesiminde yer alan kızıl ötesi ışınlar da dahil olmak üzere camdan kolayca geçer, ama güneş ışığı odadaki bir yüzeye çarptığında üretilen ısı geriye dönerek camdan dışarı çıkmaz. Sonuç, yavaş yavaş ısı kazancıdır [7].

Toplumsal birikimleri ve fiziki çevre arasında en önemli köprülerden biri olan mimarlık bundan böyle doğal kaynakların ve enerjinin verimli kullanımı ile ilgili önemli bir misyonu da artık üstlenmek durumundadır. Binaların ısıtma giderlerini belirlemede birinci görev tasarımcılarınadır. Pencere alanı, türü ve yönünün belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak basit kriterler, bina kullanım süresince ihtiyaç duyulacak ısıtma ve soğutma enerjisini doğrudan etkileyecektir. Bu nedenledir ki; yapı kabuğunda diğer bileşenlere oranla daha fazla ısı kayıp ve kazançlarına neden olan cam malzemenin daha dikkatli ve bilinçli kullanılması gerekmektedir [4].

Yapılan bu çalışmanın amacı da, bina içerisinde iklimsel konforun sağlanmasını esas alarak, yılın 36 günü ve her günün 24 saatine ait olarak değişen saatlik dış ortam sıcaklığı, güneş ışıması şiddeti ve rüzgâr hızı gibi iklimsel veriler ile biçim faktörü, saydamlık oranı ve pencere camının fiziksel özellikleri gibi pasif tasarım parametrelerinin etkilerini tespit etmek ve gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktır.

2. BİNALARDA ENERJİ İHTİYACI

İklimsel konfor, belirli bir eylem gerçekleştirmekte olan insanın, bedensel ve zihinsel performansının az enerji sarf ederek istenen düzeyde gerçekleşmesidir ve binalarda enerji ihtiyacını zorunlu kılan faktörlerin başında gelmektedir. İnsan sağlığı ve konforu açısından sürekliliğin sağlanması iklimsel konfor şartlarının bina içerisinde gerçekleşmesine bağlıdır. Yapı içinde kullanıcıların etkinliklerine bağlı olarak; bağıl nem, hava hareketleri, sıcaklık ve mekânı çevreleyen öğelerin iç yüzey sıcaklıkları kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunda iklimsel konfor sağlanmış olur. Bu koşulların sağlanması insanın, fiziksel ve sosyal performansını maksimum düzeye eriştirir.

Dünya genelinde binalarda tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminde daima önemli bir yere sahip olagelmıştır. Türkiye’de enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında, konutlarda ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan enerjinin çok büyük bir pay aldığı görülmektedir. Türkiye’de binalarda kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin %34’üne ve kullanılan elektrik, toplam elektrik tüketiminin %43’üne karşılık gelmektedir. Bu da göstermektedir ki, bina sektörü toplam enerji kullanımı içinde en büyük tüketim grubunu oluşturmaktadır [8].

Ülkemizde çok sayıda eski bina bulunması, bunların inşa edildikleri sırada enerji tüketimi ile bina tasarımı arasında bir ilişki bulunduğu düşünülmeden yapılmış olmaları, Türkiye’deki bina enerji kayıplarının fazla olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu da ülkemizde konutlar ve ticari binalarda tüketilen enerjinin %80’inin ısıtma amacıyla kullanılmasına yol açmaktadır [8].

Zamanla enerji kaynaklarının giderek azalması, aşırı yakıt kullanımı sonucu CO₂ emisyonlarının artması, malzeme üretimi, bina yapım ve işletimi sürecinde ortaya çıkan kirletici maddelerin havaya, suya ve toprağa karışarak çevresel kirliliğe neden olmaları; enerji ihtiyacına ve çevresel isteklere ilişkin konuların bina tasarımında dikkate alınması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır [9].

Sınırlı doğal kaynakların hızla tükenmesi ve geri dönülemez bir çevre tahribiyle karşı karşıya kalma olasılığı, sürdürülebilir kalkınma kavramının önemini arttırmaktadır. Bir binanın enerji etkin ve sürdürülebilir olması ancak bina alt sistem fonksiyonlarını gerçekleştirmede kullanılan enerji miktarının minimum olması ile sağlanabilir. Ekolojik dengeyi koruma ve doğal kaynakları hesaplı tüketme zorunluluğu tasarımcıları ve yatırımcıları yeni önlemler almaya itmekte ve bu ekolojik tasarım ilkelerini göz önüne alan tasarımların yapımı hızlanmaktadır [10]. Bu nedenle önümüzdeki bin yılın binalarının tasarımı, onarımı ve üretimi alanlarında; özellikle ısıtma, soğutma vb. donatıların çalışması için harcanan enerjinin korunumunu

sağlamak, binaya enerji sağlayan kaynağın, çevreye zarar vermeden kendini yenileyebilen kaynaklardan olmasını sağlamak bina tasarımcılarının sorumlulukları arasına girmiştir [11].

Ancak bu çalışma dâhilinde binalarda sadece ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan ve pencerelerdeki kayıp ve kazançlardan kaynaklanan enerji ihtiyaçları ele alınmıştır.

2.1. Binalarda Isı İhtiyacını Etkileyen Etkenler

Binalarda iklimsel konforu sağlamada ve dolayısıyla enerji korunumu sürecinde etkili olan tasarım bileşenleri;

1. Fiziksel çevreye ait etkenler
2. Yapay çevreye ait etkenler

olarak iki ana grupta incelenebilir.

2.1.1. Fiziksel Çevreye Ait Etkenler

Belirli bir bölgedeki iklim karakteristikleri, binalarda tüketilen enerji miktarları üzerindeki en belirleyici faktördür. İklimsel etki; hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, bağıl nem, havanın bulutlu veya açık olması ve yağmur gibi hava olayları ile binanın enerji ihtiyacının artmasına veya azalmasına tesir eder. Yaygın olarak ısı hesaplama yöntemlerinde mutlaka dış sıcaklığın bilinmesi gerekmektedir. Böylece iç ve dış sıcaklık farkından dolayı bina dış kabuğundan kaçan ısı hesaplanabilir. Belli bir yerdeki ortalama rüzgâr hızının estiği süredeki şiddeti ve esme yönü, binanın çeşitli yüzeylerindeki ısı transfer katsayısını etkileyecektir. Rüzgâr çarptığı yerde bir basınç farkı yaratarak taşınım yoluyla ısı kayıplarını arttırdığı için, enerji etkinliğin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken etmenlerden birisidir.

Güneş ışıınım miktarı, binanın bulunduğu yörenin enlemine, denizden yüksekliğine meteorolojik karakterine ve o bölgedeki atmosferin kirliliğine bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışıınımı; kışın cephe yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık artışı ile ısı kazancına, yazın soğutma için gereken enerjinin artmasına neden olduğundan, cepheden kaynaklanan ısıtma ve soğutma yüklerinin kontrolünde dikkate alınması gereken önemli bir parametredir.

Dış hava, yeryüzündeki çeşitli kaynakların etkisi ile içerisinde belli bir miktar su buharı barındırmaktadır. Hava içerisinde bulunan su buharının miktarı, havanın sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Hava sıcaklığı arttıkça taşıdığı nem miktarı da artmaktadır.

2.1.2. Yapay Çevreye Ait Etkenler

İç ortam iklim koşullarının oluşumunda fiziksel çevresel etkenlerin binayı etkileme derecesi, yapma çevreye ait tasarım değişkenlerine bağlıdır. Binaların enerji etkin olarak tasarlanmaları ancak bu değişkenler için önerilecek uygun değerler aracılığıyla elde edilecektir.

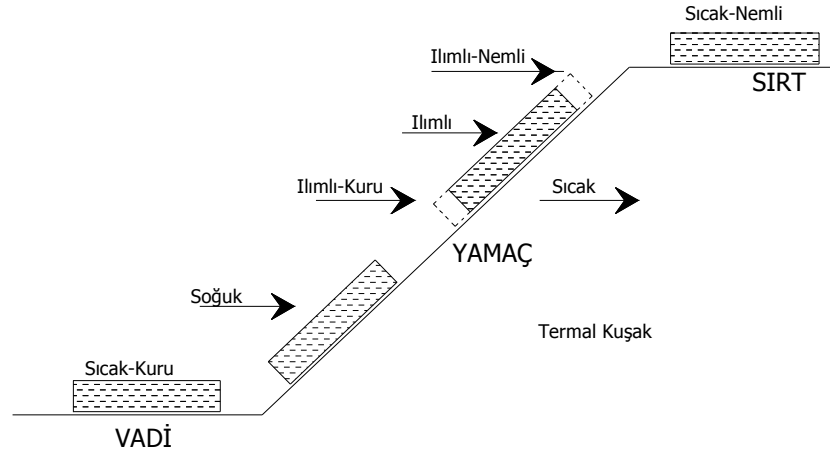
Bu tasarım kriterleri;

- binanın yeri,
- binanın yönlendiriliş durumu,
- bina aralıkları,
- bina form ve biçim faktörünün belirlenmesi,
- saydamlık oranı,
- pencere alanlarının yönlere göre tespiti,
- bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri,
 - opak ve saydam bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı,
 - opak ve saydam bileşenlerin güneş ışıınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları,
 - opak bileşenlerin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü,
- doğal havalandırma düzeni,

olarak sıralanabilir.

2.1.2.1. Binanın Yeri

Öncelikli olarak yerleşim yerlerinin tespiti ile ilgili bir parametredir. Ancak yerleşim yerlerinin tespitinde rol oynayan, binanın inşa edileceği yörede geçerli olan iklimsel koşulların yanı sıra, arazinin eğimi gibi topoğrafik durum, yön ve bitki örtüsü ve ulaşım gibi pek çok değişken vardır. Pasif kazanç sistemlerinin de göz önünde bulundurulacağı, güneş, rüzgâr vb. doğal kaynaklardan da faydalanmanın mümkün olduğu durumlarda enerji korunumu açısından daha başarılı sonuçların elde edilmesi mümkündür. İklim bölgelerine göre yapı yerinin tespit edilmesinde Şekil 2.1’den faydalanmak mümkündür.



Şekil 2.1. İklim bölgelerine göre yapı yerinin seçilmesi

2.1.2.2. Binanın Yönlendiriliş Durumu

Enerji açısından yönlenme, güneş enerjisi kazancı, gün ışığından ve rüzgârın serinletici etkisinden yararlanma ile ilgilidir. Güneş ışıınımı ve rüzgâr gibi dış iklim elemanları yöne göre değişim gösterirler. Dolayısıyla, güneş ışıınımının ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisi yöne veya binanın yönlendiriliş durumuna göre değişmektedir. Bu nedenle, güneş ışıınımı ve rüzgâr bu değişken aracılığıyla iklimsel konfor gereksinmelerine bağlı olarak optimize edilebilmektedir [12].

Ayrıca, binaların yönlendiriliş durumlarına bağlı olarak, binayı çevreleyen kabuk elemanının dış yüzeyindeki güneş ışıınımı şiddeti ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarları da değişkenlik göstermektedir [13].

2.1.2.3. Bina Aralıkları

Binalar aralarındaki uzaklıklara, yüksekliklere ve birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak, birbirleri için güneş ışıınımı ve rüzgâr engeli olarak işlev görebilirler. Cephelelerdeki pasif güneş ışıınımı kazancı ve rüzgârın serinletici etkisinin daha yoğun bir şekilde fayda sağlamasının istendiği durumlarda bu parametre oldukça önemli hale gelmektedir. Güneşin gün boyunca cephelelere göre açısal konumu yönlelere bağlı olarak değişim gösterdiğinden, uygun bina aralıklarının da bina dizilerinin yönlendirilişlerine göre değişim gösterecektir. Bina aralıkları, pasif iklimlendirme açısından rüzgârdan yararlanma veya ısıtma açısından korunma amacına bağlı olarak bina cephesinin ne hızdaki bir rüzgâr tarafından etkilenmesi gereğine göre belirlenmelidir. Güneş ve rüzgâr etmenlerinin faydalı etkilerini engellemeyecek şekilde düzenlendiğinde enerjiden kazanç sağlanması mümkün olmaktadır.

2.1.2.4. Bina Form ve Biçim Faktörünün Belirlemesi

Bina biçimi, toplam dış yüzey alanının ve buna bağlı olarak da enerji kazanç ve kayıplarının değişmesine neden olmaktadır. Bina kabuğundan geçen ısı miktarını hesaplayabilmek amacıyla, binayı çevreleyen elemanların yüzey alanını belirleyen, hacmin düşey ve yatay doğrultudaki boyutları ve bunun bir fonksiyonu olan binanın biçim faktörü belirlenmelidir. Mekânları sınırlayarak dış etkenlerden koruyan bina kabuğu yüzey büyüklüğünün bina hacmine olan oranı (A/V), enerji kayıp ve kazançlarında etkin rol oynar. Kompakt yapı tarzı enerji korunumlu bina tasarımında, örneklerde de görüldüğü üzere önemli bir ölçüttür.

2.1.2.5. Saydamlık Oranı

Saydam ve opak yapı bileşenlerinden oluşan bina elemanlarına ait bir özellik olup, saydam bileşen alanının, toplam bina kabuk alanına olan oranıdır. Yapı kabuğundaki saydam bölümlerin ısı iletim değerinin yüksek olmasından dolayı opak alanlara oranla ısı kayıplarına daha çok fırsat vermektedirler. Yapı kabuğunda saydamlık oranının artması kullanılan saydam malzemenin termofiziksel özelliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte, ısıtma enerjisi ihtiyacının da büyük oranda artmasına sebep olacaktır. Aynı zamanda bu cephe açıklıkları kış aylarında sağlayacakları ısı kazançları sebebiyle fayda sağladıkları gibi yaz aylarında da aşırı ısınmalara sebep olabilmektedirler. Bu nedenle cephe saydamlık oranının optimum kazanç-kayıp dengesini sağlayacak şekilde tespiti gerekmektedir.

2.1.2.6. Pencere Alanlarının Yönle Göre Tespiti

Binalarda enerji tüketimini etkileyen önemli faktörlerden biri de pencerelerin büyüklükleri ve yerleştirilme şekilleridir. Güneye yönlendirilmiş bir bina için, güneş enerjisinden optimum düzeyde faydalanabilmek amacıyla binanın güney cephesine en fazla, doğu-batı cephelerine nispeten daha az ve kışın ısı kayıplarının minimize edilmesi için kuzey cephesine de en az pencere alanları yerleştirilmelidir [14]. Güneş alan, camlı açıklığı olan tüm binalarda, ısı kazancı olduğu için doğrudan kazanç en yaygın olarak kullanılan ve enerji tasarrufunu, maliyeti yükseltmeden sağlayabilen pasif ısıtma sistemidir [15].

2.1.2.7. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Binalarda enerji harcamalarını belirleyen parametrelerin başında bina kabuğu gelmektedir. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarının belirleyicilerindendirler. Ancak uygun özellikte malzemeler kullanılarak tasarlanacak olan bir

kabuk ile iklimsel konfor şartları, minimum enerji ile elde edilebilecektir. Bu nedenle iç ortam konfor koşullarını belirlemede birinci göreve sahip yapı kabuğu çevresel etkenlerden gerektiğinde istenilen oranda faydalanabilecek, olumsuz durumlarda da bir koruyucu vazifesi görecektir şekilde tasarlanmalıdır.

Bu çalışmada, kabuğun toplam enerji tüketiminin belirlenmesinde cam yapı malzemesinin etkinliği incelenmiştir. Özellikle cam cephelerde, ısı kayıp ve kazançlarının önemli bir bölümü kullanılan camın özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, cephede kullanılacak camın seçimi, enerji etkinliğe dikkate alınması gereken önemli bir konudur.

2.1.2.8. Doğal Havalandırma Düzeni

İç iklim konforunun sağlanması açısından doğal havalandırma düzeni, ihtiyaç duyulan hava hareketinin değişiminde etkili olmaktadır. Havalandırma açıklıklarının alanlarına, birbirlerine göre konumlarına ve bulundukları cephelerin yönüne bağlı olarak, hava hareketi değerinin istenen düzeyde sağlanması mümkün olmaktadır.

3. SAYDAM YÜZEYLER

Pencere bir yapının duvarına açılan ve iç mekâna doğal ışığın girmesini, dışarının görünmesini ve gereğinde havalandırmayı sağlayan camlı yapı elemanıdır. Pencere binalarda en çok görevi olan yapı elemanlarından biri olması nedeniyle binanın kullanım olanaklarını ve içindekilerin sağlık ve yaşamını büyük ölçüde etkiler. Bir pencerenin yerine getirmesi gereken görevler aşağıda verilmiştir.

- **İç hacimlerin yeterli ölçüde aydınlatılmasını sağlamak:** Bir hacmin kullanım amacı doğrultusunda yeterli düzeyde ışıklandırılması, pencere boyutlarının uygun seçilmesine bağlıdır. Şekil 3.1’de doğal olarak aydınlatılmış bir yüzme havuzu görülmektedir. Büyük şehirlerde yaşayan insanların günlük yaşantısının yaklaşık 18 saati kapalı hacimlerde geçer. Buralarda görme, doğal ve yapay ışıkla sağlanır. Görmeyi sağlayan kesin bir ışık şiddetinin belirlenmesi olasılığı yoktur, ancak 40–80 lüks görme için yeterlidir [16].



Şekil 3.1. Doğal olarak aydınlatılmış kapalı bir havuz

- **Etkili bir havalandırma sağlamak:** Doğal havalandırma iç ortam koşullarının konfor düzeyine etki eden önemli etkenlerdendir. İç ortamda %35–55 arasındaki bağıl nem oranı normal kabul edilir. %45 civarındaki bağıl nem idealdir. %35’in altındaki ortamlar kuru, %55’in üzerindeki ortamlar ise yaş olarak kabul edilir. Uygun nemin kontrolü aynı zamanda bakterilerin, virüslerin, küf, toz vb. oluşumların çoğalmasını engellemek için de önemlidir.

Günümüzde ısı yalıtımını sağlamak için daha fazla sızdırmaz yapılan evlerde kış mevsiminde çok fazla nem sorun oluşturabilir. Örneğin; kışın aşırı nem, camlarda ve kapı pervazlarında su damlamalarına ve terlemelere neden olur. Bu koşullarda pencerelerde ve kapılarda, köşelerde, bodrum döşemesinin yakınlarında, zamanından

önce bozulmalar, küflenmeler oluşabilir. Uzun süre havalandırılmayan ve dolayısıyla nem oranı dengelenmeyen bu mekânların, insan sağlığı üzerinde de baş ağrısı, yorgunluk, burun kuruluğu, vb. etkileri olmaktadır. Bu nedenle içerisinde yaşanan yapay çevrenin sık sık havalandırılması gereklidir [17].

- **İç hacimlerin dışarıyla bağlantısını sağlamak:** İçerisinde yaşanan mekânlar, insanların pek çok fiziksel ihtiyaçlarını karşıladıkları gibi psikolojik ihtiyaçlarına da cevap verebilmelidir. Yapısı gereği doğayla sürekli iç içe olması gereken insan, günümüzün yoğun yapılaşmış kentleri içerisinde hapsedilmiş gibidir. Bu durum ise psikolojik açıdan pek çok sakıncayı da beraberinde getirmektedir.

Geçmişin az katlı ve bahçeli alanlarının yerini bugünün apartman ve gökdelenleri aldıkça örneğin, bir apartmanın 15. katında dışarıyla bağlantıyı sağlayan tek unsur olan pencere, daha da önem kazanmıştır [4].

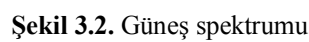
- **Sıcak, soğuk, yağmur, rüzgâr ve gürültüye karşı korumak:** Bina kabuğunda kullanılan diğer bütün yapı malzemeleri gibi, pencere de iç ortamı dışarının sıcak ve soğuk etkisinden korumak işlevini üstlenmelidir. İyi yalıtılmış bir mekânda ısı kaybı, oldukça azdır. Mekânlardaki açıklıklar ısı kaybını arttırmaktadır, çünkü cam yüzeylerin ‘k’ (ısı iletimi) değerleri masif duvarlara nazaran daha yüksektir ve geleneksel yöntemlerle üretilen pencere ünitelerinin, ısıнын korunumunu tam olarak gerçekleştirebildikleri söylenemez. Bu nedenle, ileri teknoloji ile camların üretimi gerçekleştirilmiş ve bu kayıplar minimuma indirilmiştir. Bunun dışında pencere elemanı, dış ortamın rüzgâr, yağmur gibi etkilerini de iç ortamdan uzak tutmalıdır.

Gürültü kontrolü çağdaş yaşam konforunun ayrılmaz bir parçası olup insan sağlığı ile doğrudan ilişkilidir. Gelişmiş ülkelerdeki yapılarda canlıların özellikle de insanın, gürültüden korunması uyulması zorunlu yönetmelik ve standartlarla güvence altına alınmıştır. Ülkemizde ise henüz, bazı önemli yapılar hariç, bu konuda ciddi ve tutarlı sayılabilecek herhangi bir yönetmelik veya standart yoktur.

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerini dört grupta incelemek mümkündür. Bunlar [18];

- **Fiziksel etkiler:** Geçici ve sürekli işitme bozuklukları,
- **Fizyolojik etkileri:** Kan basıncının artması, dolaşım bozuklukları, solumda hızlanma, kalp atışlarında yavaşlama, ani refleks,
- **Psikolojik etkileri:** Davranış bozuklukları, aşırı sinirlilik ve stres,
- **Performans etkileri:** İş veriminin düşmesi, konsantrasyon bozukluğudur.

- ***Işık ve güneşe karşı korunum sağlamak:*** Güneş ışınları değişik dalga boylarındaki ışınların bir karışımıdır. Görünür ışınların dalga boyları mordan kırmızıya 0.38–0.75 μm 'dir. Mor ötesi ışınların dalga boyları 0.30–0.38 μm , kızılötesi ışınların dalga boyları ise 0.75–2.5 μm 'dir. Bu üç ışının toplam güneş ışınlarına göre yüzdeleri; görünür ışınlar için % 50, ultraviyole ışınlar için % 3, kızılötesi ışınlar için % 47 olarak kabul edilebilir. Özellikle kızılötesi ışınlar ısı enerjisini taşıyan ışınlardır. Atmosferin alt seviyelerinde ve yansıdığı yüzeylerde ortamın sıcaklığını yükseltir [3].



İç ortamın konforunu sağlamak için pencerelerin uygun şekilde yönlenmesi ve güneş kontrol camlarının kullanımı sağlanabilir. Pencerelerin yönlenmesi, yapı içi ısısal konforu güneş etkenine bağlı olarak etkiler. Bu etkene karşı yapılacak bir yönlendirmeye hacimlerde istenilen düşük veya yüksek sıcaklıklar elde edilebilir. Bu açıdan bir yapının, özellikle de pencerelerin yönlendirilmesindeki ana ilke, kışın güneşten daha fazla yararlanmak, yazın ise aşırı sıcaklardan korunmaktır.

- **Kolay kullanım ve rahat temizlik yapmayı sağlamak:** Pencere olarak kullanılacak malzeme kullanımı kolay ve sürekli dış ortamla ilişki içinde olup kirleneceğinden, kolay temizlenebilecek nitelikte olmalıdır.
- **Ekonomik oluş, az bakım masrafı ve korunumu sağlamak:** Maliyet her alanda olduğu gibi pencere ünitelerinin seçiminde de önemli bir etkidir. Bu konuda çalışan firmaların sayısının gün geçtikçe artması pencere ünitelerinin daha ekonomik olarak temin edilmesini sağlamaktadır. İlk maliyet gibi kullanım maliyetleri ile bakım masrafları da bu tercihi etkilerken, yeni üretilen malzemelerin uzun ömürlü ve bakım gerektirmeyen nitelikte olmaları bu sorunu da yavaş yavaş ortadan kaldırmaktadır.

3.1. Pencere Camları

Binalarda yapı malzemesi olarak kullanılan cam malzemenin büyük bir yüzdesini pencere camları oluşturur. Dış ortamla iç ortam arasında görsel ilişkinin kurulmasında çok önemli bir görevi olan pencerelerin büyük bir yüzeyini ise yine pencere camları meydana getirir. Günümüzde ısı kaybını önlemenin en etkin yolu cam yüzeylerdeki kayıpları minimuma indirmektir. Bu ihtiyacın karşılanması yanı sıra, ses yalıtımının da sağlanma ihtiyacı pencere camlarında büyük bir gelişmeye neden olmuştur. Böylece pencere camları olarak değişik işlevlerin karşılanmasında kullanılan çeşitli camlar üretilmiştir. Pencerelerde kullanılan bu camlar; *normal camlar*, *güneş kontrol camları*, *hava tabakalı camlar*, *mat camla*, *kristal camlar*, *float camlar*dır [19]. Bu çalışma kapsamında ise normal tek cam, hava ve diğer bazı gazlarla doldurulmuş çift camlar üzerinde durulacaktır.

3.1.1 Normal Pencere Camları

Bu tür camlar değişik kalınlıklarda ve çekme yöntemi ile üretilen camlardır. Pencereelerde kullanılan camların kalınlıkları anma adı olarak 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 mm'dir

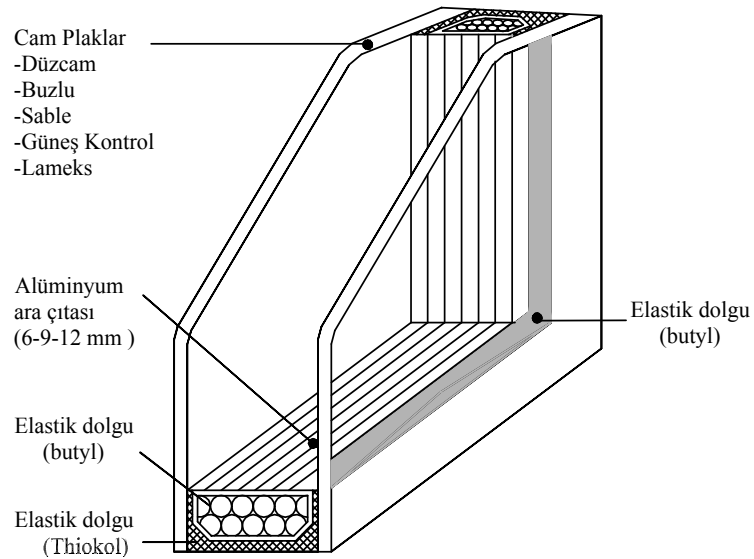
Cam kalınlığının boyutlara bağlı olarak artması gereklidir. Isı yalıtımı sağlamak açısından cam kalınlığını artırmanın rasyonel bir anlamı yoktur. Camın kalınlığı, boyutlarına bağlı olarak artmaktadır. Gerekmeyen yerde kalın cam kullanmak kadar, gerektiği halde yeterli kalınlıkta cam kullanmamak da yanlıştır.

Cam kalınlığının artması bir yerden sonra pencere doğramasına fazla yük vereceği için özellikle ahşap doğramalarda kanatların sarkmasına yol açabilir. Bu bakımdan kanat büyüklüğünün artması halinde doğrama kesitlerinin buna göre tasarlanmasında yarar vardır [19].

3.1.2. Hava Tabakalı Cam Üniteleri

Pencereelerde kullanılabilir kalınlıkta pek çok malzeme çok düşük bir ısıl dirence sahiptir. Bununla birlikte cam sisteminin ısıl direnci, Şekil 3.3'de olduğu gibi cam paralelleri arasındaki bir veya daha fazla hava boşluğunun oluşturulmasıyla belirgin olarak yükseltilebilir.

İleri teknoloji ürünlerinden kabul edilen cam ünitelerinden biri kabul edilen çok katlı cam üniteleri adından da anlaşılacağı üzere ileri teknoloji gerektiren yöntemlerle üretilmektedir. Hava tabakalı cam üniteleri, iki veya daha fazla sayıdaki camın bir arada kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu camlar kış aylarında en düşük iç yüzey sıcaklıklarının meydana geldiği pencereelerde, ısı kayıplarını azaltmak ve rölatif nemliliği arttırmak için kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Çift camlı pencere ünitesi

Isı kaybını önlemek amacıyla üretilen hava tabakalı camlar, aralarında hareketsiz hava bulunan iki adet (bazı hallerde üç adet) camın kenar kısımlarının dış hava ile bağlantısının kesilmesi yoluyla oluşturulurlar. Ancak, iki cam levha arasında bulunan havanın nemi ya üretim sırasında önlenir, ya da, iki cam levhanın arasına konan metal veya plastik bir profilin içine yerleştirilen nem alıcı maddelerle engellenir. Böylece iki cam arasındaki havanın nemi alınarak yoğunlaşma olasılığı kaldırılır.

Tek satırlı cam yüzeylerin, cam cinsi ve kalınlığı ne olursa olsun, U değeri $5.8 \text{ W/m}^2\text{C}^\circ$ dolayındadır ki, bu değer genelde duvarların yaklaşık olarak bir kabul edilebilen U değerinin beş katıdır [19]. Bu durumda, cam yüzeylerin ısı kaybı yönünden büyük kayıplara neden olduğu hemen anlaşılmaktadır. Buna engel olmak için iki adet cam yüzeyi oluşturularak arada belirli kalınlıkta hareketsiz bir hava yastığı ile elde edilen sistemin U değeri yaklaşık olarak duvarınkine eş olabilmektedir. Cam sayısı iki olabileceği gibi üç de olabilir. Ancak önemli olan, camlar arasındaki hava yastığının dış hava ile bağlantısının kesilmesi ve bu hava tabakasının (yani hava yastığının) içerdiği nemin alınmış olmasıdır.

Önceleri metal profillerle (kurşun, paslanmaz çelik vb.) bir araya getirilen cam levhalar plastik kökenli elastik macunların çok geliştiği günümüzde artık çok daha basit ve ucuz bir teknoloji ile bir araya getirilmekte ve yine nem emici malzemenin iki cam arasında bulunan profilin içine konmasıyla nem ve buna bağlı yoğunlaşma sorunu çözülmektedir. Diğer bir çözüm şekli levhaların kenarlarının birbirlerine sıcakta kaynatılması yöntemleridir. Bu yöntemlerde aradaki hava kuru kalabildiğinden sorun kendiliğinden çözümlenmektedir. Bina kabuğundan ve hava tabakalı camdan beklenen özellikler kısaca şöyledir [1]:

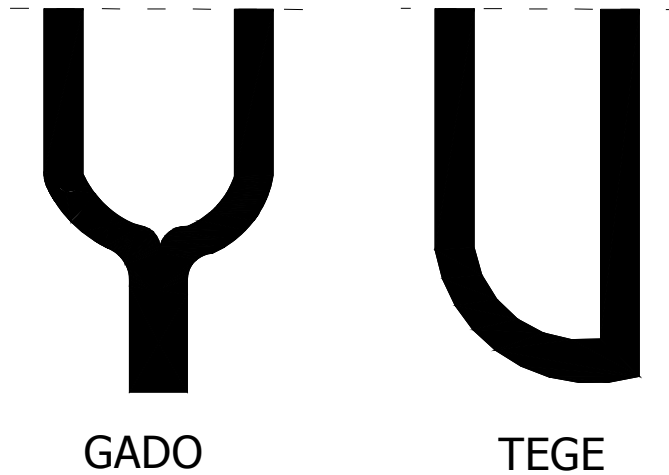
- Isı yalıtması,
- gürültü kontrolüne yardımcı olması,
- görüntü iletmesi,
- ışık geçirmesi,
- rüzgâr ve diğer yüklere karşı direnç göstermesi,
- stabil olması,
- depolama, taşıma ve montaj kolaylığı,
- doğal havalandırma olanağı sağlaması,
- güvenlik,
- estetik,
- maliyetin belirli sınırlar içinde kalması.

Hava tabakalı cam kullanılarak oluşturulmuş ünitenin bileşenleri, ara boşluk çıtası, elastik dolgu, nem alıcı kimyasal madde (slikajel), levha camlar ve doğramadır. Hava tabakalı camlar kullanılan malzemeye göre üç şekilde üretilmektedirler.

Plastik macun ve profillerle oluşturulanlar: Bu tür hava tabakalı camlar genelde eşit kalınlıkta iki cam levha arasında belirli aralıklar bırakılarak, kenar kısımlarda ise iki cam arası mesafeyi belirleyen plastik ya da alüminyum profil ile elastik macun kullanılarak üretilmektedir. Profil içine nem emici malzeme konmaktadır

Metal profillerle oluşturulanlar: Bu tür hava tabakalı camlar kurşun, paslanmaz çelik gibi malzemeden metal profillerle oluşturulurlar. İki cam ya da üç cam levha arasındaki aralık kutu profil ile saklandıktan sonra camları bir çerçeve gibi saran bir U profili ile sistemin bütünlüğü sağlanır. İçteki havanın nemi profil içine yerleştirilen nem emici ile alınır. İç kısma dıştan hava girişi elastik macun ile engellenir. Cam levha sayısı arttırılarak ısı ve ses yalıtımı yönlerinden daha yüksek performanslı malzeme elde edilebilir.

Camın cama kaynaklanması ile oluşturulanlar: Bu sistemde iki cam levha bütün çevresi boyunca camın cama kaynaklanması yoluyla bütünleştirilir. Bunun için ya camların arasında istenen bir aralık kalacak şekilde her iki cama profil verilerek birbirlerine kaynaklanır ya da aynı aralık kalacak şekilde camlardan sadece birisi profillendirilerek birbirine kaynaklanır. Her iki camın kenarlarının profillendirildiği sistem GADO adıyla, tek camın profillendirildiği sistem TEGE adıyla patentlidir (Şekil 3.4). Bu şekilde kaynaklanan camlarda diğer sistemlerdeki gibi nem emici malzeme ya da metal profillere ve elastik macunlara gerek kalmamaktadır.



Şekil 3.4. Kaynakla yapılan hava tabakalı camlar

3.1.3. Gaz Dolgulu Çift Cam Üniteleri

Arasında hava boşluğu olan çift cam ünitelerinden sonra, ara boşluğunda hava yerine havadan daha ağır gazların doldurulduğu çift cam ünitelerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu gazların ısı iletim katsayıları 'k' (W/mK), daha az olduğu için iletim ve taşınım yolu ile olan ısı iletiminde büyük oranda azalma sağlamak mümkündür.

Çift camlı ünitelerde kullanılan gazların sağlaması gereken özellikler şunlardır:

- Ultraviyole radyasyona ve güneş ışığına maruz bırakıldığında ayrışmamalı,
- çerçeve, cam panel veya conta ile reaksiyona girmemeli,
- çevresine zarar vermemeli ve antitoksit olmamalı,
- yalıtım macunu boyunca rahatça nüfuz etmemeli ve boşluktan dışarı sızmamalı,
- düşük sıcaklıklarda panel içinde yoğuşma yapmamalı,
- çok pahalı olmamalı ve kolayca elde edilebilir olmalıdır.

Bu özellikleri sağlayan ve pencere ünitelerinde kullanılan gazlar argon, kripton ve xenon gazlarıdır. Bu gazlar içersinde sıklıkla kullanılanı argondur. Diğerlerine göre hem daha kolay elde edilebilir hem de maliyeti daha düşüktür. Ancak atmosfer havası ile bu gazların yer değişimini önlemek için sızdırmazlığın çok başarılı ve zamanla azalmayacak şekilde yapılması gerekmektedir [1].

3.2. Pencerelerdeki Isı Kayıpları

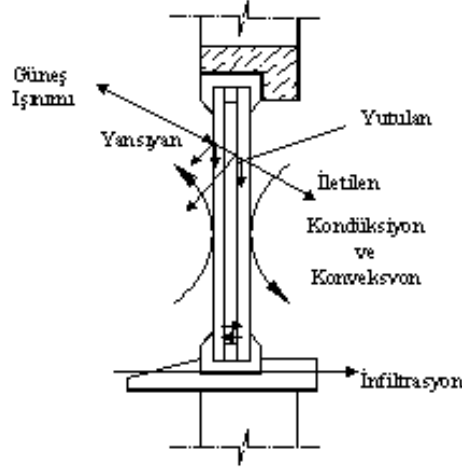
Günümüzde bina cephelerinin neredeyse tamamına yakın bölümünün cam ile giydirilmesi, bu malzemeyi oldukça güncel ve dikkatli kullanılması gerekli kılmıştır. Binalarda en fazla ısı kayıp ve kazancının pencerelerden kaynaklandığı da göz önünde bulundurulursa uygun nitelikte malzeme seçimi, cam yüzeylerin boyutlandırılması ve konumlandırılmasının ne derece önemli olduğu anlaşılmış olacaktır.

Binaların mimari tasarımları kullanım süresi boyunca, ihtiyaç duyulacak enerji masraflarını da doğrudan etkilemektedir [20]. Özellikle bina tasarımı ve inşası sırasında uygun olmayan yapı malzemelerinin seçimi ve göz ardı edilen basit karar ve uygulamalar binanın kullanım ömrü süresince hem konut sahiplerine hem de fazla enerji tüketimi ile çevreyi olumsuz yönde etkiler [21]. Dış pencerelerde ısı kayıpları şu yollarla meydana gelmektedir. Bunlar;

- camlı bölme ve konstrüksiyon içinden ısı taşınması,
- hava kaçakları,
- camlar arasındaki havanın konveksiyonu,
- cam içinden ışımadır.

3.2.1. Camlı Bölme ve Konstrüksiyon İçinden Isı Taşınması

Bu pencere ünitelerinde kullanılan malzemelerin ısı iletimi değerleriyle ilgili bir durumdur. Cam bölme ve doğramanın ve eğer çift camlı bir uygulama ise ki cam katmanı arasında yer alan hava ile diğer dolgu gazlarının ısı iletim değerlerine bağlı olarak, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklarından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.5. Pencerelerdeki ısı geçişleri

3.2.2. Hava Kaçakları

Yalıtım düzeyi yüksek bir binada, hava kaçaklarının minimize edilmesi çok önemlidir. Kontrolsüz gerçekleşen hava kaçakları minimize edildiğinde, kullanıcıların sağlıklı bir yapay çevreye sahip olabilmeleri için ortam havasının en az saatte 0.8–1 defa değiştirilmesi gereklidir. Dolayısıyla istemesek ve ne kadar önlemeye çalışsak ta havalandırma ile bir ısı kaybı olacaktır. Ancak bunun kontrollü ve fazla olmaması gerekmektedir [17].

3.2.3. Camlar Arasındaki Havanın Konveksiyonu

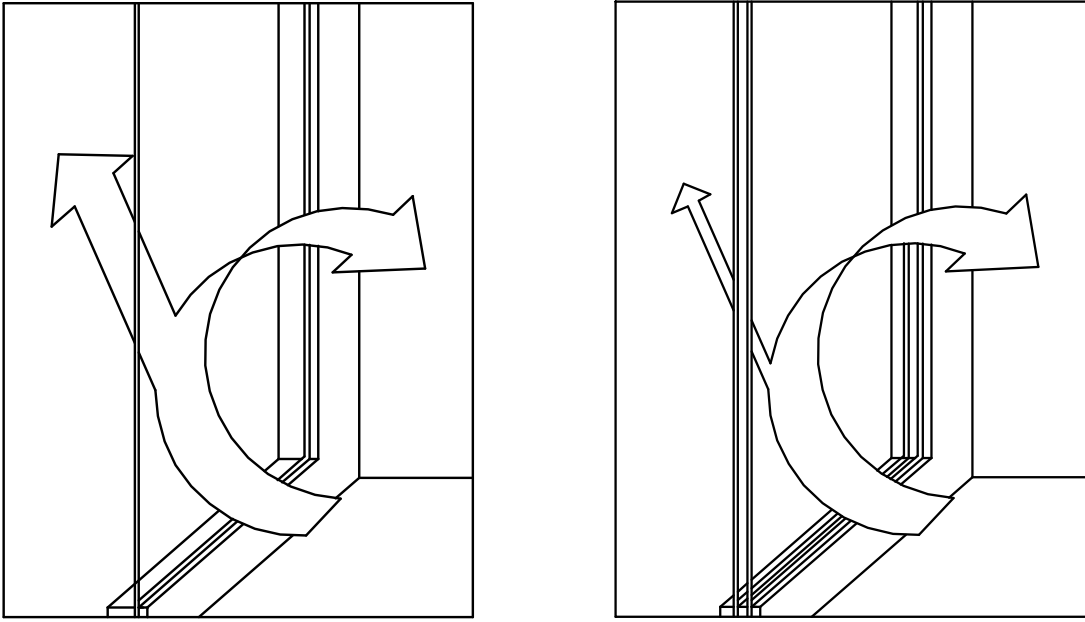
Pencerelerin ısı performanslarını arttırmak için yapılan uygulamalardan birisi de, çift cam uygulamasıdır. Bu uygulamada pencere ünitesinin ısı iletimi değerini etkileyen faktörler; ara boşluk genişliği ve ara boşlukta yer alan gazın ısı iletimi değeridir. Camlar arasındaki boşluk arttıkça pencere ünitesinin yalıtım değeri de artmaktadır. Boşluk genişliğinin 15 mm ve daha az olması durumunda, buradaki gazın hareketsiz olduğu ve ısı kayıplarının da iletim yolu ile gerçekleştiği kabul edilmektedir. Ancak ara boşluk genişliği arttıkça, burada iletimin yanı sıra konveksiyon (taşınım) yoluyla da ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu nedenle optimum ara boşluk genişliği tespit edilmelidir.

3.2.4. Cam İçinden Işıma

Çok katlı cam ünitelerinde ısı kayıplarını arttıran bir diğer sebep de cam içinden olan ışımadır. Cam katman sayısına bağlı olarak ilk katmandan içeri alınan güneş ışıının, cam yüzeyler arasında sürekli olarak yansıma yaparak tükenmesi ve şiddetinin azalmasıdır. Bu durumu önlemek için ise, bu amaçla üretilmiş kaplama veya camların kullanılmasında fayda vardır.

3.3 Tek Camlı ve Hava Tabakalı Cam Pencere Ünitelerinde Meydana Gelen Isı Kayıpları

Çok katlı cam ünitelerinde ısı transferi; boşluk boyunca radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla gerçekleşen ısı miktarının toplamıdır. Konveksiyonla gerçekleşen iletim miktarı 15 mm kalınlıktan daha az hava boşluklarında belirgin olmayacaktır. Optimum hava boşluğu kalınlığı 12–25 mm arasındadır. Kondüksiyon ve konveksiyonla olan ısı transferi boşluk içerisine yüksek viskoziteli ve düşük $\square_{\text{kondüksiyon}}$ değerine sahip gazlar doldurularak azaltılabilir. Radyasyonla olan ısı transferi ise cam yüzeyine düşük emissiviteli kaplamalar uygulanarak azaltılabilir [1].



Şekil 3.6. Tek ve çift camlı pencerede ısı kaybı

Hareketsiz gazların ısı geçirgenlik değerlerinin çok küçük olmasından faydalanan çok katlı cam ünitelerinde iki cam arasındaki mesafenin fazla artması aradaki havanın taşınım yoluyla önemli ölçüde ısı aktarmaya başlar ve sonucunda çok katlı cam ünitesinin U değerini kötüleştirir. Çok azalır da kalınlık etkisiyle oluşacak yalıtım değeri kaybedilir. Hava tabakasının kalınlığı önemlidir. İki cam arasındaki havanın engellediği ısı aktarım yolları kondüksiyon ve konveksiyondur.

Yüzeyin sıcaklığı sebebiyle engellediği ısı ışınlarından kaynaklanan radyasyonla ısı kaybına anlamlı bir etkisi yoktur. Bu yolla ısı iletimini engellemek için ise dış taraftaki camın iç yüzeyine düşük emissiviteli (düşük ısı ışın yayan) bir kaplama (low-e kaplama) uygulanır. Bu kaplamaların kendisi düşük ısı ışın yaydığı gibi, iç ortamdan üzerine gelen ışınlarında önemli bir bölümünü geri yansıtır. Böylece radyasyonla ısı kaybı da önemli ölçüde azaltılır.

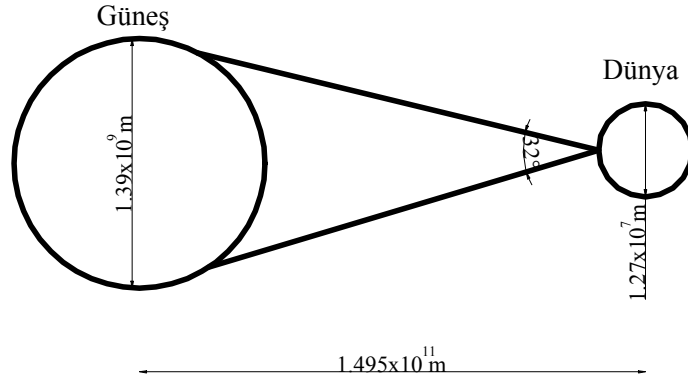
4. GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünyada her türlü yaşam biriminin hayatını sürdürebilmesi için en gerekli olan enerji güneş enerjisidir. Yayıdığı büyük miktardaki enerji sayesinde sürdürülebilir enerji kaynakları içerisinde en çok kullanım alanı olandır. Tükenebilir nitelikteki enerji kaynaklarının her yerde bulunmama, ekonomik olmama ve çevreye verdikleri zararlar da göz önüne alınırsa güneş enerjisinin gelecekte kullanım alanları giderek artacağı açıktır.

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur. Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır [22]. Ülkemiz açısından enerji ihtiyacının karşılanması, hem dışa bağımlılık hem de ekolojik dengelerin bozulması gibi giderek büyüyen çevre sorunları karşısında, temiz atıksız ve tükenmez bir kaynak olan güneş enerjisinden, mimari uygulamalarda planlama ve teknik olanaklar çerçevesinde ısı ve elektrik enerjisi kazanımı yoluyla yararlanmanın gereği ve yaygınlaştırılması kaçınılmazdır [23].

Ülkemiz, yeryüzünde güneş enerjisinden yararlanabilecek durumda olan ülkelerden birisidir. Ülkenin coğrafik konumu, Anadolu topraklarının büyük bir bölümüne bu yararlanma olanağını sağlamaktadır. Enlemler yönünden ele alındığında, $\pm 30^\circ$, 45° enlemleri arasının, yeryüzünde enerji çokluğu yönünden ikince derece yararlanma bölgesi olduğunu göstermektedir. Türkiye her ne kadar coğrafi enlemler olarak 36° - 42° kuzey enlemleri arasında ise de güneşlenme yönünden 37° - 41° enlemleri arasında kabul edilebilir [24].

Güneşin ışıyım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadan ortalama 1.5×10^{11} m. uzaklıkta, 1.392×10^9 m. çapında ve 1.99×10^{30} kg. kütlesinde sıcak bir gaz kütlesi olan güneşin (Şekil 4.1) yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000°K olup, iç bölgesindeki sıcaklığın $8 \times 10^6^\circ\text{K}$ ile $40 \times 10^6^\circ\text{K}$ arasında değiştiği tahmin edilmektedir [25].



Şekil 4.1 Dünya ve güneş ilişkisi

Atmosferi geçen ışınlamalar, atmosferin türlü etkisi nedeniyle enerji kaybına uğradıkları için doğal olarak bu enerji yeryüzüne azalarak gelir. Ayrıca, atmosferi geçen güneş ışınlarının değişen yükseklik ve doğrultularına göre atmosfer tabakasının kalınlığı değiştiği için bu durumda yeryüzüne ulaşan enerjiyi de etkiler.

Atmosferden uzaya geri yansıyan ışınlamalar da söz konusu olduğu için yeryüzüne ulaşan enerji daha da azalır. Atmosferde dağılan ışınlamalar, atmosfer koşullarına göre belirli bir enerji oluşturur. Bu nedenle güneşin görünmediği günler de bile, gökten gelen yararlanılabilecek bir yayınlık enerji vardır.

Atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin çokluğu;

- güneşin ufuktan yüksekliğine,
- değişen atmosfer koşullarına,
- atmosferdeki toz, duman, su buharı vb. gibi maddelere göre değişir.

Güneşin ufuktan yüksekliği gün boyunca ve yıl boyunca değişim gösterdiği için yeryüzüne ulaşan enerji çokluğu da değişir. Bu değişimde yükseklik ve güneş açılarının bilinmesi önemlidir.

4.1. Güneş Işınlamının Belirlenmesinin Önemi

Güneş ışınlamı, diğer iklimsel elemanların yanı sıra, yapıların pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri olarak işlev görmelerinde kullanılan bir tür enerjiyi oluşturur. Yapı yüzeylerindeki güneş ışınlamının değişim alanı, dolayısıyla enerji potansiyeli, yörelere, yapıların kullanıldığı devreye ve yapı yüzeylerinin konumuna (yön, eğim) göre değişkenlik göstermektedir. Amaç belirli bir aralıkta değişim gösteren güneş ışınlamının etkisi altında tasarlanacak yapıya, optimal pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemi olma niteliğini kazandırmaktır. Dolayısıyla, etkisi optimize edilecek güneş ışınlamı değerinin ve enerji potansiyelinin bilinmesi gerekmektedir.

Yeryüzünde herhangi bir yere ulaşan güneş ışıınımı miktarını etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır [26].

Astronomik Faktörler:

- Güneş sabiti (I_{gs})
- Yer ve güneş arasındaki uzaklık
- Güneşin sapma açısı (denklinasyon açısı (δ))
- Saat açısı (ω)

Coğrafi Faktörler:

- Bulunulan bölgenin enlemi (ϕ)
- Bulunulan bölgenin boyamı
- Deniz düzeyinden olan yükseklik (z)

Geometrik Faktörler:

- Güneşin yükseliş açısı
- Güneşin azimut açısı (γ_s)
- Yüzeyin azimut açısı (γ)
- Yüzeyin eğim açısı (β)

Fiziksel Faktörler (Atmosferin Geçirgenliğini Belirleyen Faktörler):

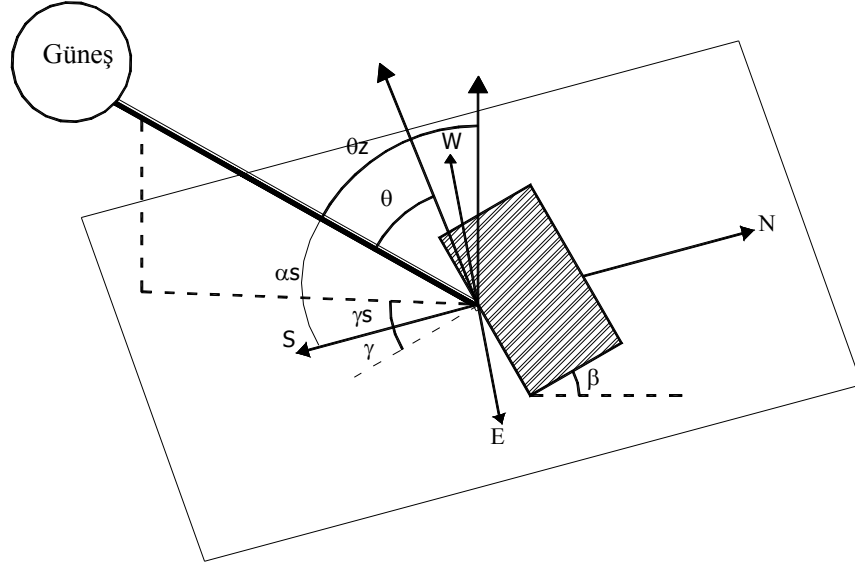
- Kuru havanın geçirgenliği
- Yoğunlaşabilir su kalınlığı
- Ozon kalınlığı
- Tozluuk

Meteorolojik Faktörler:

- Bulutluluk
- Yeryüzünün yansıtıcılığı (α)

4.2. Güneş Açıları

Güneş açıları yeryüzünde, ele alınan herhangi bir eğim ve yönlendiriliş durumundaki düzlem yüzeyle, direkt güneş ışınları veya güneş arasındaki geometrik ilişkileri belirlemekte kullanılan açıları olarak nitelendirilebilirler. Bu nedenle yüzeyleri etkileyen direkt, yaygın ve yansıyan güneş ışıınımı şiddetlerinin hesaplanabilmesi için bu açıların değerlerinin bilinmesi gereklidir. Bu açıları Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.2. Eğimli bir yüzey için güneş açıları

Enlem Açısı (Φ): Yeryüzünde ele alınan yüzeyin bulunduğu noktanın ekvatora kuzey ve güney yönünde olan açısal uzaklığıdır. Diğer bir söyleyişle, bu noktayı yer merkezine birleştiren doğru ile bu doğrunun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü arasındaki açıdır. Kuzey yönünde +, güney yönünde – değer olarak alınmaktadır.

Sapma- Denklinasyon Açısı (δ): Güneş ışınlarının ekvatorдан olan açısal uzaklığı veya güneşin, güneş öğlesinde ekvator düzlemine göre açısal konumu olarak tanımlanabilir. Güneş ve yer merkezlerini birleştiren doğru ile bu doğrunun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü arasındaki açıdır. -23.45 ve +23.45 arasında değişen değerler alır. Cooper, tarafından verilen aşağıdaki yaklaşık bağıntı ile hesaplanabilmektedir [26]

$$\delta = 23.45^\circ \cdot \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (4.1)$$

Uygulama çalışmasında ele alınan karakteristik günler için hesaplanan denklinasyon açıları, Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Karakteristik günler için denklinasyon açısı değerleri

GÜNLER	DENKLİNASYON AÇISI (derece)	GÜNLER	DENKLİNASYON AÇISI (derece)	GÜNLER	DENKLİNASYON AÇISI (derece)
1 Ocak	-23.01163	1 Mayıs	14.90088	1 Eylül	7.72462
11 Ocak	-21.89848	11 Mayıs	17.78227	11 Eylül	3.81782
21 Ocak	-20.13801	21 Mayıs	20.13801	21 Eylül	-0.20183
1 Şubat	-17.51649	1 Haziran	22.03962	1 Ekim	-4.21552
11 Şubat	-14.58699	11 Haziran	23.08591	11 Ekim	-8.10460
21 Şubat	-11.22630	21 Haziran	23.44978	21 Ekim	-11.75412
1 Mart	-8.29370	1 Temmuz	23.12048	1 Kasım	-15.36341
11 Mart	-4.41391	11 Temmuz	22.10774	11 Kasım	-18.17103
21 Mart	-0.40365	21 Temmuz	20.44151	21 Kasım	-20.44151
1 Nisan	4.01682	1 Ağustos	17.91318	1 Aralık	-22.10774
11 Nisan	7.91491	11 Ağustos	15.05618	11 Aralık	-23.12048
21 Nisan	11.57903	21 Ağustos	11.75412	21 Aralık	-23.44978

Saat Açısı (ω): Saat açısı güneş öğlesine göre gün içinde bulunulan zamanı (gün saatini) tanımlar. 1 saatin karşılığı 360/24 veya 15°'lik saat açısıdır ve güneş öğlesinde $\omega=0$ 'dır. Yer merkezi ile, ele alınan düzlem yüzeyin yeryüzünde bulunduğu nokta ve güneşin merkezini birleştiren doğruların ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümleri arasındaki açıdır. Saat açısı, öğleden önce negatif (-), öğleden sonra pozitif (+) olarak alınır ve ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\omega = 15(\text{GS} - 12) \quad (4.2)$$

Burada GS güneş saatidir. Güneş doğuş ve batış saat açısı da aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\cos \omega_s = -\frac{\sin \delta \sin \phi}{\cos \delta \cos \phi} = -\tan \delta \tan \phi \quad (4.3)$$

Gün uzunluğu ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$t_g = (2/15)\omega_s = (2/15)\arccos(-\tan \delta \tan \phi) \quad (4.4)$$

Eğim Açısı (β): Ele alınan düzlem yüzeyle yatay düzlem arasındaki açıdır ve yüzeyin düşey ve yataya göre durumunu belirlemektedir. Değişim aralığı $0^\circ < \beta < 180^\circ$ arasındadır. Yatay bir yüzey için $\beta = 0$ ve dik bir yüzey için $\beta = 90^\circ$ dir.

Yüzey azimut açısı (γ): Yüzey eğimli ise normalin yatay düzlemdeki izdüşümünün, yüzey düşey durumda ise doğrudan doğruya normalin Güneyden (veya kuzeyden) yaptığı ve yatay düzlemde ölçülen sapma açısıdır. Yüzeyin yönler göre olan durumunu tanımlamakta kullanılır. Güneye bakan bir eğik düzlem için $\gamma = 0^\circ$ 'dir. Güneyden doğuya doğru, kuzeye kadar negatif (-) ve güneyden batıya doğru, kuzeye kadar pozitif (+) alınır, yani $-180^\circ < \gamma < +180^\circ$ değerlerini alır.

Güneş Azimut Açısı (γ_s): Güneş azimutu, yatay bir düzlem üzerinde direkt ışınımın izdüşümünün güneyden itibaren açısal yer değiştirmesidir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \beta} \quad (4.5)$$

α_s , yüzey güneş azimutudur ve $\alpha_s = \gamma_s \pm \gamma$ ile hesaplanır. Güneyden itibaren doğuya bakan duvarlar için;

$$\alpha_s = |(\gamma_s - \gamma)| \quad (\text{sabah saatleri için}),$$

$$\alpha_s = |(\gamma_s - \gamma)| \quad (\text{öğlen saatleri için}).$$

Güneyden itibaren batıya bakan duvarlar için;

$$\alpha_s = |(\gamma_s + \gamma)| \quad (\text{sabah saatleri için}),$$

$$\alpha_s = |(\gamma_s + \gamma)| \quad (\text{öğlen saatleri için}) \text{ dir.}$$

Zenit Açısı (θ_z): Güneş ışını ile düşey doğrultu arasındaki açıdır. Diğer bir değişle güneş ışınımının yatay düzleme geliş açısıdır ve (2.3) denklemi ile tanımlanır. Yatay düzleme güneş ışınları dik geldiği zaman $\theta_z = 0^\circ$ dir ve güneşin doğuşunda ve batışında $\theta_z = 90^\circ$ olur.

Aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$\cos\theta_z = \cos\delta \cos\phi \cos\omega_s + \sin\delta \sin\phi \quad (4.6)$$

Geliş Açısı (θ): Eğik düzlemin normali ile direkt güneş ışıınımları arasındaki açıdır. Bilindiği gibi, güneş ışıınımları yerkürenin yüzeyine iki değişik yoldan gelir. Biri doğrudan, diğeri dolaylı yoldan gelir. Eğer, güneş ışıınımları atmosfer içinde hiçbir sapmaya uğramadan yeryüzüne gelirse buna doğrudan güneş ışıınımları (direkt ışıınımlar) denir. Eğer, güneş ışıınımları atmosfer içinden geçerken yönlerini ya yansıma ya da saçılma nedeni ile değiştirerek yeryüzüne ulaşırsa buna da yayılı ışıınımlar denir. Verilen herhangi bir zamanda, yeryüzünde herhangi bir yerde, verilen yatay ile eğimi herhangi bir değer alan ve herhangi bir yöne bakan eğik bir düzleme gelen güneşin geliş açısı Benford ve Boch'e göre aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir [26].

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta - \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega \quad (4.7)$$

4.3. Güneş Işıınımları Hesaplama Yöntemi

Güneş ışıınımları hesaplama yöntemi, temel güneş ışıınımları verilerinin üretilmesi ve yapı yüzeylerindeki güneş ışıınımları şiddetinin (saatlik değer) ve günlük değerlerinin belirlenmesi amacıyla aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzlemlere Gelen Güneş Işıınımları

Yeryüzüne gelen güneş ışıınımlarının hesabında daha çok atmosfer dışında yatay düzleme gelen ışıınımdan yararlanılır. Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir anda gelen güneş ışıınımları miktarı aşağıda verilmiş olan eşitlik yardımıyla elde edilir.

$$I_o = I_{gs} f \cos\theta_z \quad (4.8)$$

Yer ve güneş arasındaki uzaklık ortalama değerine ulaştığı vakit, atmosfer dış sınırında güneş ışıınımlarına dik konumda olan birim alandaki yüzeye birim sürede gelen güneş ışıınımları güneş sabiti (I_{gs}) olarak alınmaktadır. Güneş değişmezi olarak kabul edilen bu değer, 1353 W/m^2 'dir. Atmosfer dışı normal ışıınımlar şiddeti ile güneş sabiti arasındaki oran (f) ise, yer ve güneş arasındaki uzaklığa ve dolayısıyla zamana göre değişim göstermektedir. Bu oran, güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$f = 1 + 0.033 \cos\left(360 \frac{n}{365}\right) \quad (4.9)$$

Atmosfer dışındaki yatay birim düzleme dt zaman aralığında gelen güneş ışıını aşığıda yazıldığı gibidir.

$$dQ_0 = I_{gs} f \cos \theta_z dt \quad (4.10)$$

Saat açısına bağlı olarak $t = (12/\pi)\omega$ 'den yararlanarak,

$$dQ_0 = (12/\pi) I_{gs} f \cos \theta_z dw \quad (4.11)$$

ve son denklemde zenit açısının değeri, yerine yazılır ve gün doğuşu ve batışı arasında entegre edilirse, atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışıını değeri, Liu ve Jordan tarafından önerilen aşığıdaki eşitlikle verilmiştir [26].

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} I_{gs} f \left(\cos \delta \cos \phi \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \delta \sin \phi \right) \quad (4.12)$$

4.3.2. Yatay Düzleme Gelen Günlük Toplam Güneş Işıını

Kaynaklarda toplam güneş ışıınının hesaplanabileceği çok sayıda amprik bağıntı bulunmaktadır. Ancak Angstrom tarafından önerilen eşitlik pratik olarak Türkiye için daha kullanışlıdır [26]. Günlük toplam güneş ışıınının hesaplanması için gerçek güneşlenme süresi ile olanaklı maksimum güneşlenme süresi (gün süresi) arasındaki oranı içeren bu bağıntı aşığıda verilmiştir.

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (4.13)$$

Burada Q yatay birim düzleme gelen günlük tüm güneş ışıını, Q_0 atmosfer dışında yatay birim düzleme gelen güneş ışıını, t güneşlenme süresi ve t_0 gün uzunluğu değerleridir. a ve b değerlerinin elde edileceği eşitlikler ise;

$$a = 0.103 + 0.000017z + 0.198 \cos(\phi - \delta) \quad (4.14)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\phi - \delta) \quad (4.15)$$

olarak verilmektedir.

4.3.3. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı

Anlık tüm güneş ışınlamı, günlük toplam tüm güneş ışınlamına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Anlık tüm güneş ışınlamının (I_t) günlük tüm güneş ışınlamına (Q) oranı ($r_t=I_t/Q$), gün boyunca anlık tüm güneş ışınlamının değişimi eksponansiyel ve sinüzoidal değişimler birlikte göz önüne alınarak aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$\psi = \exp \left\{ -4 \left(1 - \frac{|\omega|}{\omega_s} \right) \right\} \quad (4.16)$$

$$r_t = \frac{I_t}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} = \left\{ \cos \left(\frac{180\omega}{2\omega_s} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} (1 - \psi) \right\} \quad (4.17)$$

4.3.4. Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Günlük direkt veya yayılı güneş ışınlamının hesaplanabileceği tüm güneş ışınlamının fonksiyonu olan çok sayıdaki ampirik bağıntılarda, genellikle yayılı ışınlam oranı (yatay düzleme gelen yayılı ışınlamın tüm güneş ışınlamına oranı),

$$K_y = Q_y/Q \quad (4.18)$$

berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışınlamının atmosfer dışında gelen ışınlama oranı),

$$K_t = Q/Q_0 \quad (4.19)$$

veya izafi güneşlenme süresinin (t/t_0) fonksiyonu olarak verilmektedir.

Yayılı ışınlam oranının $K_y = Q_y / Q$, berraklık indeksi $K_t = Q / Q_0$ ile değişimi konusunda ilk geniş çalışma Liu ve Jordan tarafından 1960' da yapılmış ve yayılı ışınlam oranının berraklık indeksi ile değişimi bir diyagram ile verilmiş, daha sonra 1976' da Klein tarafından bu değişim üçüncü dereceden bir polinom ile [27],

$$K_y = 1.390 - 4.027K_t + 5.531K_t^2 - 3.108K_t^3 \quad (4.20)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

4.3.5. Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Uzun yıllar ortalamasında, bir anda birim yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışınımın (I_y) günlük yayılı toplam ışınımına (Q_y) oranı (r_y), genellikle atmosfer dışında yatay düzleme bir anda gelen ışınımın (I_0) atmosfer dışında bir gün boyunca gelen ışınımına (Q_0) oranına eşit alınmaktadır. Buna göre,

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{I_0}{Q_0} \quad (4.21)$$

$$r_y = \frac{\pi}{24} \left\{ \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \omega_s \cos \omega_s} \right\} \quad (4.22)$$

eşitliği elde edilir. Anlık direkt güneş ışınımı ise;

$$I_d = I_a - I_y = r_t Q - r_y Q_y \quad (4.23)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

4.3.6. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işınımı

Güneş ışınımının dik birim düzleme gelen güneş ışınımı,

$$I_n = I_{gs} f \quad (4.24)$$

eşitliğiyle tanımlanır.

Güneş ışınımının eğik düzleme geliş açısı ϑ , zenit açısı da ϑ_z olmak üzere sırasıyla yatay ve eğik düzlemlere gelen direkt güneş ışınımı miktarları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilmektedir.

$$I_{ed} = I_n \cos \vartheta \quad (4.25)$$

$$I_d = I_n \cos \vartheta_z \quad (4.26)$$

Bu iki eşitlik birbirleriyle oranlandığında ise,

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (4.27)$$

şeklinde yazılabilir. Güneş ışınımının, herhangi bir yüzeye geliş açısı için (2.1) ve zenit açısı için (2.3) denklemi göz önüne alınırsa, güney kuzey doğrultusuna dönük yüzey ($\gamma=0$) için;

$$R_d = \frac{\cos(\phi - \beta)\cos\delta\cos\omega + \sin(\phi - \beta)\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta\cos\omega + \sin\phi\sin\delta} \quad (4.28)$$

dik yüzeyler için ($\beta=90$),

$$R_d = \frac{\cos\delta\sin\phi\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\gamma\sin\omega - \sin\delta\cos\phi\cos\gamma}{\cos\phi\cos\delta\cos\omega + \sin\phi\sin\delta} \quad (4.29)$$

ifadeleri elde edilir.

4.3.7. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı

Eğik bir düzlem üzerine gelen toplam ışınım, direkt ve yayılı güneş ışınimleri ile yansıtılarak gelen ışınımın toplanması ile elde edilir. Yatay düzleme gelen yayılı güneş ışınımı,

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos\beta}{2} \quad (4.30)$$

ile hesaplanır. Burada kullanılan I_y ve β sırasıyla eğik düzleme bir anda gelen yayılı ışınım ve düzlemin eğimidir.

Eğik düzlem üzerine yansıtılarak gelen güneş ışınımı miktarı ise yerin yansıtma oranı ρ_y ve yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı I_a olmak üzere,

$$I_{ya} = \rho_y I_a \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (4.31)$$

ile hesaplanır. Çevrenin yansıtma oranı bitki örtüsü, topoğrafik yapı ve kar durumu gibi çevresel ve iklimsel verilerden etkilenmektedir. Yapılan uygulama çalışmasında yerin yansıtma oranı $\rho_y=0.2$ olarak alınmıştır.

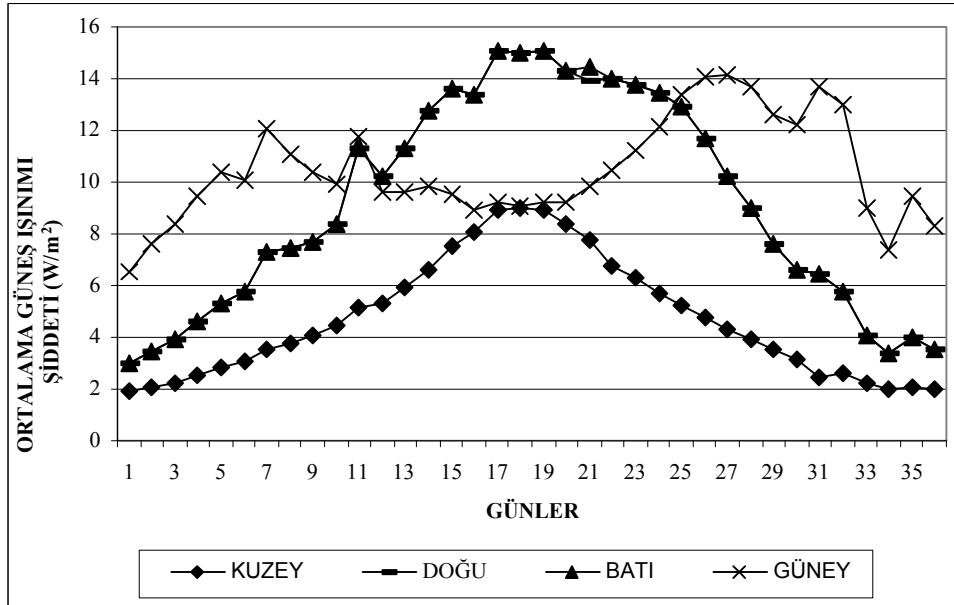
Yeryüzünde ele alınan, eğik bir düzlem üzerine gelen güneş ışıını miktarı eğik düzlem üzerine gelen direkt, yayılı ve yansıyan ışıını miktarlarının toplamına eşittir.

$$I = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (4.32)$$

Elde edilmiş olan (4.27), (4.30) ve (4.31) eşitlikleri kullanılarak, eğik düzlem üzerine gelen toplam ışıının şiddeti aşağıdaki bağıntı ile de verilebilir.

$$I = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos\beta}{2} + I_a \rho_y \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (4.33)$$

Bu çalışmada, dört ana yön için, β eğim açısını 90° alarak ve yukarıdaki gerekli diğer eşitlikler kullanarak MATLAB ortamında hazırlanan bir bilgisayar programı ile Elazığ iline ait son on yıllık meteorolojik verilerle belirlenen karakteristik günlere ait saatlik ortalama güneş ışıını şiddeti değerleri (W/m^2) hesaplanmış ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Karakteristik günlerin güneş ışıını kazancı

4.4. Saydam Örtülerin Güneş Işıını Özellikleri

Cam yüzeyine gelen ışığın bir kısmı direkt olarak yüzeyden yansırken, bir kısmı cam bünyesinde emilir ve geri kalan kısmı da cam içerisinde ilerlemeye devam ederek diğer ortama direkt ışın olarak geçer.

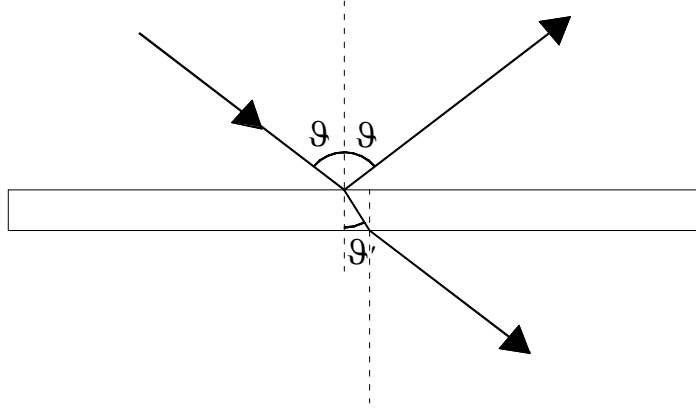
4.4.1. Saydam Örtülerin Geçirme Oranı

Saydam yüzeyler için belirli bir dalga boyunda gelen ışınım için cismin yansıtma (ρ), yutma (α) ve geçirme (τ) oranlarının toplamı bire eşittir.

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (4.34)$$

Geçirme, yansıtma ve yutma gibi geliş açısının ve malzemenin kırılma indeksi ile yutma katsayısı değerlerinin bir fonksiyonudur. Kırılma indeksi ve yutma katsayısı güneş ışınımı dalga boyunun birer fonksiyonudur. Ancak pek çok güneş uygulamasında dalga boyundan bağımsız olarak değerlendirilir.

4.4.2. Ara Yüzeyin Işınımı Yansıtma Oranı;



Şekil 4.4. Cam yüzeyine gelen ışığın hareketi

Saydam bir yüzey üzerine gelen ışığın hareketi Şekil 4.4'deki gibidir. Fresnell, polarize olmamış güneş ışınımının kırılma indisi n_1 olan bir ortamdan, n_2 olan diğer bir katmana geçişi ile ilgili ilişkiyi aşağıdaki eşitlik ile açıklamıştır [28].

$$p = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta - \theta')}{\sin^2(\theta + \theta')} + \frac{\tan^2(\theta - \theta')}{\tan^2(\theta + \theta')} \right] \quad (4.35)$$

Bu ifade de parantez içinde yer alan iki terim polarizasyonun iki bileşeni için bağıntıları vermektedir. Bu eşitlik polarize olmuş güneş ışınımının iki bileşeninin ortalaması olarak vermektedir. Bu yatay ve dik bileşenlerin yansıtılma oranları da sırasıyla;

$$M_y = \frac{\tan^2(\theta - \theta')}{\tan^2(\theta + \theta')} \quad (4.36)$$

$$M_d = \frac{\sin^2(\theta - \theta')}{\sin^2(\theta + \theta')} \quad (4.37)$$

şeklindedir. θ ve θ' açıları Snell kanununa [28] göre kırılma indisleri ile ilişkilendirilmiştir. Buna göre;

$$n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta}{\sin\theta'} \quad (4.38)$$

eşitliği kullanılmaktadır.

Hava ve cam tabakasının ara yüzeyinde yansıtılmayarak cam katmanının içine girerek ve kısmen de bu ortam tarafından yutulan ışınımın geçirilen miktarı (a') Bouger-lambert ifadesi ile aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır. Burada K homojen ortamın ışınımı azaltma katsayısı ve L' ışınımın kat ettiği mesafedir [29].

$$a' = e^{-KL'} \quad (4.39)$$

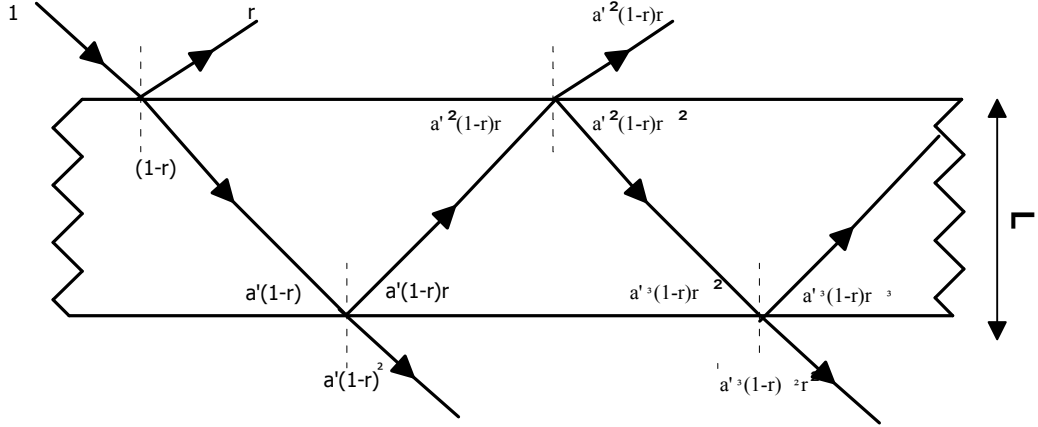
Saydam tabakanın kalınlığının L ve ışınımın kırılma açısının da θ' olduğu düşünüldüğünde, ışınımın bir tabaka saydam örtüde kat ettiği mesafe;

$$L' = L/\cos\theta' \quad (4.40)$$

ile tanımlanmaktadır.

4.4.3. Yutma, Yansıtma ve Geçirme Oranı

Tek tabaka saydam veya yarı-saydam örtü üzerine gelen ışınımın geçirme, yutma ve yansımada, yansıma ve yutma kayıpları da hesaba katılmaktadır. Gelen güneş ışınımının ara yüzeyi geçen kısmı, saydam örtü içerisinde azalarak ilerler ve alt yüzeyde bir kısmı yeniden yansıtılır, bir kısmı geçirilir. Bu geçirme, yansıma yutma oranları ışınımı izleme metodu ile hesaplanmaktadır.



Şekil 4.5. Işının saydam örtüdeki polarizasyonu.

Tek tabaka örtü için geçirme oranı,

$$\tau = (1-r)^2 a' + r^2 (1-r)^2 a'^3 + r^4 (1-r)^2 a'^5 + \dots = \frac{(1-r)^2 a'}{1-r^2 a'^2} \quad (4.41)$$

yansıtma oranı,

$$\rho = r + r a'^2 (1-r)^2 + r^3 a'^4 (1-r)^2 + \dots = r + r \frac{(1-r)^2 a'}{1-r a'} \quad (4.42)$$

ve yutma oranı da;

$$\alpha = 1 - \rho - \tau = 1 - r - \frac{(1-r)^2 a'}{1-r a'} \quad (4.43)$$

ile hesaplanmaktadır [30].

Çift camda ise, geçirme, yansıtma ve yutma oranları için ışınımı izleme yöntemi aşağıdaki eşitlikleri vermektedir. Buradaki 1 ve 2 indisleri, sırasıyla dış ve iç camı ifade etmektedir. Buna göre toplam geçirme oranı,

$$\tau_{1,2} = \frac{\tau_1 \tau_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \quad (4.44)$$

yansıtma oranı,

$$\rho_{1,2} = \rho_1 + \frac{\tau_1^2 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \quad (4.45)$$

dış camın yutma oranı,

$$\alpha_{1of2} = \frac{[1 - (\rho_1 + \tau_1)] + [1 - \rho_2 (\rho_1 - \tau_1)]}{1 - \rho_1 \rho_2} \quad (4.46)$$

ve iç camın yutma oranı da

$$\alpha_{2of2} = \frac{[1 - (\rho_2 + \tau_2)] \tau_1}{1 - \rho_1 \rho_2} \quad (4.47)$$

ile hesaplanır.

4.4.4. Saydam Yüzeylerin Yaygın Işınımı Geçirme Oranları

Bir camın yaygın geçirgenliği ışık saçan gökyüzü altında engellenmemiş her doğrultuda gelen ışığa bağlıdır. Gökyüzünden gelen ışınımın dağılımının da her yerde aynı (uniform) olduğu varsayılır. Brandemuehl ve Beckman yaygın geçirgenliği iki bileşene ayırmışlardır. Bunlardan biri gökyüzünden gelen yayılı ışınım, diğeri ise yerin yansıtmasına bağlı olandır. Yatay olmayan cam yüzeyler gökyüzünden ve yeryüzünden yansiyarak gelen ışınımın bir kısmını β (eğim) açısına bağlı olarak geçirirler [29]. Yayılı ve yansıyan ışınımın geçirilen miktarlarını bulmak için geliş açılarının bilinmesi gereklidir. Yayılı gök ışınımı için geliş açısı;

$$\theta_{ey} = 59.68 - 0.1388\beta + 0.001497\beta^2 \quad (4.48)$$

yerden yansıyan ışınım için geliş açısı ise;

$$\theta_{ya} = 90 - 0.5788\beta + 0.002693\beta^2 \quad (4.49)$$

eşitlikleri ile elde edilir.

4.5. Pencereelerde Isı Geçişi

Pencereler boyunca ısı geçişini etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar güneş ışıınımı, iç ve dış ısı çevre arasındaki sıcaklık farklılıkları, camın özellikleri, gölgelenme faktörü (F_s), çift cam üniteleri için ara boşluktaki gazın (hava vb.) ısı iletim katsayısı ve rüzgâr hızı gibi etkenlerdir. Cam yüzeyine çeşitli yollarla ulaşan güneş ışıınının bir kısmı direkt olarak geçirilir, bir kısmı yansıtılır ve bir kısmı da yutulur. Genel olarak bir cam boyunca yapının içine olan ısı kazanç veya kayıp değeri olarak kabul edilen q_i , aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilmektedir.

$$q_i = F_s \tau_d I_{ed} + \tau_{ey} I_{ey} + \tau_{ya} I_{ya} + h_i (T_{g,i} - T_i) \quad (4.50)$$

Direkt, yayılı ve yansıyan ışıınımlar için ışıınının geliş açısı ile geçirme, yutma yansıtma ve yutma oranlarının da farklı olabileceği göz önünde bulundurulduğunda tek tabakalı bir cam yüzey için yukarıdaki eşitlik,

$$q_i = \left(F_s \tau_{ed} I_{ed} + \tau_{ey} I_{ey} + \tau_{ya} I_{ya} + \frac{F_s \alpha_{ed} I_{ed} + \alpha_{ey} I_{ey} + \alpha_{ya} I_{ya}}{1 + (h_o/h_i)} + U(T_o - T_i) \right) \quad (4.51)$$

bu şekilde yazılabilir. Buradaki U değeri,

$$U = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_o)} \quad (4.52)$$

ile hesaplanır. Eşitlikteki h_i , iç ortam, h_o ise dış ortam ısı taşınım katsayılarıdır. İç ortam ısı taşınım katsayısı h_i ,

$$h_i = h_{sk} + h_r \quad (4.53)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada h_{sk} ve h_r sırasıyla, doğal taşınım ile olan ısı taşınım katsayısı (W/m^2K), ışıınınla olan ısı taşınım katsayısı (W/m^2K). İç ortam ısı taşınım katsayısı literatürde 5–7 W/m^2K arasında verilmektedir [29]. Bu çalışmada ise $h_i=6$ W/m^2K ’lik sabit bir değer olarak alınmıştır. Ancak dış ortam ısı taşınım katsayısı h_o ,

$$h_o = h_{zk} + h_r + h_{sk} \quad (4.54)$$

$$h_{zk} = 2.8 + 3V \quad (4.55)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Eşitliklerdeki h_{zk} dış ortama bakan duvar yüzeyi ile bu ortam arasındaki zorlanmış taşınım ile olan ısı taşınım katsayısı, V ise (m/s) rüzgâr hızı değeridir.

Çift tabakalı bir cam ele alındığında ise yutma geçirme yansıtma ve yutma katsayıları eşitlik (4.56) ile aşağıdaki şekilde düzenlenebilir.

$$q_i = F_s \tau_{(1,2)ed} I_{ed} + \tau_{(1,2)ey} I_{ey} + \tau_{(1,2)ya} I_{ya} + \frac{U}{h_o} (F_s \alpha_{(1of2)ed} I_{ed} + \alpha_{(1of2)ey} I_{ey} + \alpha_{(1of2)ya} I_{ya}) + U \left(\frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_a} \right) (F_s \alpha_{(2of2)ed} I_{ed} + \alpha_{(2of2)ey} I_{ey} + \alpha_{(2of2)ya} I_{ya}) + U(T_o - T_i) \quad (4.56)$$

Burada çift cam için U değeri;

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (4.57)$$

ile hesaplanır. d iki cam tabaka arasındaki boşluğun kalınlığı, k ise gazın ısı iletim katsayısıdır.

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Yapı malzemesi olarak yüz yıllardan beri kullanılmakta olan cam, üstlendiği pek çok görevi başarıyla yerine getirirken, aynı başarıyı ısıl açıdan gösterememiştir. Sağladığı saydamlık ve görüntü ile binalarda vazgeçilmez bir yapı malzemesi olan cam, geleneksel yöntemlerle üretildiğinde kış aylarında ısı kayıplarının ve yaz aylarında istenmeyen ısınmaların dolayısıyla da ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının artmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı daha önce detaylı olarak anlatıldığı gibi, hem kış hem de yaz şartlarında binanın saydam elemanlarından kazanılan ve kaybedilen ısı yüklerini optimum düzeyde tutacak uygun cam türünü tespit etmektir. Ancak cam yüzeylerdeki ısı kayıp ve kazançlarını belirleyen yegâne unsur malzemenin fiziksel özellikleri değil, bir diğer etken de cam yüzeyin yönü olmaktadır. Bütün bu kriterleri göz önünde bulundurarak saydam yüzeylerdeki ısı kayıp ve kazançlarının sebep olduğu enerji ihtiyacı miktarları gerçek değerler kullanılarak elde edilmiştir. İleri teknoloji ile elde edilen gaz dolgulu pencerelerin bu miktar üzerindeki olumlu etkilerinin rakamsal değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çalışma, Elazığ iline ait son on yıllık iklimsel veriler ile bir yıllık zaman periyodu için yapılmıştır. Elazığ iline ait 1996–2005 yılları arasındaki dış ortam sıcaklığı, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı ve benzeri iklimsel veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiş ve hesaplamalarda on yıllık verilerin saatlik ortalama değerleri kullanılmıştır. Ele alınan üç farklı konut tipi BF 1/1, BF 1/2 ve BF 2/1 olarak tanımlanmış ve her bir bina için farklı saydamlık oranlarına sahip dört alt durum belirlenmiştir. Buna göre bu üç farklı binanın boyut ve yönleri göre durumları Şekil 5.1 'de gösterilmiştir.

Her bina tipi için hesaplamalarda ele alınan 4 farklı duruma ait saydamlık oranları ve cephelerdeki saydam yüzey alanları Tablo 5.1-3 'de verilmiştir. Yönleri göre ışınlım ve ısı kazancı ile ısı kayıpları hesabında esas alınan değerler bunlardır.

Tablo 5.1. BF 1/1'in dört farklı durumu için pencere alanları

BİÇİM FAKTÖRÜ (BF)	DOĞU		BATI		KUZEY		GÜNEY		
	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	
BF 1/1	20	6	20	6	20	6	20	6	I. Durum
BF 1/1	20	6	20	6	10	3	30	9	II. Durum
BF 1/1	20	6	20	6	30	9	10	3	III. Durum
BF 1/1	30	9	30	9	20	6	20	6	IV. Durum

Tablo 5.2. BF 1/2'nin dört farklı durumu için pencere alanları

BİÇİM FAKTÖRÜ (BF)	DOĞU		BATI		KUZEY		GÜNEY		
	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	
BF 1/2	20	8.484	20	8.484	20	4.242	20	4.242	I. Durum
BF 1/2	20	8.484	20	8.484	10	2.121	30	6.363	II. Durum
BF 1/2	20	8.484	20	8.484	30	6.363	10	2.121	III. Durum
BF 1/2	30	12.726	30	12.726	20	4.242	20	4.242	IV. Durum

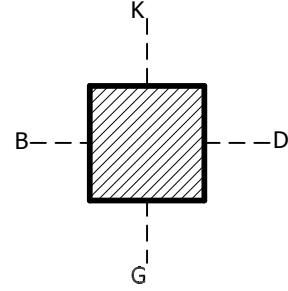
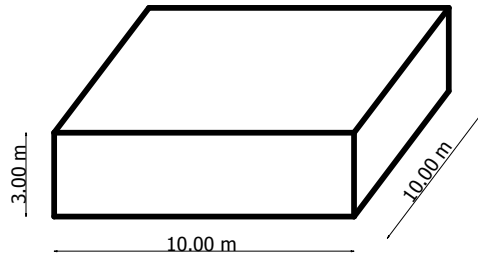
Tablo 5.3. BF 2/1'in dört farklı durumu için pencere alanları

BİÇİM FAKTÖRÜ (BF)	DOĞU		BATI		KUZEY		GÜNEY		
	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	Oran (%)	Alan (m ²)	
BF 2/1	20	4.242	20	4.242	20	8.484	20	8.484	I. Durum
BF 2/1	20	4.242	20	4.242	10	4.242	30	12.726	II. Durum
BF 2/1	20	4.242	20	4.242	30	12.726	10	4.242	III. Durum
BF 2/1	30	6.363	30	6.363	20	8.484	20	8.484	IV. Durum

5.1. Çalışmadaki Varsayımlar

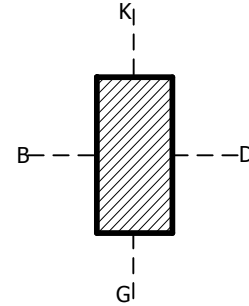
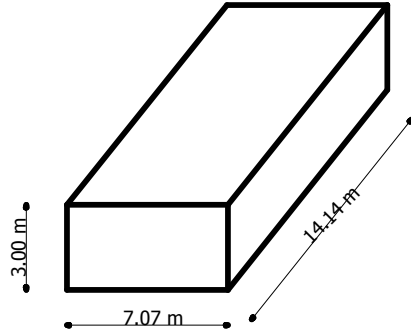
- BF 1/1, BF1/2 ve BF 2/1 binalarının 4 farklı durumu için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının belirlenmesinde kullanılan sınırlama ve kabuller aşağıdaki gibidir. Şekil 5.1’de olduğu gibi, göz önünde bulundurulan yüzeylerin doğu, batı, kuzey ve güney olmak üzere dört ana yöne baktığı varsayılmıştır .

BF 1/1:



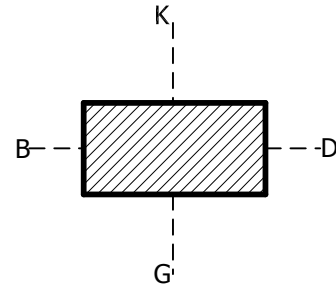
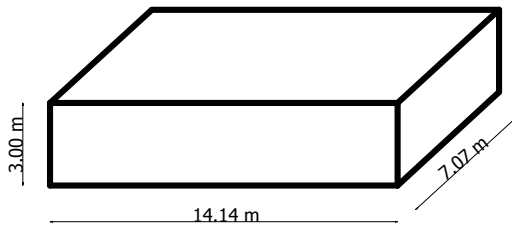
$$TabanAlanı = 10.00 \times 10.00 = 100.00 m^2$$

BF 1/2:



$$TabanAlanı = 14.14 \times 7.07 = 100.00 m^2$$

BF 2/1:



$$TabanAlanı = 7.07 \times 14.14 = 100 m^2$$

Şekil 5.1. Üç farklı binanın boyut ve yönlerine göre durumları

- Elazığ ili enlem açısı $\phi=38.4^\circ$, yükseklik $z=1105\text{m}$ alınmıştır.
- İç ortam sıcaklığı 20°C ve eğik düzlemler için $\beta=90^\circ$ alınmıştır.
- Yerin yansıtma oranı $\rho_y=0.2$ kabul edilmiştir.
- Çalışmada beş farklı cam türünün; 0.004 m kalınlığında tek cam, hava dolgulu (4+6+4mm) çift cam, argon gazı dolgulu (4+6+4mm) çift cam, kripton gazı dolgulu (4+6+4mm) çift cam ve xenon gazı dolgulu (4+6+4mm) çift cam kullanıldığı varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır. Saydam yüzeylerde doğramasız, kalınlığı 0.004 m, kırma indisi $n=1.526$ ve azaltma faktörü $k=15\text{ m}^{-1}$ olan cam elemanı kullanılmıştır. Dolayısıyla hava sızıntısı vb. yollarla ısı kaybının olmadığı varsayılmıştır.
- Her ay için o ayın karakteristik günleri olarak 1., 11. ve 21. günleri kullanılmıştır. Daha sonra bu günler için hesaplanan saatlik değerlerinin ortalamaları alınarak aylık ortalama ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları bulunmuştur. Sonuç olarak bir yılda 36 gün ve her günün 24 saati için hesaplamalar yapılmıştır.
- Saydam yüzeylere kendisinin ve dışardan herhangi bir yapı ve elemanın gölgesinin düşmediği, binanın saçaksız, balkon ve benzeri girinti ve çıkıntılardan yoksun olduğu varsayılmıştır.
- Hesaplamalarda kullanıldığı varsayılan pencerelerdeki dolgu gazlarına ait ısı iletim katsayıları [31] Tablo 5.4 'deki gibidir.

Tablo 5.4. Bazı gazların ısı iletim katsayısı

Gazlar	k değeri(W/m°C)
Hava	0.02730
Argon	0.01772
Kripton	0.00949
Xenon	0.00569

5.2. Sayısal Analiz

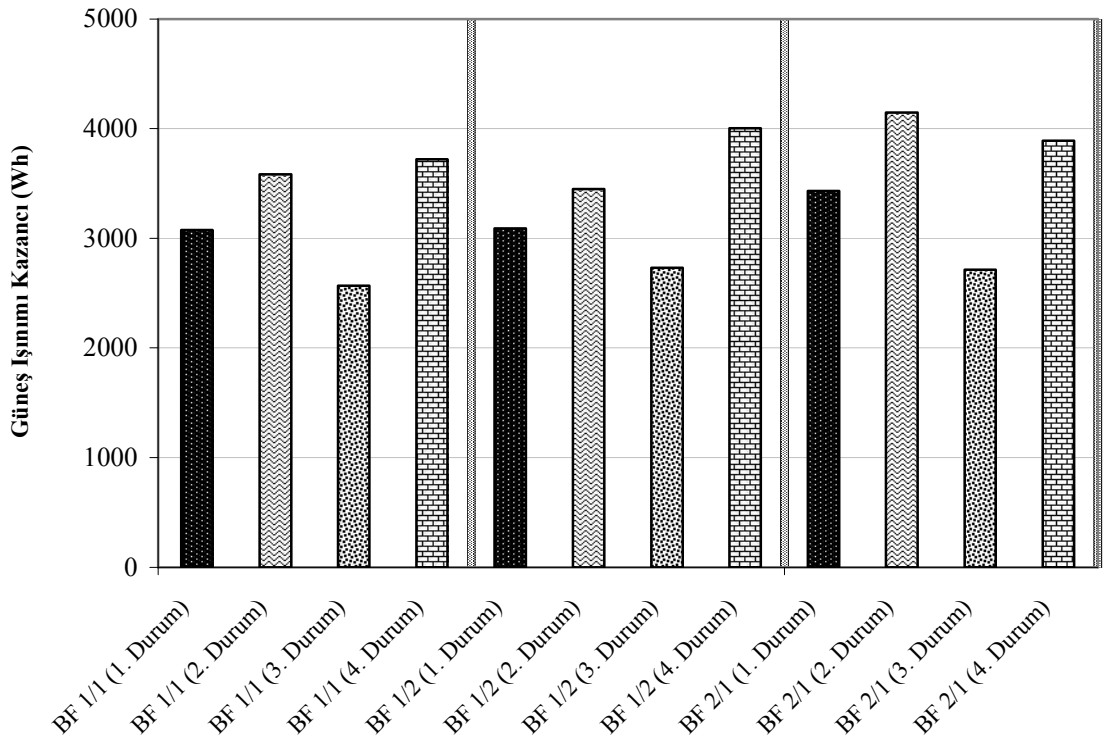
Hesaplamalarda kullanılan yöntem doğrultusunda metodun uygulanmasında izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

- 1-) ***Yeryüzünde eğik bir düzlem üzerine gelen saatlik direkt, yayılı ve yansıyan ve toplam güneş ışıınımları ile güneş geliş açısının hesaplanması:*** 4. bölümde açıklanan hesaplama yöntemi ile bina yüzeyinde saydam yüzeyler üzerine gelen toplam güneş ışıınımları miktarı hesaplanır.
- 2-) ***Saydam yüzeylerde meydana gelen ısı kayıp miktarlarının hesaplanması:*** Bir önceki adımda hesaplanan direkt, yayılı ve yansıyan güneş ışıınımları değerleri ve güneş geliş açıları Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Elazığ ili saatlik dış sıcaklık, rüzgar hızı değerleri ve kullanılan cam elemana ait fiziksel özelliklerle birlikte saydam yüzeyden geçen ısı miktarı saatlik olarak hesaplanır.
- 3-) ***Ele alınan pencere alanları dağılımına göre binaların pencerelerden kaynaklanan yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının hesaplanması:*** İkinci adımda hesaplanan, saydam yüzeye ait saatlik ısı kaybı değerleri, saydam yüzeyin alanı da hesaba katılarak farklı yönlerde bakan saydam elemanda meydana gelen saatlik ısıtma enerjisi her yön için yeniden hesaplanır. Karakteristik günler (her ayın 1., 11. ve 21. günleri için) hesaplanan saatlik ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları ile güneş ışıınımları kazancı değerlerinden yola çıkarak aylık ortalamalar hesaplanıp yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacına ait değerler olarak düzenlenir.
- 4-) ***Biçim faktörü farklı olan üç ayrı hacmin pencere alanlarının en az yıllık ısıtma ve soğutma yükü sağlayacak şekilde yönlerde göre dağılımının bulunması ve sonuçların değerlendirilmesi:*** Beş farklı pencere türü için yapılan hesaplamalar sonucunda bulgular değerlendirilip, en uygun cam türü ve yönlendirilmesi tespit edilir.

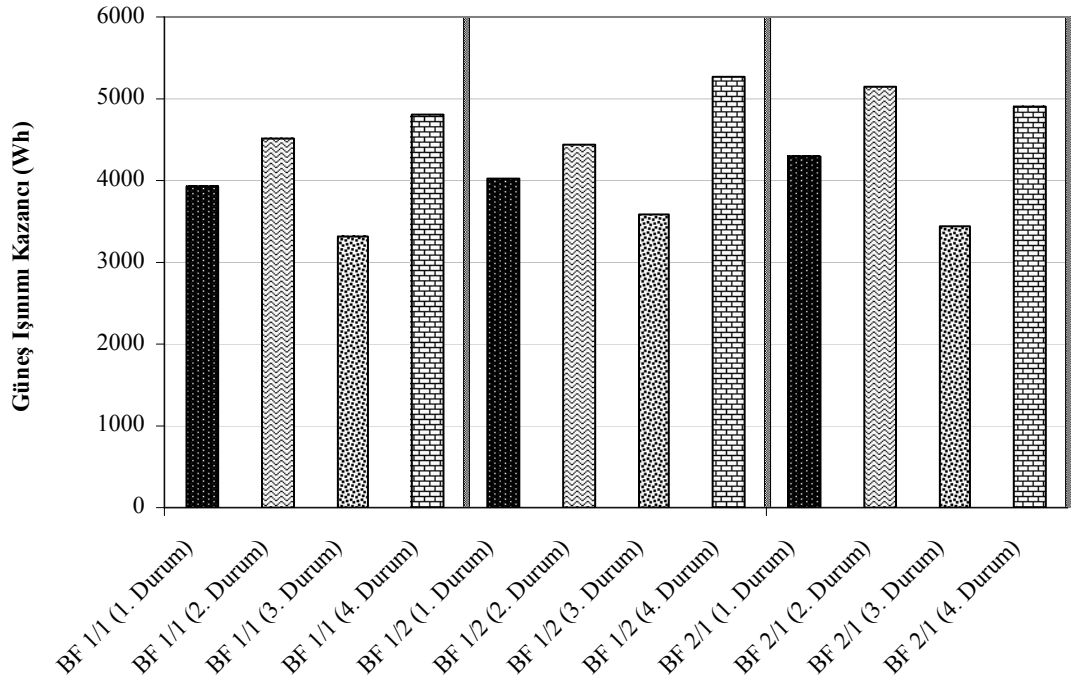
Yukarıda anlatılan metot adımları, **MATLAB** programlama dilinde yazılmış bir bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiş ve sonuçlar şekillerle sunulmuştur.

5.4. Bulgular ve Değerlendirme

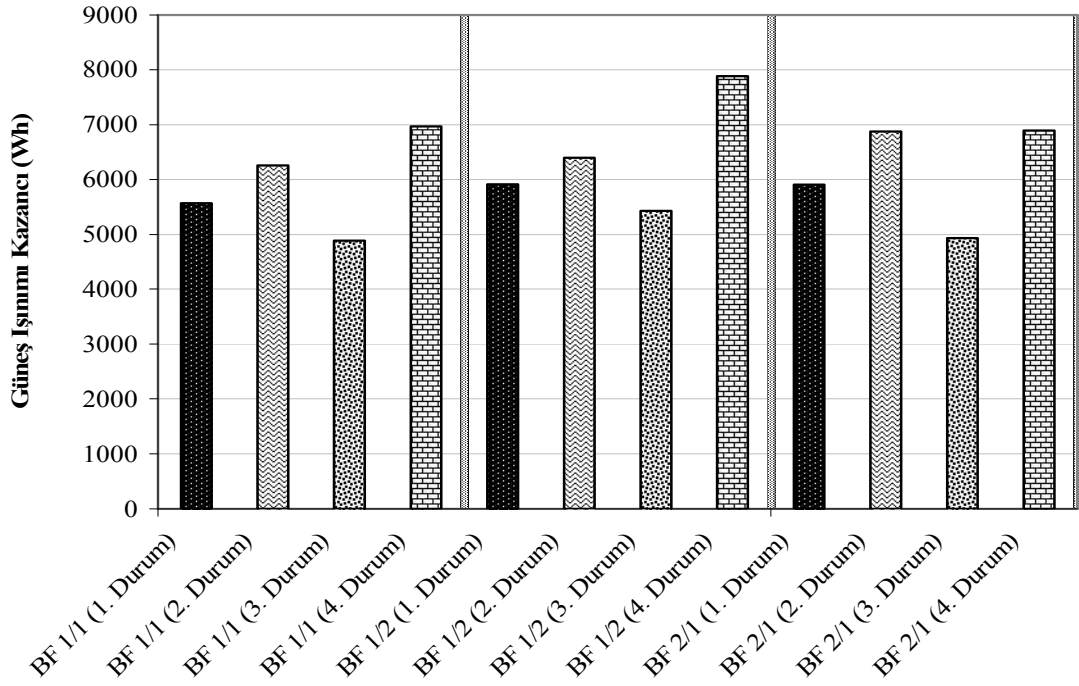
4. bölümde açıklanan hesaplama metodu ve ele alınan kabullerle ve Elazığ yöresine ait son 10 yıllık meteorolojik verilere dayanarak bina alternatiflerinin pencerelerinden kaynaklanan toplam ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları, her ayın karakteristik günü kabul edilen 1., 11. ve 21. günlerinin saatlik değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre farklı bina alternatiflerinin pencere yüzeylerine düşen aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarları Şekil 5.2-13’de verilmiştir.



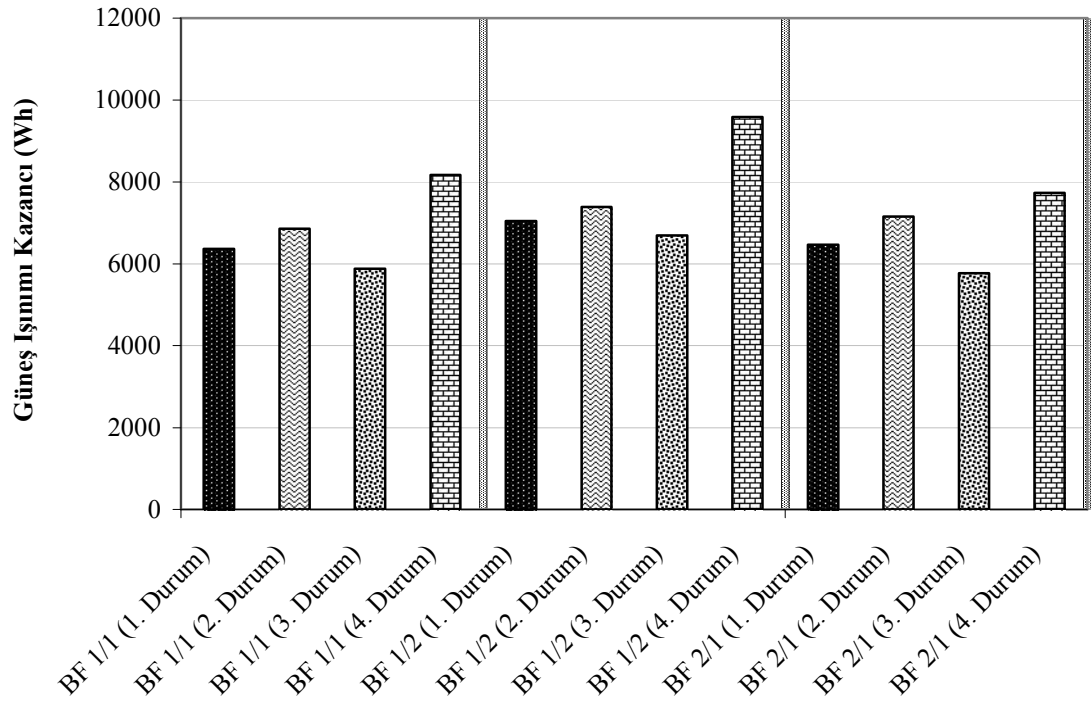
Şekil 5.2. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ocak ayı aylık ortalama güneş ışıınımı kazancı miktarı



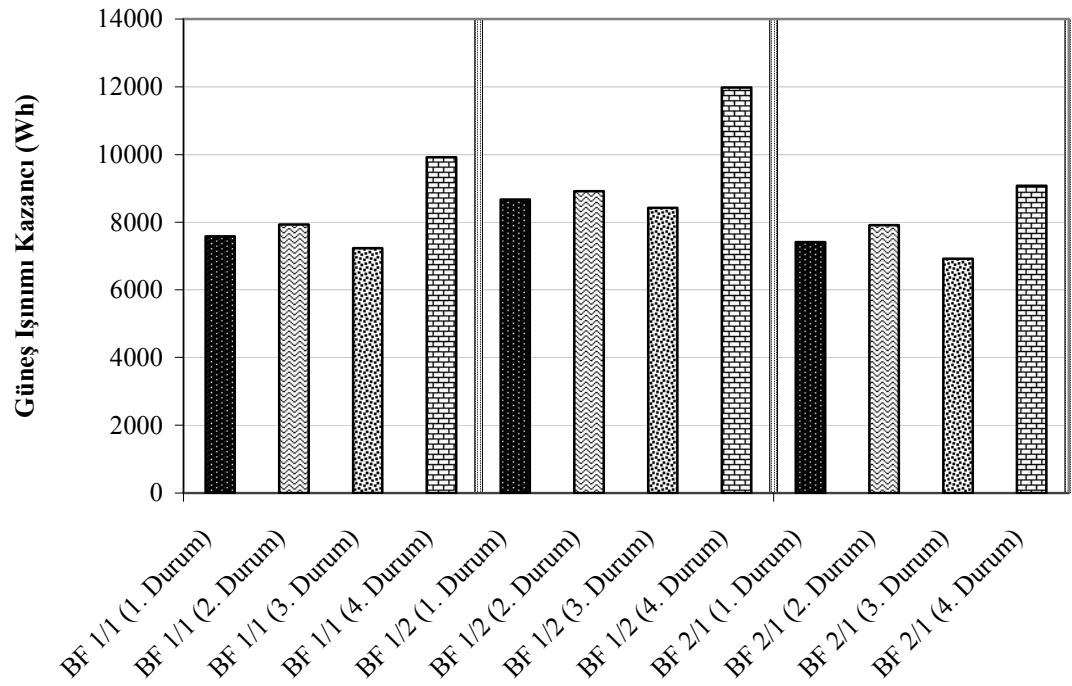
Şekil 5.3. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre şubat ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



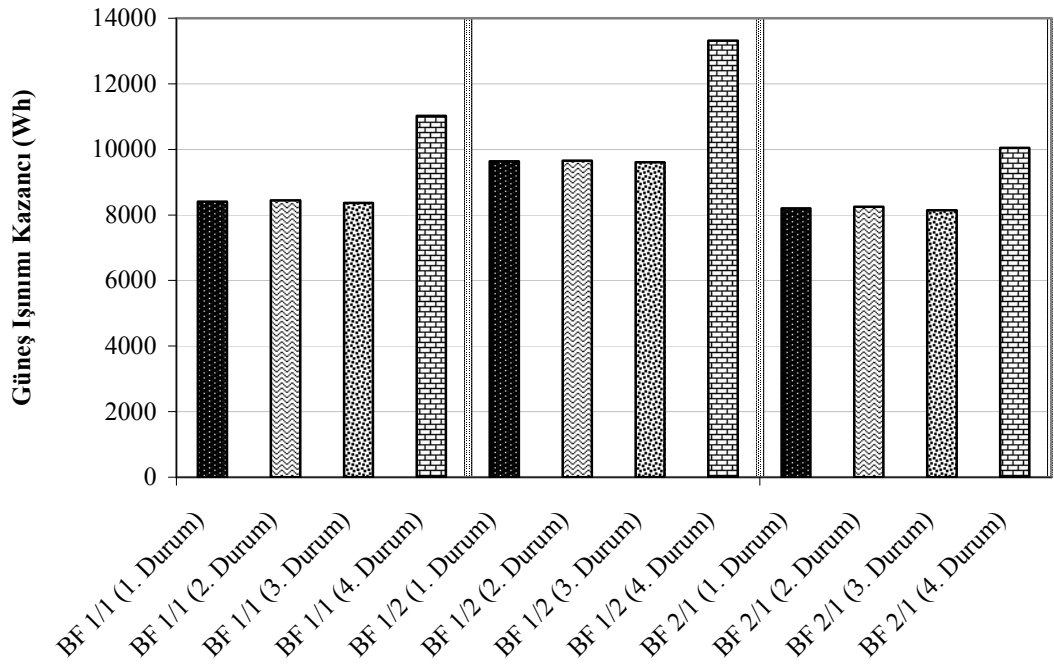
Şekil 5.4. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre mart ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



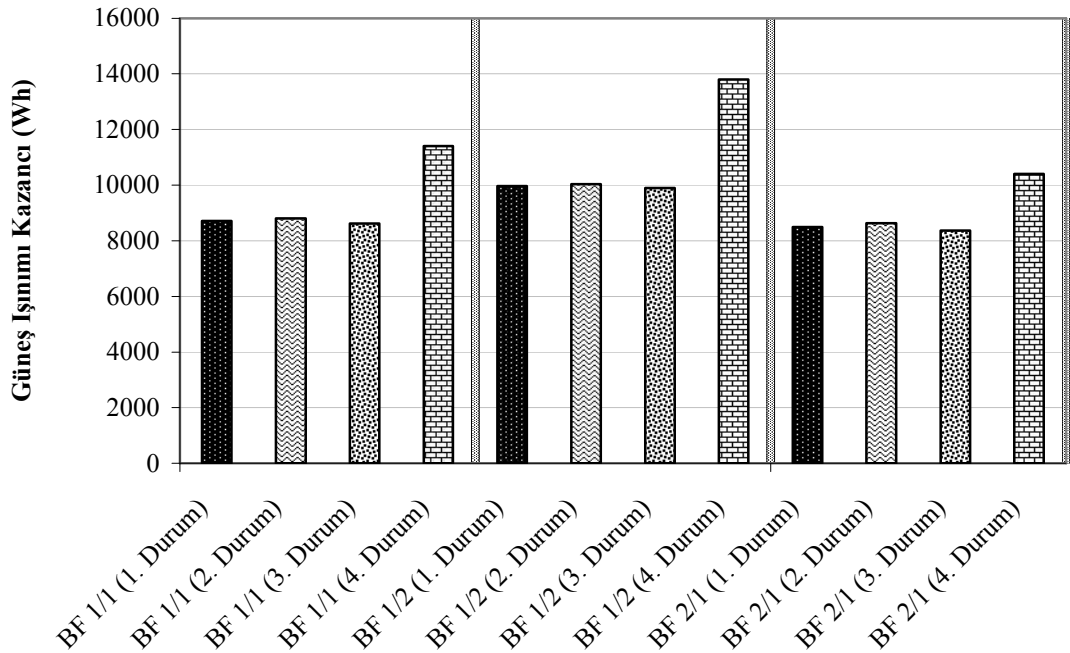
Şekil 5.5. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre nisan ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



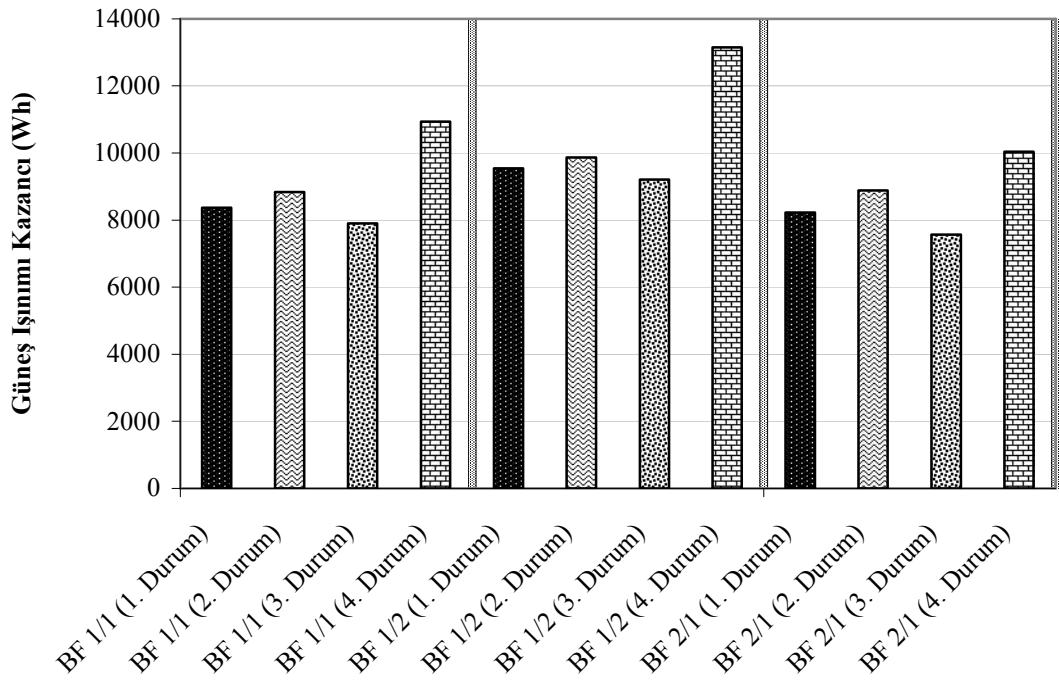
Şekil 5.6. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre mayıs ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



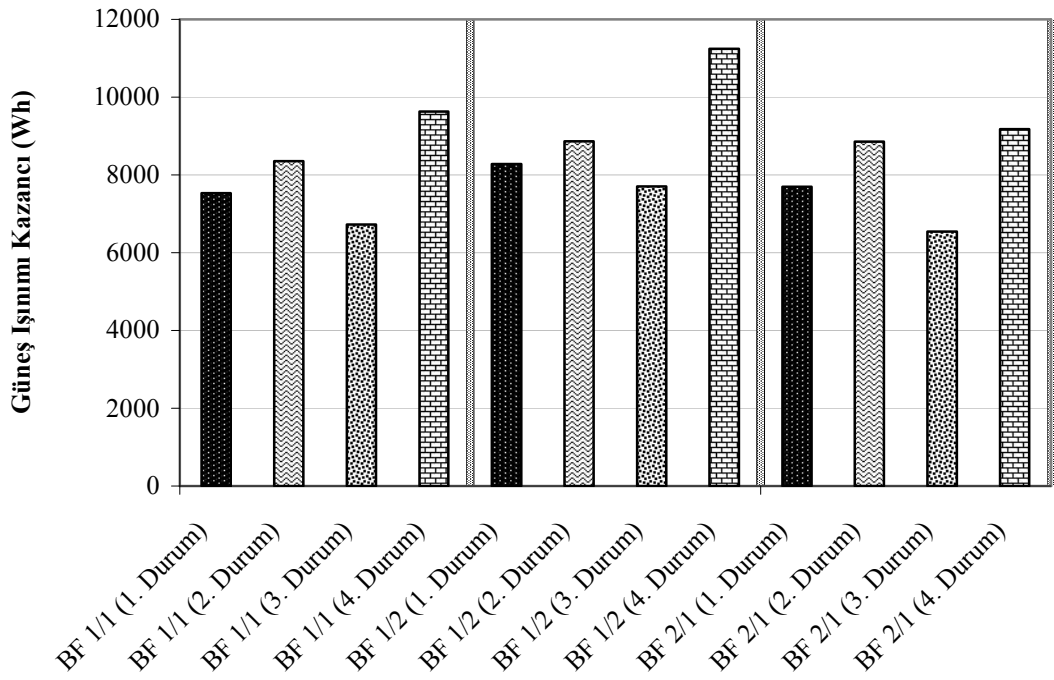
Şekil 5.7. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre haziran ayı aylık ortalama güneş ışınımı kazancı miktarı



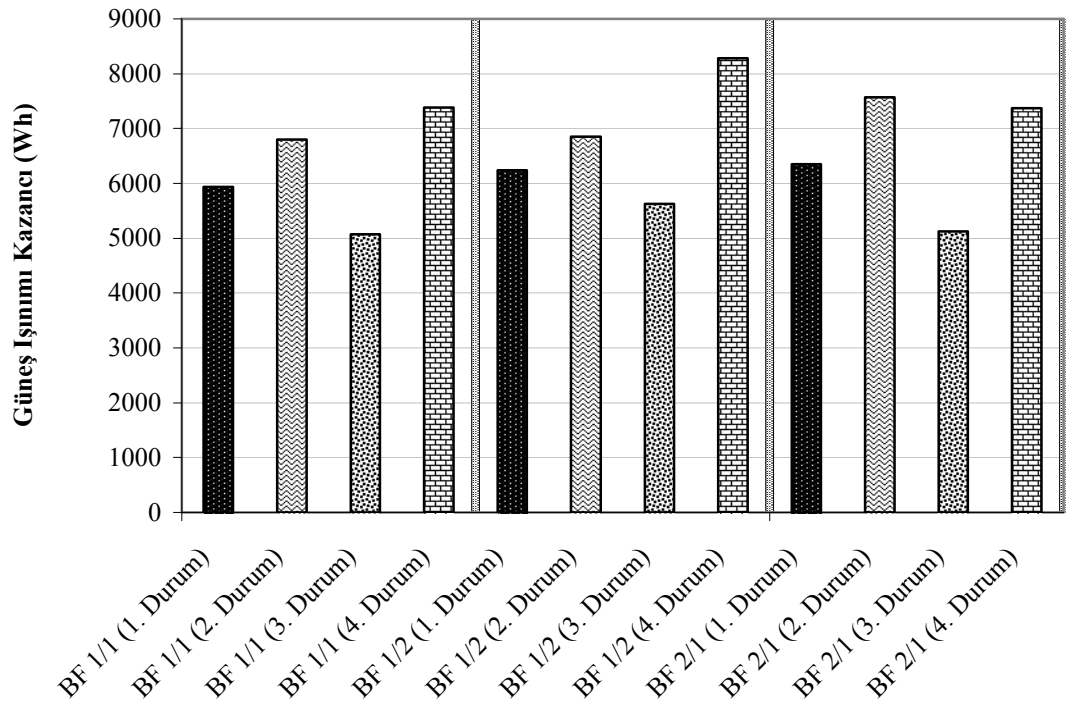
Şekil 5.8. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre temmuz ayı aylık ortalama güneş ışınımı kazancı miktarı



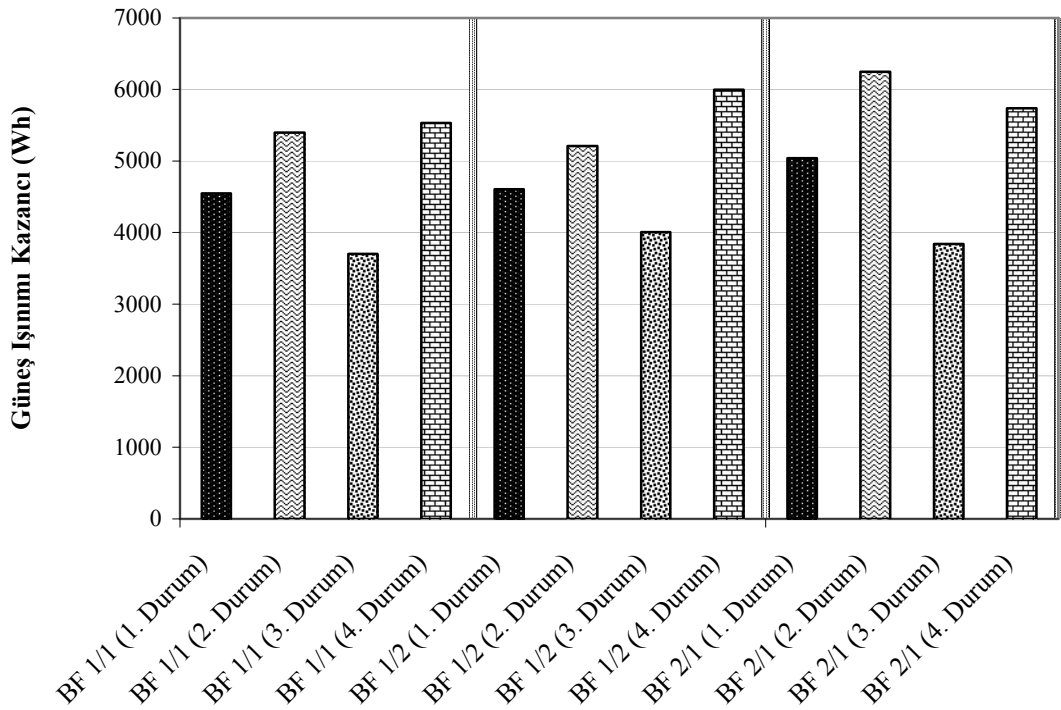
Şekil 5.9. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ağustos ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



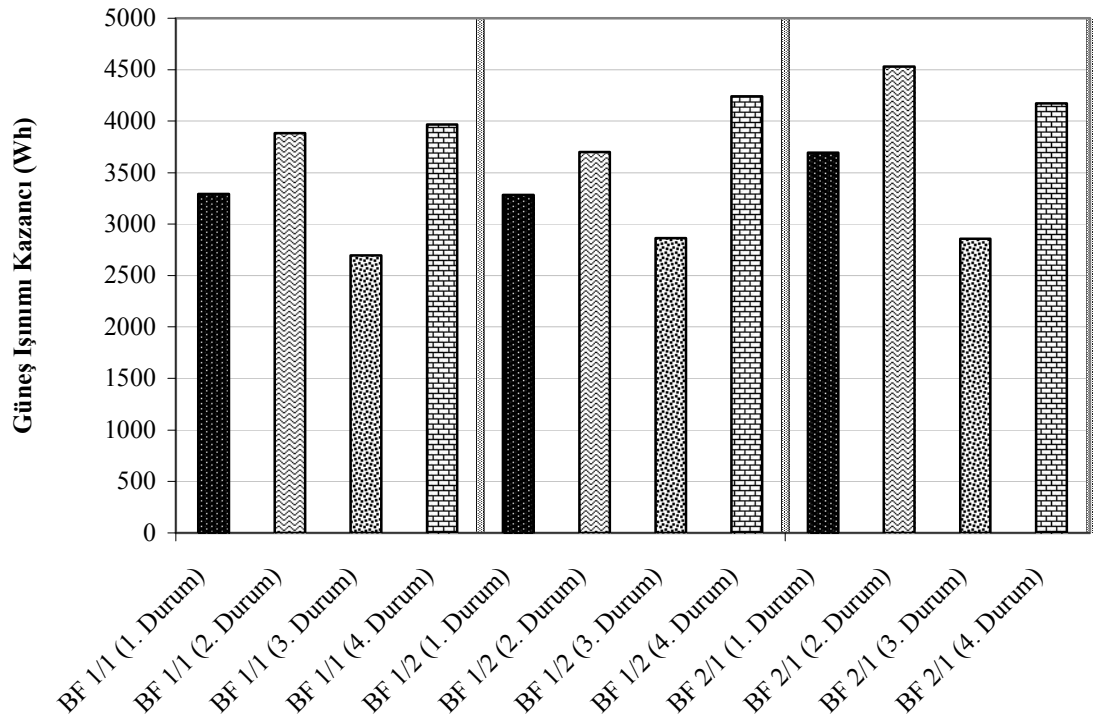
Şekil 5.10. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre eylül ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



Şekil 5.11. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre ekim ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



Şekil 5.12. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre kasım ayı aylık ortalama güneş ışınlımı kazancı miktarı



Şekil 5.13. Farklı bina tipleri ve saydamlık durumlarına göre aralık ayı aylık ortalama güneş ışıını kazancı miktarı

BF 1/1 olan binalar için ısıtma periyodunda güneş ışıını kazançları **4. durum > 2. durum > 1. durum > 3. durum** şeklinde olmaktadır. Bu biçim faktörü için 4. durum 2. duruma göre %2.12, 2. durum 1. duruma göre %15.26, 1. durum 3. duruma göre %18.01 ve 4. durum 3. durumda %32 daha fazla güneş ışıını kazanmaktadır (Aralık ayı için).

BF 1/2 olan binalar ele alındığında ise sıralama yine bir önceki durumda olduğu gibidir. Ancak bu biçim faktörü için 4. durum 2. durumdan %12.68, 2. durum 1. durumdan %11.32, 1. durum 3. durumdan %12.76 ve 4. durum 3. durumdan %32.45 daha avantajlı olmaktadır (Aralık ayı için).

Ancak BF 2/1 olan binalarda bu sıralama değişmekte ve **2. durum > 4. durum > 1. durum > 3. durum** halini almaktadır. Bunun nedeni kış aylarında maksimum güneş ışıını kazancı sağlayacak güney cephedeki pencere alanının daha fazla olmasıdır. Burada ise 2. durum 4. durumdan %7.93, 4. durum 1. durumdan %11.46, 1. durum 3. durumdan %22.68 ve 2. durum 3. durumdan %36.98 daha avantajlıdır (Aralık ayı için).

Burada elde edilen sonuca göre, ısıtma periyodunda güneş enerjisinden maksimum kazanç sağlayacak özelliğe sahip bina BF 2/1 (2. durum)'dur. Bunun nedeni bu kazancı sağlayacak olan güney cephe pencere alanının %30 saydamlık oranıyla 12.726 m² olmasıdır. Ancak görüldüğü üzere aynı bina türü için bu oranın 3. durumda %10'a düşmesiyle güneş

ışınımı kazancı da kış aylarında %36.98 (Aralık ayı için) ve yaz aylarında %3.1 (Temmuz ayı için) azalmıştır. Fakat bu durumda etkili olan bir diğer unsur kuzey cephedeki pencere alanının %30 seviyesinde olmasıdır. Kuzey açıklıkları güneş ışınımı kazancı açısından diğer cephelere nispeten en zayıf olan cephelerdir.

Ekim ayından itibaren BF 2/1 olan binalarda 2. durum 4. duruma göre güneş ışınımı kazancında daha avantajlı hale gelmektedir. Bu durum mart ayına kadar devam etmekte, mart ayından itibaren ise 4. durum %7.5 ile %17 arasındaki oranlarda daha fazla güneş ışınımı elde etmektedir.

Enerji etkin bir konut tasarımı yapılırken ısıtma periyodu için maksimum güneş ışınımı kazancı istenmektedir. Çünkü maksimum ışınım kazancı, minimum ısıtma enerjisi anlamına gelecektir. Bu amaçla bir çalışma yapıldığında da kuzey cephedeki pencere alanlarını minimum seviyede tutmak en rasyonel çözüm olacaktır.

Isıtma periyodundan soğutma periyoduna geçildiğinde ise güneş ışıının doğu ve batı cepheler üzerindeki etkinliğinin arttığı görülmektedir. Kış aylarında güneş ışınımı kazancı açısından önemli bir işlev üstlenmeyen bu cephelerdeki pencereler yaz aylarında çok yoğun şekilde güneş ışıınımına maruz kalırlar. Güney cephedeki pencereler ise kış aylarının aksine güneş ışıınımını bina içersine daha az miktarda alırlar. Öyle ki, doğu ve batı cephelerin kazanç miktarları toplamı kışın güney cephenin kazancının %13.28'i (Aralık ayı için) kadar iken, yaz aylarında tam tersi güney cephe güneş ışıınım kazancının, doğu ve batı cephe güneş ışıınımı kazancı toplamından %67.60'ı (Temmuz ayı için) oranında daha az olduğu görülmüştür. Her bina türü için doğu ve batı yönlerinde pencere alanlarının %30 olduğu varsayımının yapıldığı 4. durumlarda ışıınım kazancı değerlerinin daha fazla olduğu görülmektedir.

BF 1/1 olan binalar için soğutma periyodunda güneş ışıınımı kazançları değerlendirildiğinde **4. durum > 2. durum > 1. durum > 3. durum** sıralaması elde edilmektedir. Burada 4. durum 2. duruma göre %22.82, 2. durum 1. duruma göre %1.09, 1 durum 3. duruma göre %1.10 ve 4. durum 3. duruma göre de %24.51 daha fazla güneş ışıınımı kazancına sahiptir (Temmuz ayı için).

BF 1/2 biçim faktörü ne sahip binalar için ise sıralama BF 1/1 olan bina türü ile aynıdır. Yukarıda belirtilen oranlar ise sırasıyla %27.19, %0.067, %0.068 ve %28.17 olmaktadır (Temmuz ayı için).

Son olarak BF 2/1 binası için de yine aynı sıralama elde edilmektedir. Ancak bu kez yukarıda belirtilen oranlar sırasıyla %17.04, %1.57, %1.59 ve %19.65 değerlerini almaktadır (Temmuz ayı için).

Buradan da anlaşılacağı üzere soğutma periyodu için, soğutma yüklerini doğrudan etkileyen doğu ve batı yönlerindeki pencerelerdir. Güneşin istenmeyen bu aşırı sıcak etkisini en aza indirmek için bu yönlerde olan pencere alanlarının da sınırlı tutulmasında fayda vardır.

Sonuç olarak Elazığ yöresi, bulunduğu 38.4° enlem itibariyle güneş enerjisinden büyük ölçüde yararlanma potansiyeline sahiptir. Isıtma periyoduna ait Şekil 5.1–5 ile Şekil 5.9-12 'den de anlaşılacağı üzere en yoğun kazanç sağlayan durumlar BF 1/1, BF 1/2 ' ye ait 4. durumlar ve BF 2/1 'e ait 2. durumdur. BF 2/1 için bunun nedeni kışın güneş ışıınımı kazancı potansiyeli yüksek olan güney açıklıklarının diğer yönlerdeki, pencere alanlarından daha büyük değerlerde olması ve kuzey cephelerin %10 saydamlık oranına sahip olmalarıdır. Ancak BF 1/1 ve BF 1/2 için ise doğu ve batı yönündeki pencere alanları toplamının güney cephedekilerden fazla olması, bu yöndeki kazançlarında fazla olmasına yol açmaktadır. 2. durum kış aylarında (Aralık ayı için) 1. durumlara göre ortalama %13.29, 3. duruma göre %26.59 daha fazla ve 4. duruma göre ise %7.39 daha az ışıınım kazancı sağlamaktadır. Bina türleri ele alındığında kış ve yaz ayları için güneş ışıınım kazancı açısından bir sıralama aşağıdaki şekilde yapılabilir.

Isıtma Periyodu

BF 2/1 (2.durum)
↓
BF 1/2 (4.durum)
↓
BF 2/1 (4.durum)
↓
BF 1/1 (4.durum)
↓
BF 1/1 (2.durum)
↓
BF 1/2 (2. durum)
↓
BF 2/1 (1. durum)
↓
BF 1/1 (1.durum)
↓
BF 1/2 (1.durum)
↓
BF 1/2 (3.durum)
↓
BF 2/1 (3.durum)
↓
BF 1/1 (3.durum)

Soğutma Periyodu

BF 1/2 (4. durum)
↓
BF 1/1 (4. durum)
↓
BF 2/1 (4. durum)
↓
BF 1/2 (2. durum)
↓
BF 1/2 (1. durum)
↓
BF 1/2 (3. durum)
↓
BF 1/1 (2. durum)
↓
BF 1/1 (1. durum)
↓
BF 2/1 (2. durum)
↓
BF 1/1 (3. durum)
↓
BF 2/1 (1. durum)
↓
BF 2/1 (3. durum)

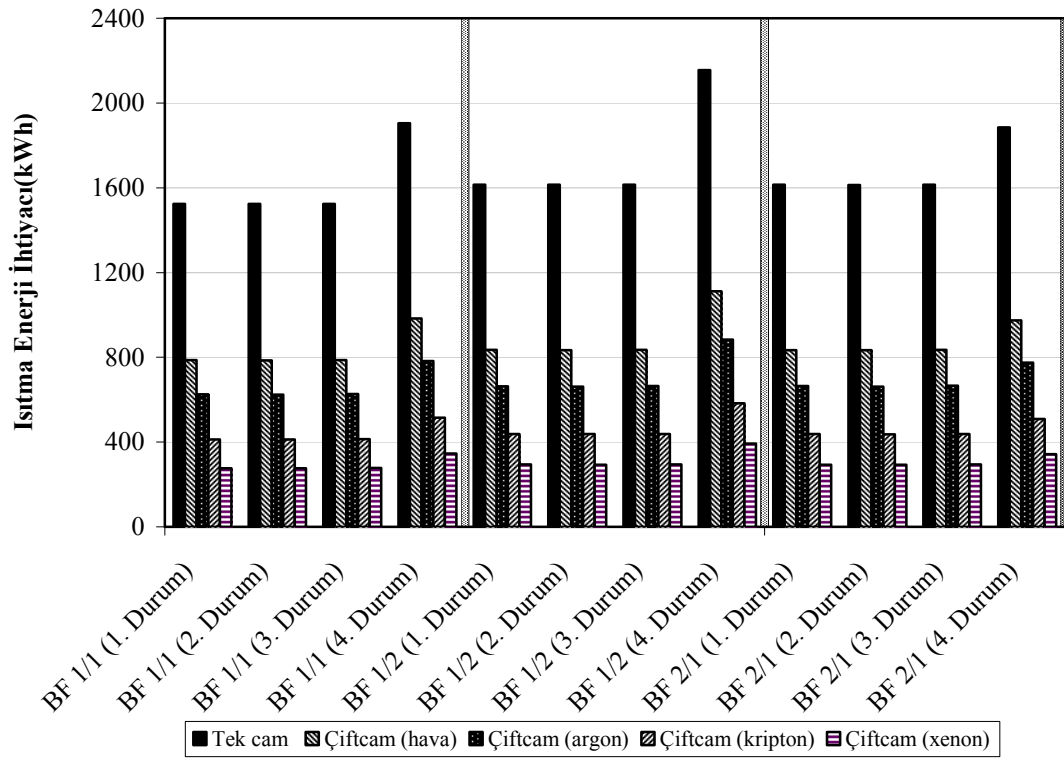
Isıtma ve Soğutma Enerjisi İhtiyaçları:

Çalışmada Elazığ yöresinde bulundukları varsayılan binalar ve alt durumları için ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı miktarları hesaplanırken sadece cam yüzeylerden olan kayıp ve kazançlar dikkate alınmış, hava kaçakları ve doğramadan kaynaklanan kayıplar ihmal edilmiştir. Farklı biçim faktörleri ve saydamlık oranlarına sahip binaların beş farklı cam türü için pencerelerden kaynaklanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları Tablo 5.5 'de, aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyaçları ise Şekil 5.14-23 'de verilmiştir.

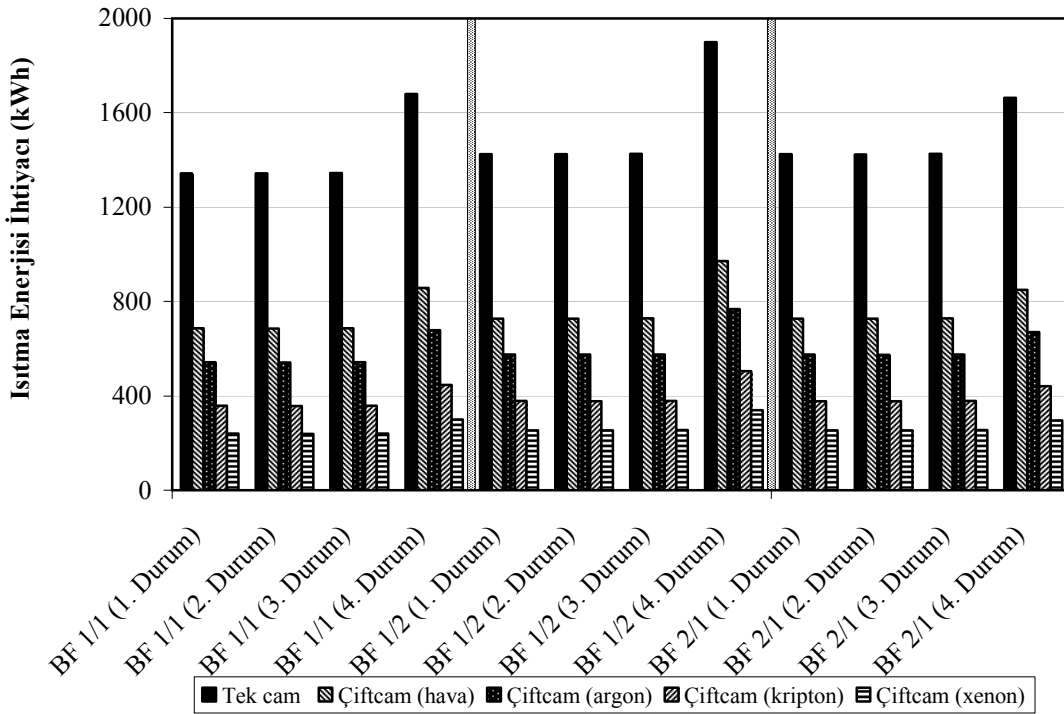
Binalara ait yıllık ortalama soğutma enerjisi ihtiyaçları ise Tablo 5.6 'te ve aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı değerleri de Şekil 5.24-27 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Farklı biçim faktörleri için yıllık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı

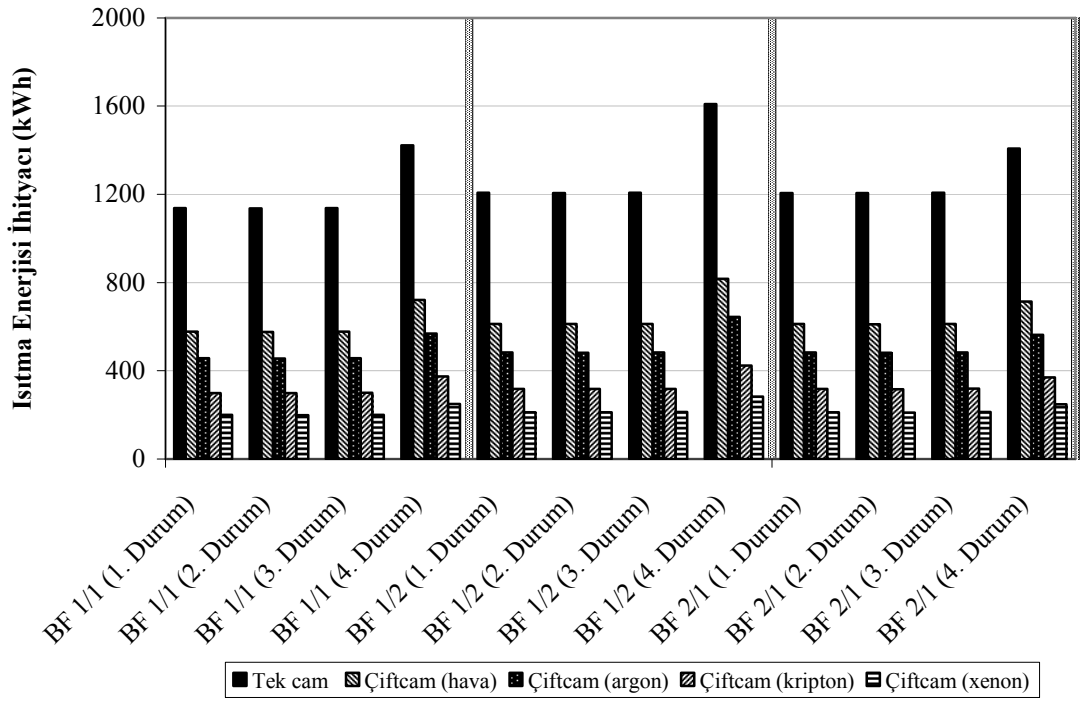
	Yıllık Ortalama Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)				
	Tek Cam	Çift Cam Hava Dolgulu	Çift Cam Argon Dolgulu	Çift Cam Kripton Dolgulu	Çift Cam Xenon Dolgulu
BF 1/1 (1. Durum)	7647	3915	3098	2036	1360
BF 1/1 (2. Durum)	7647	3910247	3092	2031	1356
BF 1/1 (3. Durum)	7652	3921	3104	2041	1365
BF 1/1 (4. Durum)	9559	4895	3872	2545	1701
BF 1/2 (1. Durum)	8110	4153	3285	2160	1443
BF 1/2 (2. Durum)	8106	4149	3281	2156	1440
BF 1/2 (3. Durum)	8114	4157	3289	2163	1447
BF 1/2 (4. Durum)	1081	5538	4380	2880	1925
BF 2/1 (1. Durum)	8110	4152	3286	2158	1442
BF 2/1 (2. Durum)	8101	4144	3277	2151	1436
BF 2/1 (3. Durum)	8117	4159	3294	2165	1449
BF 2/1 (4. Durum)	9461	4844	3798	2519	1683



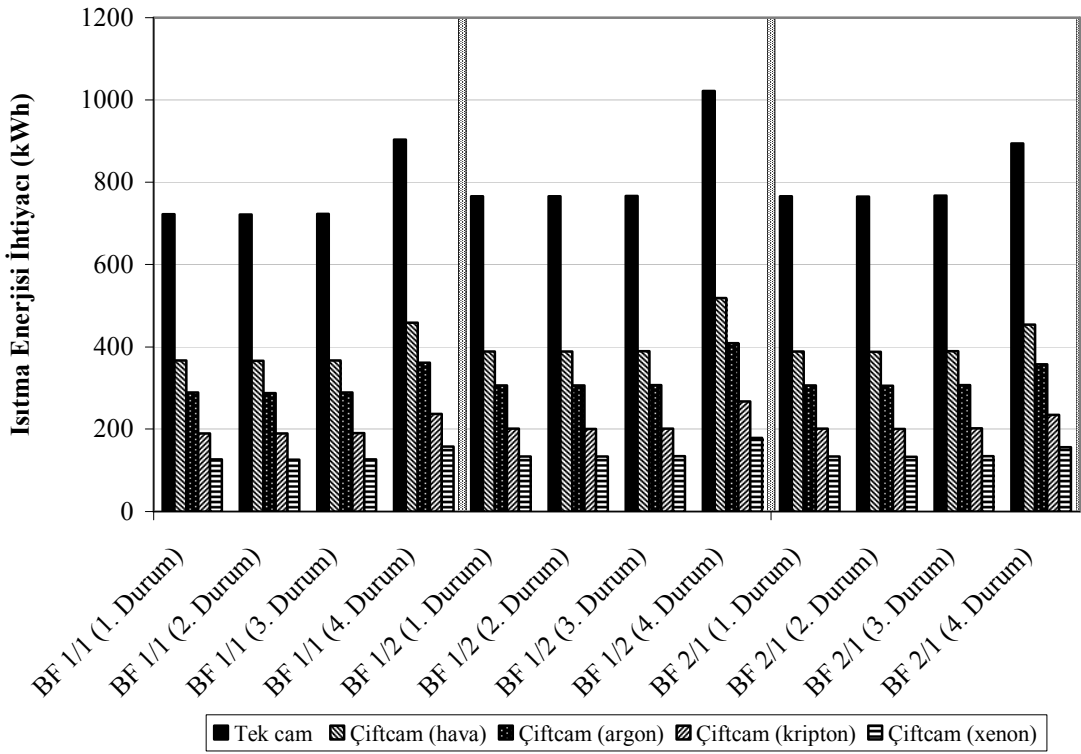
Şekil 5.14. Ocak ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



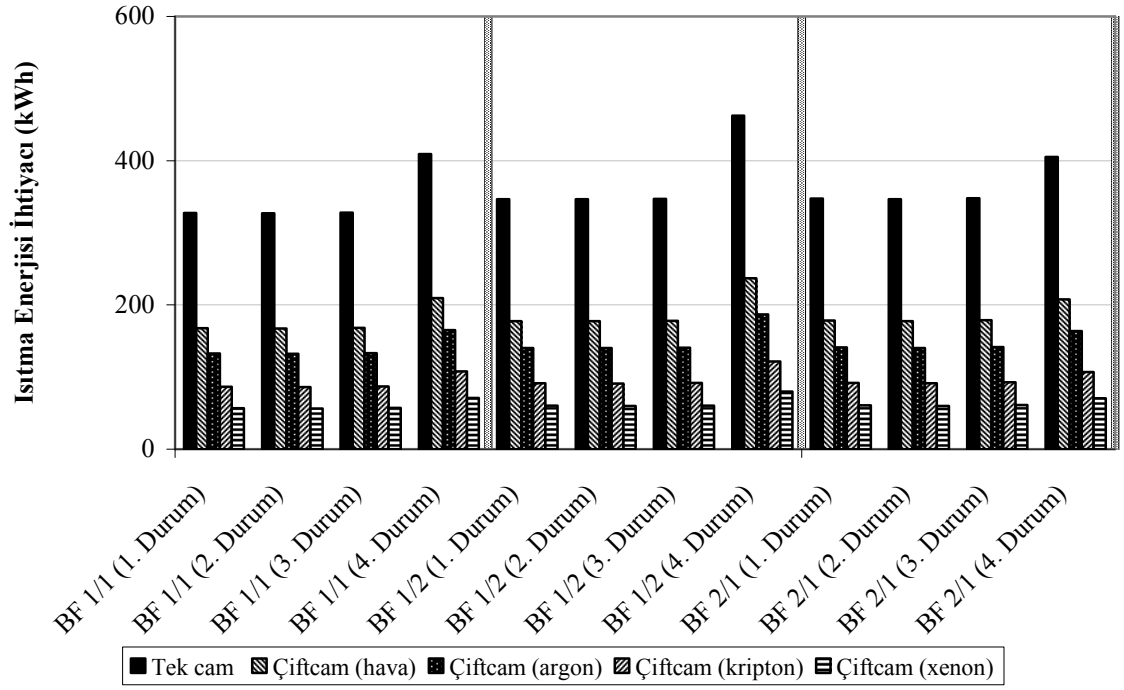
Şekil 5.15. Şubat ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



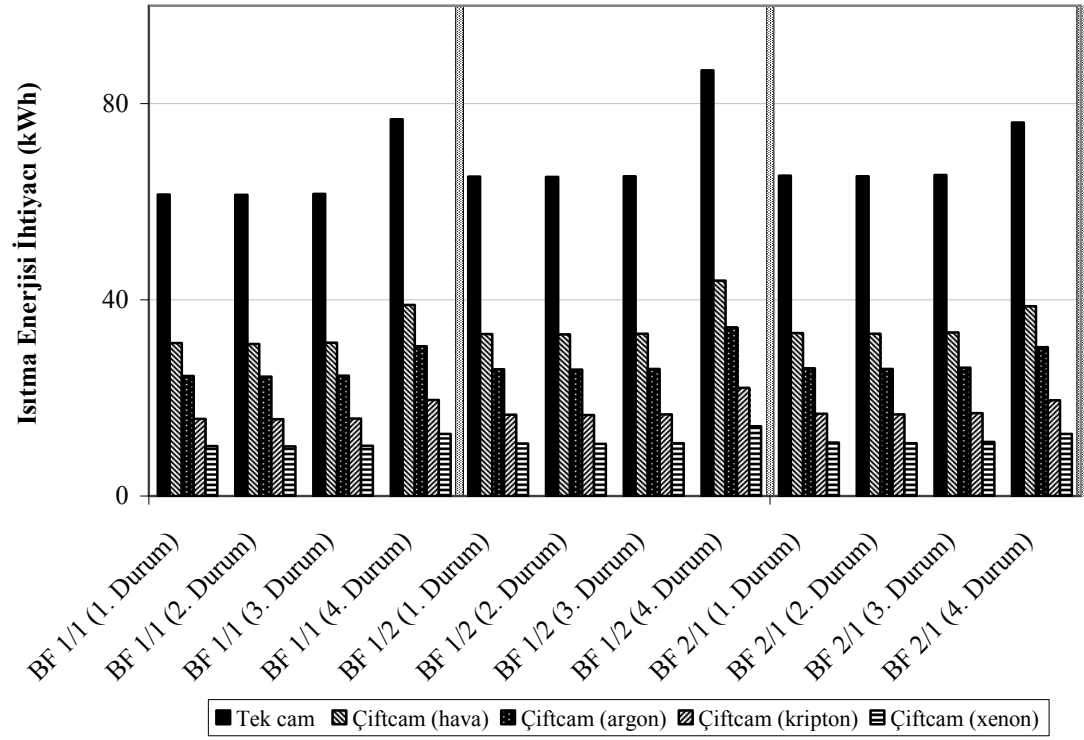
Şekil 5.16. Mart ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



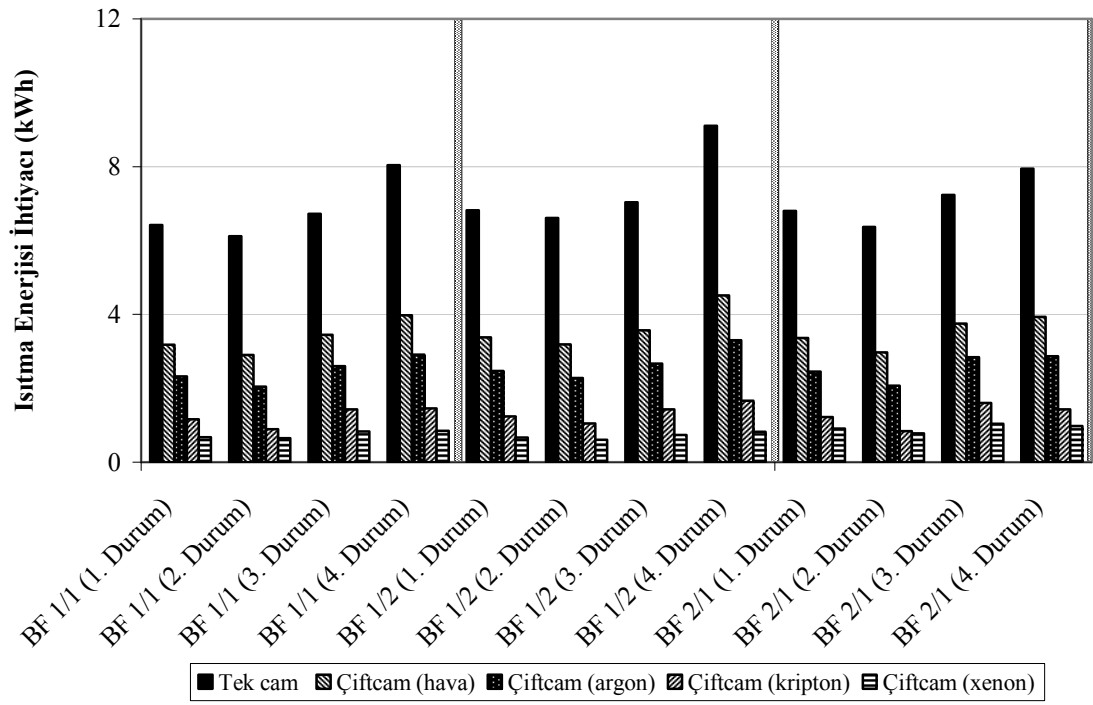
Şekil 5.17. Nisan ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



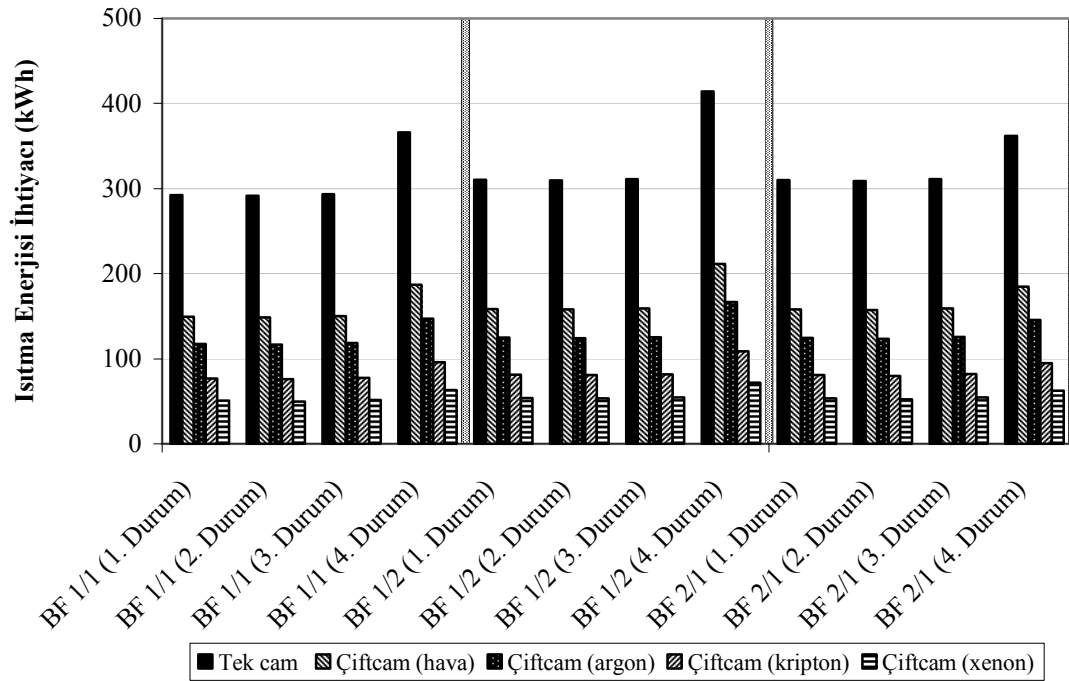
Şekil 5.18. Mayıs ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



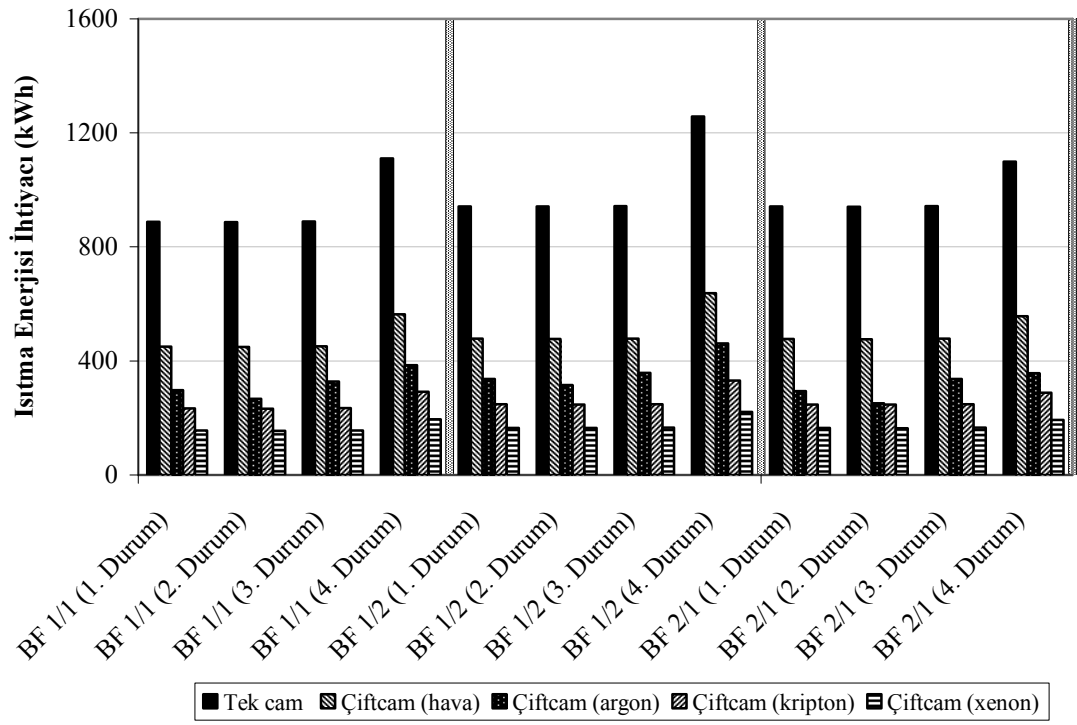
Şekil 5.19. Haziran ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



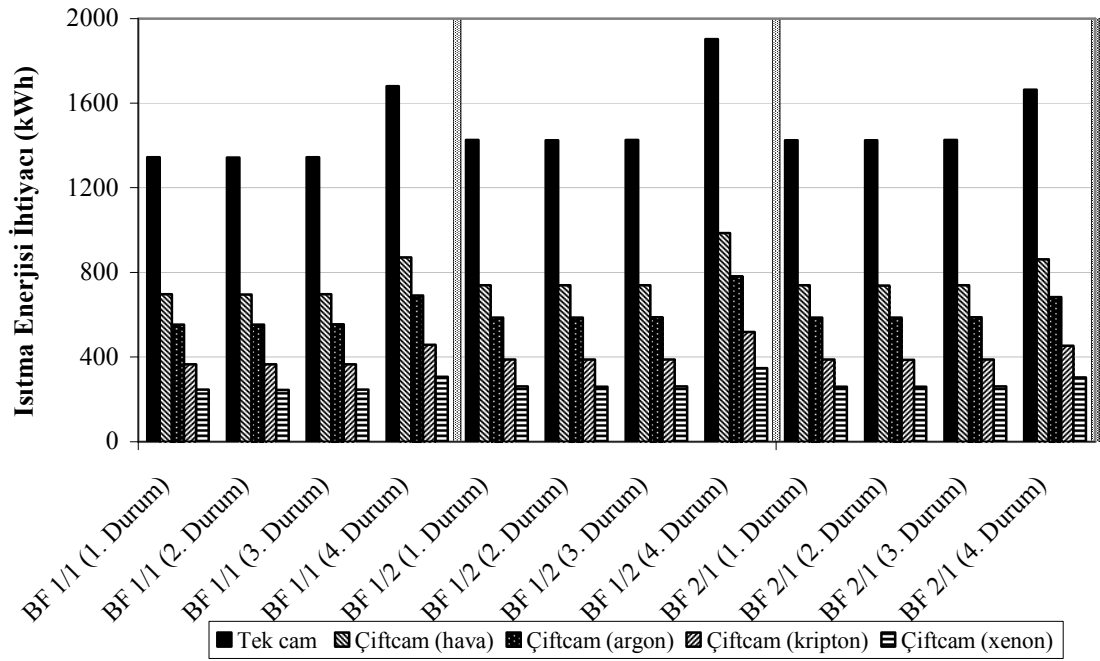
Şekil 5.20. Eylül ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.21. Ekim ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.22. Kasım ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.23. Aralık ayı aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı

3 farklı biçim faktörü ve 4 farklı durum için yapılan hesaplar göstermektedir ki, BF 1/1 olan binalar BF 1/2 ve BF 2/1 olanlara göre daha az ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacına sebep olmaktadır. Bunun başlıca nedeni taban alanları aynı olmasına rağmen yüzey alanının diğer iki bina türünden az olmasıdır. Böylece ısı kaybına yol açacak cephe alanının küçük olması kayıpları da azaltacaktır. Isıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı değerleri karşılaştırıldığında

$$BF1/1 < BF2/1 < BF1/2$$

sıralaması elde edilmektedir.

BF 1/1 olan binalar, tek camlı uygulamalarda 1., 2. ve 3. durumlarda BF 1/2 olan binalara göre ortalama %5.70 oranında daha avantaj sağlamaktadırlar. Ancak 4. durumda bu oran %11.60 olmaktadır. Hava dolgulu çift cam uygulamalarının kullanıldığı durumda ise 1. 2., 3. durumlarda %5.72 ve 4. durumda %11.61 fayda sağlanması mümkündür. Argon, kripton ve xenon gibi ısı iletim katsayıları havanınkinden küçük olan gazlar kullanıldığında, yukarıda verilen oranlar 1., 2. ve 3. durumlar için sırasıyla %5.69, %5.72 ve %5.73 dördüncü durumlar için ise argon dolgulu camlar için %11.59, kripton ve xenon dolgulu camlar için %11.62 civarındadır.

BF 2/1 biçim faktörüne sahip olan binalar ise BF 1/1 olanlara göre 1., 2. ve 3. durumlarda tek camlı pencerelerde %5.69, hava dolgulu çift camlarda %5.68, argon dolgulu çift camlarda %5.70 kripton ve xenon dolgulu camlarda ise %5.67 oranında daha kötü sonuçlar vermektedir. Ancak her iki biçim faktörünün 4. durumu karşılaştırıldığında BF 2/1 binasının yaklaşık %10.40 daha az ısıtma enerjisi ihtiyacı olduğu anlaşılmaktadır. BF 1/2 olan binalar ile BF 2/1 olanlar ilk üç durumda hemen hemen aynı ısıtma ve soğutma ihtiyacına sahip olmalarına rağmen 4. durumda BF 2/1 olan binalar diğerine oranla yaklaşık %12.50 tasarruf sağlamaktadır.

Ancak ısı iletim değeri düşük pencere ünitelerinin kullanıldığı bazı durumlarda bina biçim faktöründen dolayı iletim değeri daha büyük olan pencerelerin kullanılmasıyla da ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacında daha avantajlı sonuçlar elde edilebileceği fark edilmiştir. Örneğin; çift cam hava dolgulu pencerelerin kullanıldığı BF 1/1 binasının 1., 2. ve 3. durumu, BF 1/2 ve BF 2/1 binalarının ilk üç durumu argon gazı dolgulu pencerelerin kullanıldığı BF 1/2 binasının 4. durumundan %5.04-10.72 arasındaki oranlarda daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.6. Farklı biçim faktörleri için yıllık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı

	Yıllık Ortalama Soğutma Enerjisi İhtiyacı (kWh)				
	Tek Cam	Çift Cam Hava Dolgulu	Çift Cam Argon Dolgulu	Çift Cam Kripton Dolgulu	Çift Cam Xenon Dolgulu
BF 1/1 (1. Durum)	1386	6210	5562	3518	2558
BF 1/1 (2. Durum)	1387	6700	5576	3531	2531
BF 1/1 (3. Durum)	1384	6673	5548	3505	2503
BF 1/1 (4. Durum)	1733	8364	6960	4403	3153
BF 1/2 (1. Durum)	1471	7100	5908	3739	2679
BF 1/2 (2. Durum)	1472	7109	5918	3748	2689
BF 1/2 (3. Durum)	1469	7090	5898	3729	2669
BF 1/2 (4. Durum)	1961	9471	7883	4990	3578
BF 2/1 (1. Durum)	1468	7083	5889	3722	2660
BF 2/1 (2. Durum)	1471	7102	5909	3741	2680
BF 2/1 (3. Durum)	1466	7064	5869	3704	2641
BF 2/1 (4. Durum)	1714	8269	6218	4348	3110

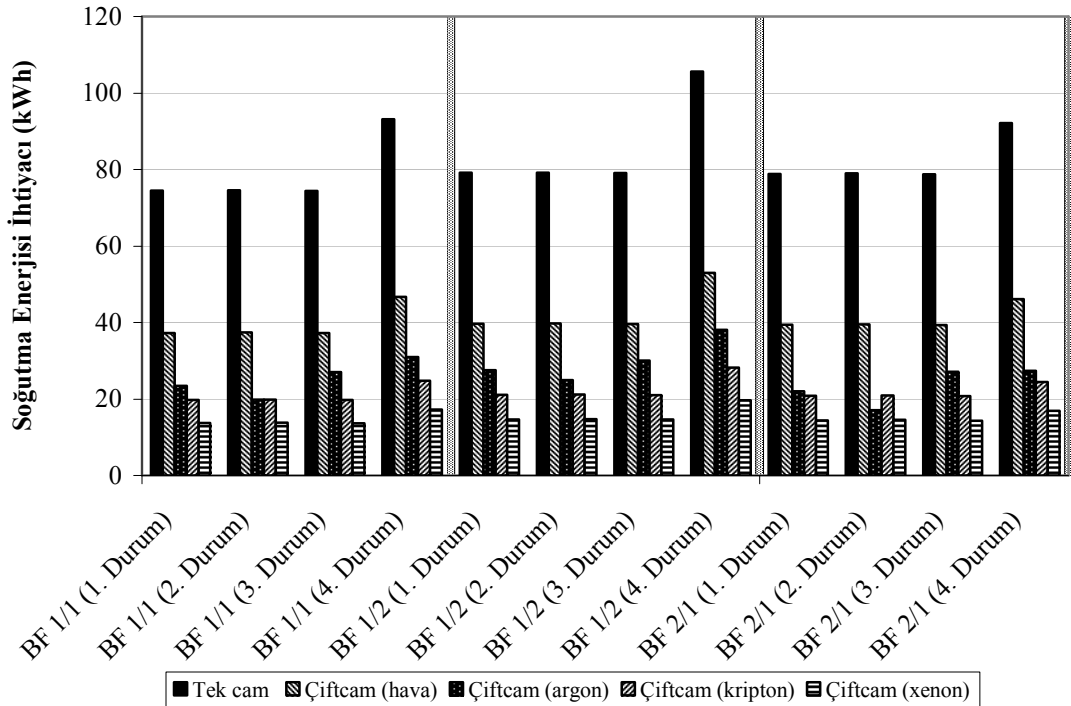
Bölgede genellikle kış şartlarının hâkim olması sebebiyle ısıtma enerjisi ihtiyacının karşılanması için harcanan enerji ihtiyacı tek camlı pencereler kullanıldığında soğutma enerjisi için harcanan enerjinin yaklaşık olarak %82 fazlasıdır. Bu oran hava, argon, kripton ve xenon dolgulu pencerelerin kullanıldığı uygulamalarda sırasıyla, %84, %85, %82 ve %81'i dolaylarında olmaktadır.

Pencere ünitelerinde kullanılan cam türlerinin, Tablo 5.7'de verilen birbirlerine göre enerji performansları dikkate alınrsa, en avantajlı cam türünün xenon dolgulu çift cam ünitesi olduğu görülür. Bu camlar tek camlı olanlara göre %82 oranında tasarruf sağlamaktadırlar. Diğer çift camlı pencerelerle kıyaslandığı takdirde hava dolgulu çift camlı pencerelerden %64, argon dolgulu pencerelerden %44 ve kripton dolgulu olanlardan da %33 oranında ısı performans gösterdiği anlaşılmaktadır. Xenon dolgulu pencerelerden sonra en avantajlı olan pencere türü kripton dolgulu çift camlı olanlardır. Onlarda pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacında tek camlı pencerelere göre %73, hava dolgulu çift camlı pencerelere göre %47 ve argon dolgulu olanlara göre de %17 daha fazla tasarruf sağlamaktadırlar. Argon dolgulu pencereler ise tek camlılardan %67, hava dolgulu çift camlı olanlardan da %36 daha az ısı

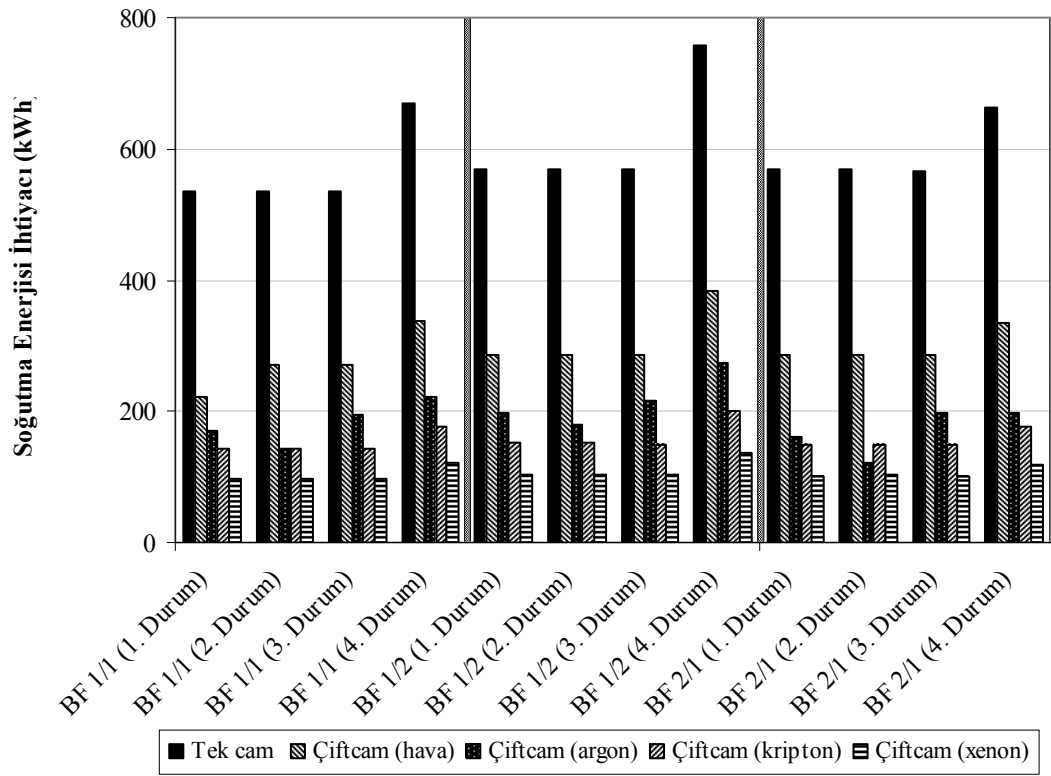
kaybına sebep olurlar. Hava dolgulu çift camlı pencerelerle yapılacak bir uygulamada ise pencerelerden kaynaklanan ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarını tek camlı pencerelere nazaran % 49 önlemek mümkün olacaktır.

Tablo 5.7. Cam türlerinin birbirlerine göre enerji performansı

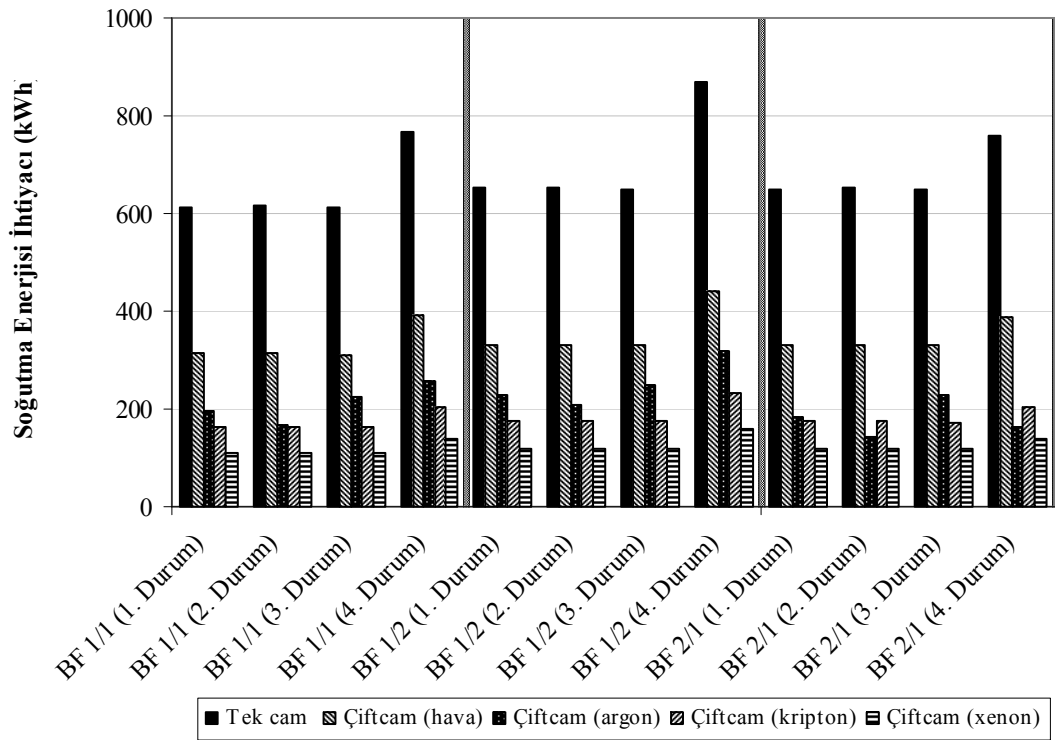
Cam Türlerinin Birbirlerine Göre Enerji Performansı (%)					
	Tek Cam	Çiftcam. Hava Dolgulu	Çiftcam. Argon Dolgulu	Çiftcam. Kripton Dolgulu	Çiftcam. Xenon Dolgulu
Tek Cam	-	49	67	73	82
Çiftcam. Hava Dolgulu	-	-	36	47	64
Çiftcam. Argon Dolgulu	-	-	-	17	44
Çiftcam. Kripton Dolgulu	-	-	-	-	33
Çiftcam. Xenon Dolgulu	-	-	-	-	-



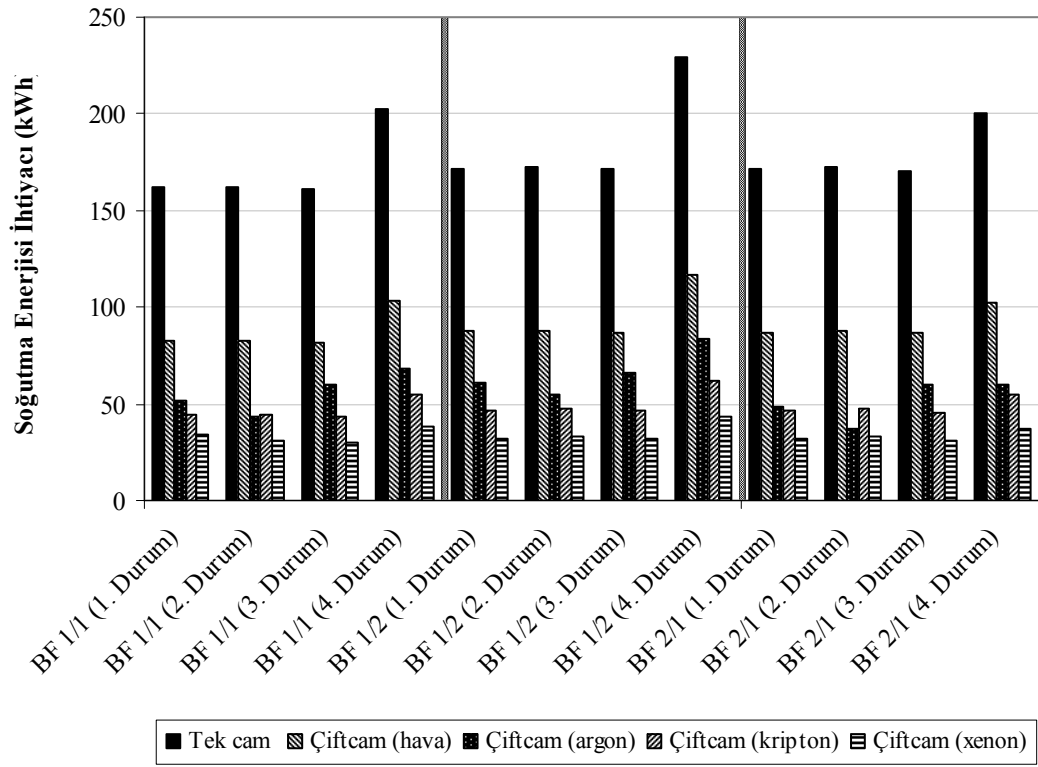
Şekil 5.24. Haziran ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.25. Temmuz ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.26. Ağustos ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı



Şekil 5.27. Eylül ayı aylık ortalama soğutma enerjisi ihtiyacı

6. SONUÇ

İnsanların sağlıklı bir hayat sürdürebilmesi için, gerekli olan konfor şartlarının gerçekleştirilebilmesinde binalarda gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarının hassas bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde yapılan çalışmanın, binalarda saydam cephe elemanı olan pencerelerden kaynaklanan ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarını azaltmaya yönelik sonuçları aşağıda verilmiştir. Pencerelerin termofiziksel özelliklerinin yanı sıra bina formu ve cephe saydamlık oranlarına bağlı olarak bina alternatiflerinin saydam bileşenlerinin enerji performansları değerlendirilmiştir. Buna göre:

- Bu çalışmada, yapı kabuğunda doğrama içerisinde kullanılan cam yapı malzemesinde meydana gelen ısı geçişlerinin hesaplanması için kullanılan sayısal analizde, eğik yüzeylere gelen güneş ışıınımı ve pencerelerden kaynaklanan ısı kayıp ve kazançlarının bir yıl için 36 gün ve 894 saatlik süre için hesaplamaları yapılmıştır. Karakteristik günlerinin enerji ihtiyacı miktarlarından faydalanarak aylık ve yıllık ortalama enerji ihtiyaçları tespit edilmiştir.
- Bu tez çalışması ile EK-2’de bir bölümü verilen bilgisayar programı yardımıyla başka bölgeler için de geçerli iklimsel veriler kullanılarak yıllık kayıp ve kazanç değerlerinin hesaplanması ve cam türlerinin değiştirilmesi ile elde edilebilecek tasarrufun boyutunun belirlenmesi mümkündür.
- Bina alternatiflerinin pencerelerinden kaynaklanan ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının belirlenmesinde, cam türünün, bina formunun ve saydamlık oranının önemli parametreler olduğu görülmüştür.
- Elazığ yöresi için yapılan hesaplamalar, aynı taban alanına sahip binalardan BF 1/1 olanların, yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı en az olan binalar olduğunu göstermektedir. Bu durumu sırasıyla BF 2/1 ve BF 1/2 olan binalar takip etmektedir.
- Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını azaltabilmek için kış aylarında güneş ışıınımından en fazla kazanç sağlayan, güney cephedeki pencere alanları arttırılmalıdır.
- Doğu ve batı cephedeki pencere alanları oluşturulurken yaz aylarındaki aşırı ısınmalara sebep olacak durumlardan kaçınılmalı ve bu cephede saydamlık oranı küçük tutulmalıdır.
- Güneş ışıınımı kazancı açısından en zayıf cephe kuzey olduğu için, bu yöndeki pencere alanlarının minimum olması gerekmektedir.
- Mevcut binalar ele alındığında ise bina biçim faktörü ve saydamlık oranlarında herhangi bir değişiklik yapmak mümkün olmasa da, sadece pencere ünitesinin değiştirilmesi ile bile pencerelerden kaynaklanan ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacında tasarruf sağlamak mümkündür. Mevcut tek camlı pencerelerin hava dolgulu çift camlı

pencerelerle değiştirilmesiyle neredeyse % 50 oranında avantaj sağlanması mümkündür. Eğer havadan farklı gazlarla dolgulu pencere üniteleri kullanılırsa da bu oran % 85'lere çıkmaktadır.

- Çift camlı pencere ünitelerinin ilk maliyetleri tek camlı pencerelere oranla fazla olmasına rağmen ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarında sağlayacakları yüksek orandaki fayda ile kısa zamanda kendi kendilerini amorti edeceklerdir.
- Konutlarda tüketilen enerjinin çok büyük bir bölümü ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Enerji açısından büyük ölçüde dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye'de bu yolla tüketilen enerjinin bir bölümünün geri kazanılmasının ve tasarruf sağlanmasının kaçınılmaz olduğu gerçeği açığa çıkmıştır. Bu nedenle binaların daha tasarım aşamasındayken enerji etkin şekilde tasarlanmaları ve uygun yapı malzemeleriyle donatılmaları gerekmektedir. Bu sayede daha az yakıt tüketimiyle hem kullanım hayatı boyunca ev sahiplerine hem de ülke ekonomisine büyük kazançlar sağlanabilecektir.
- Camlar, yapı kabuğunda opak yüzeylere oranla ısı kayıplarına neredeyse 5 kat daha fazla maruz kalır. Bu nedenle kabuk elemanda öncelik pencere ve diğer saydam bileşenlerdeki ısıl iyileştirme ile enerji ihtiyaçlarında büyük oranda tasarruf sağlamak mümkün olacaktır.
- Elazığ yöresinde yeni yapılan binaların büyük bir bölümünde çift camlı pencere ünitesi kullanımı olduğu görülmektedir. Ancak eski binalarda da bu uygulamanın özendirilmesi veya zorunlu hale getirilmesi, hem yakıt tüketimindeki azalma ile konut sahiplerini hem de ülke ekonomisini olumlu etkileyecektir.
- Bu çalışma binanın ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının belirlenmesinde pencerelerin etkisinin görülmesi amacıyla yapılmıştır. Ancak bu değerlendirme yapılırken saydam elemanların tabii aydınlatmadaki etkinlikleri de göz önünde bulundurulursa, hem iklimlendirme hem de aydınlatma da optimum fayda sağlayacak bina alternatifleri ve cephe saydamlık oranları tespit edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Umaroğulları, F., 2001, Yapı Kabuğunda Cam Malzeme Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. Özgümüş, Ü., 2000, Anadolu Camcılığı, Pera Yayıncılık, İstanbul
3. Başer, B., 1999, Levha Cam Yapı Malzemelerinin Yapılarda Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Akyürek, Y., PEKİŞİK, G., 2001, Gelişim Mimarlık ve Cam, Şişecam-Camtaş Makale, <http://www.sisecam.com.tr/urunler/Duzcam/Makaleler/gelisim/gelisim>.-08.02.2006.
5. Akyürek, Y., 2001, Doğal Aydınlatmada Pencere ve Camın Önemi, Şişecam-Camtaş İnceleme, <http://www.sisecam.com.tr/urunler/Duzcam/Makaleler/aydinlatma>
6. Pekışık, G., 2000, Cam Yapı Kabuğu, Şişecam-Camtaş Makale, <http://www.sisecam.com.tr/urunler/Duzcam/Makaleler/camyapi/camyapi>.-08.02.2006
7. Roth, M.L., 2002, Mimarlığın Öyküsü, Kabalcı Yayınevi, İstanbul.
8. Kavak, K., Eylül 2005. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, DPT, Yayın No:2689.
9. Çetiner, İ., 2002, Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
10. Kasapoğlu, E., 2004, Sürdürülebilirlik Çerçevesinde Mekanda Yaşam Kalitesi, Best Dergisi, Sayı 42.
11. Çelebi, G., 2002, Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17, No:3,17-33.
12. Yolaçan, D., 2002, Yıllık Enerji Harcamalarının Azaltılmasını Hedefleyen Bina Dış Kabuğu Alternatiflerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Ak, F., 1993, Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Birimi Dizaynında Uygulanabilecek Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
14. Yılmaz, L., 1996, Pencere Tiplerinin Yapılardaki Enerji Tasarrufuna Katkısı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
15. Demirbilek, F.,N., 2001, Mimarlıkta Güneşten pasif Yöntemlerle Yararlanma ve Korunma; Dünyadan ve Türkiye’den Örnekler, Güneş Günü Sempozyum Bildirisi.
16. Ekinci, C. E., 2004, Bordo Kitap Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Elazığ
17. <http://www.alarko-carrier.com.tr/Dosya/YararliBilgiler/NeminOnemi>.-08.02.2006.
18. http://www.cevreorman.gov.tr/gurultu_00.htm-08.02.2006.
19. Toydemir, N., 1990, Cam Yapı Malzemeleri, İstanbul.

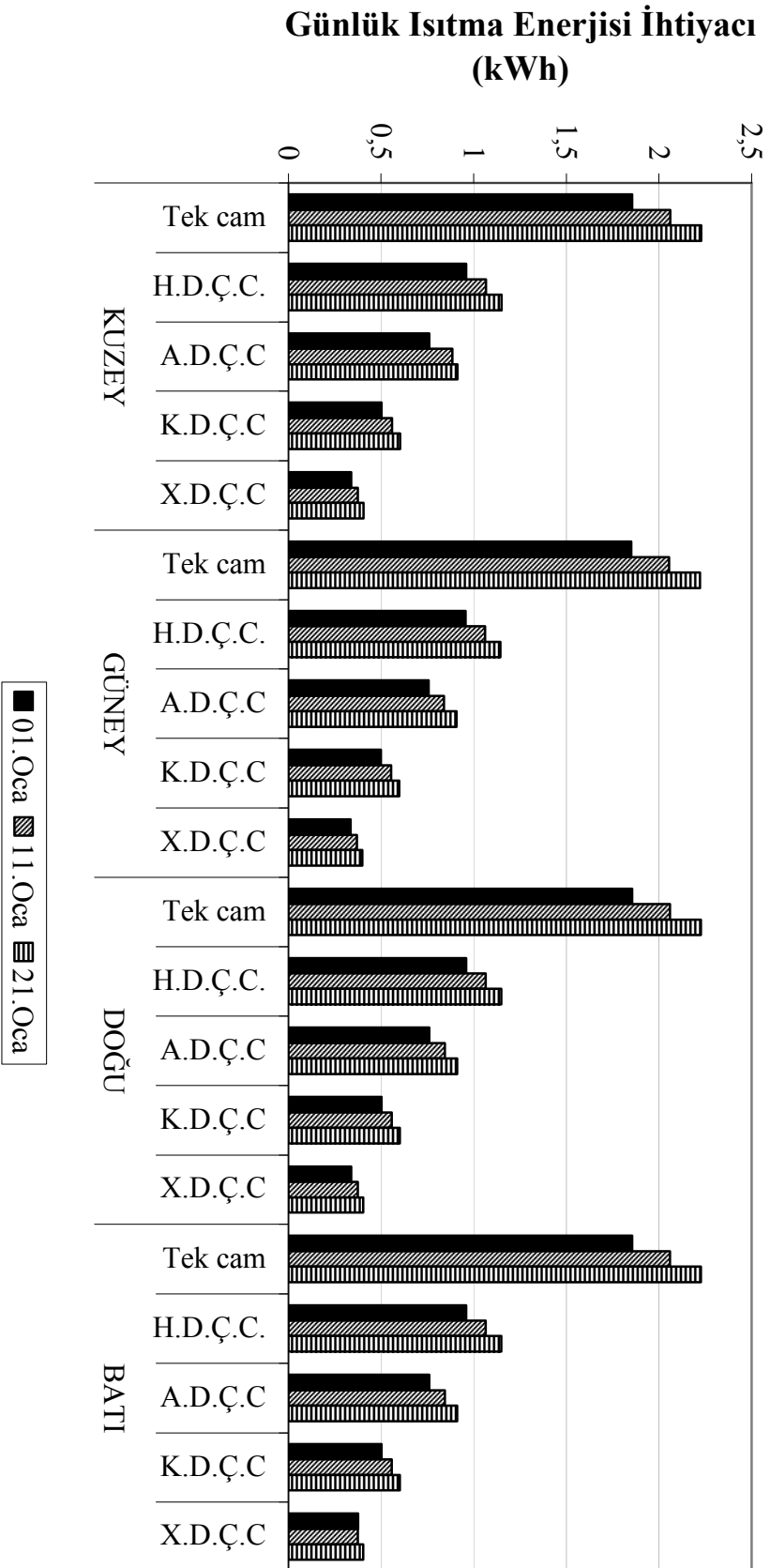
20. Marks, W., 1997, Multicriteria Optimisation of Shape of Energy-Saving Buildings, Building and Environment, vol.32-4, 331-339.
21. Bektaş, B., Aksoy, U.T., 2005, Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, No:3, 499-508.
22. <http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/gecmisten/tukenmez%20enerji>.-08.02.2006
23. Göksal, T., 1998, Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:1, Eskişehir.
24. Sözen, M.Ş., Geçioğlu, E., 1999, Mimaride Güneş Enerjisinden Etken ve Edilgen Yararlanmada Güneşlenme Durumları, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri.
25. Duffie, J.A, Beckman, W.A., 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, 2.nd edition, A Wiley-Interscience Publication, Canada.
26. Berköz, E, 1983, Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı, Profesörlük Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
27. Özel, M., 2003, Duvar Yüzeylerinde Periyodik Sıcaklık Değişimi Olan Binalarda Isı Kazanç ve Kayıplarını Minimum Yapacak Yöntemlerin Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
28. Yıldız, M., 1990, Determination of Solar Heat Gain Factors Through Glasses in Turkey, A Doctor of Philosophy Thesis, Middle East Technical University.
29. Aksoy, U.T., 2002, İklimsel Konfor Açısından Bina Yönlendirilmesi ve Bina Biçimlendirilmesinin Isıtma Maliyetine Etkisi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
30. Siegel, R., Howell, J., 2002, Thermal Radiation Heat Transfer, 4.th edition, Taylor & Francis Publication, New York.
31. <http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic>.-08.02.2006

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Saray’da doğdu. İlköğrenimini Doğubeyazıt ortaöğrenimini İskenderun’da tamamladı. 1998 yılında Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünü kazandı ve 2003 yılında bu bölümden mezun oldu. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı Yapı Tasarımı Eğitimi Bilim Dalında yüksek lisansa başladı. 2004 yılında aynı bölüme Araştırma Görevlisi olarak atandı.

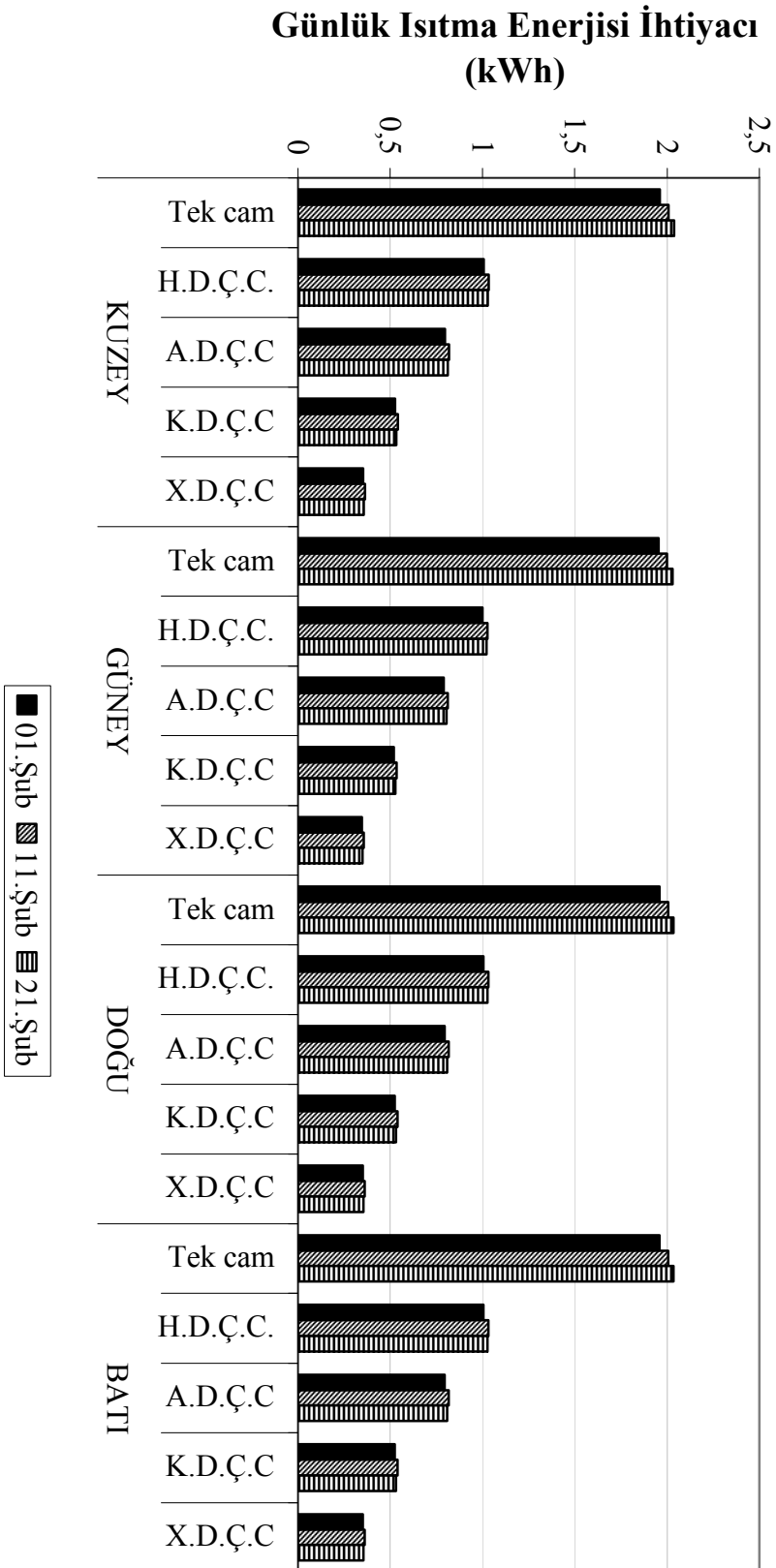
EK-1

Ocak



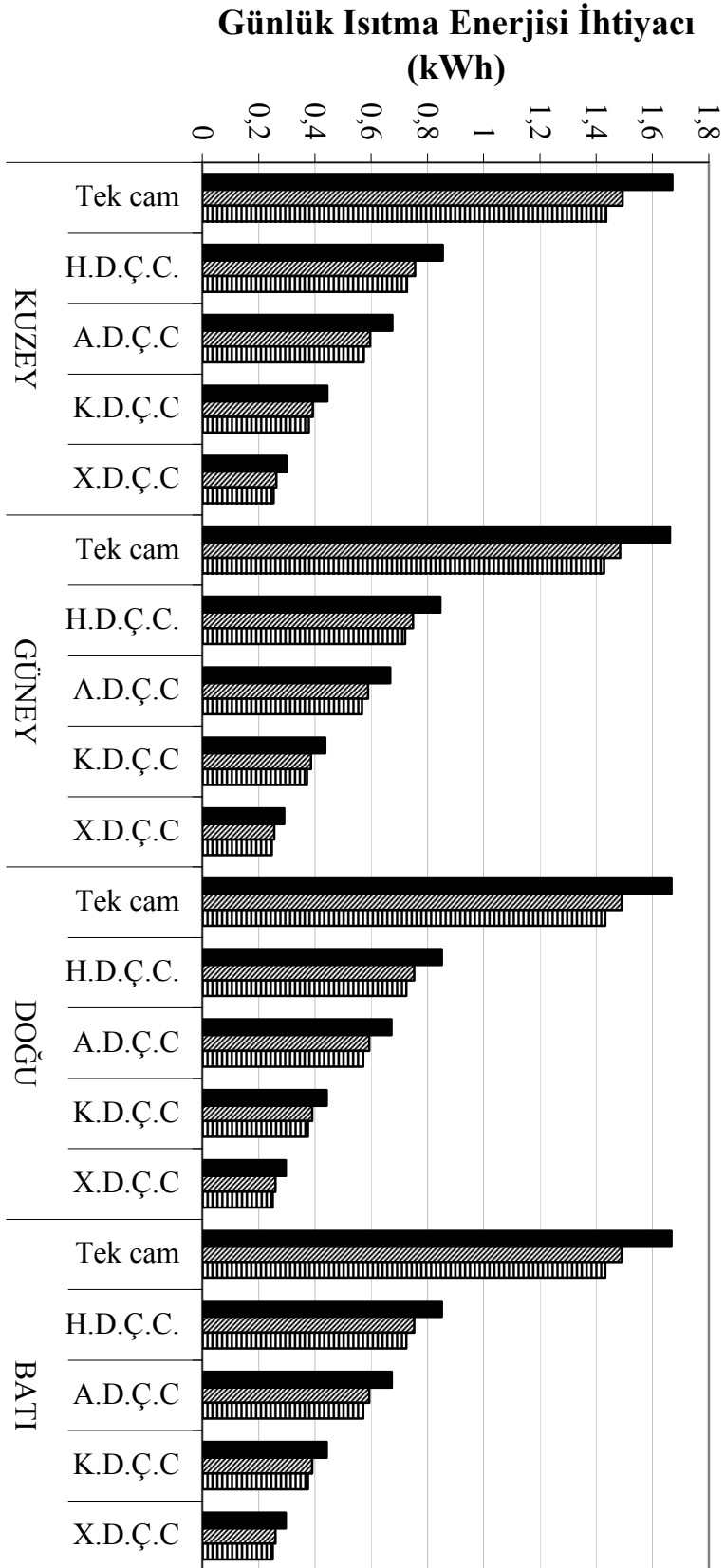
Şekil EK-1.1. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ocak ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Şubat



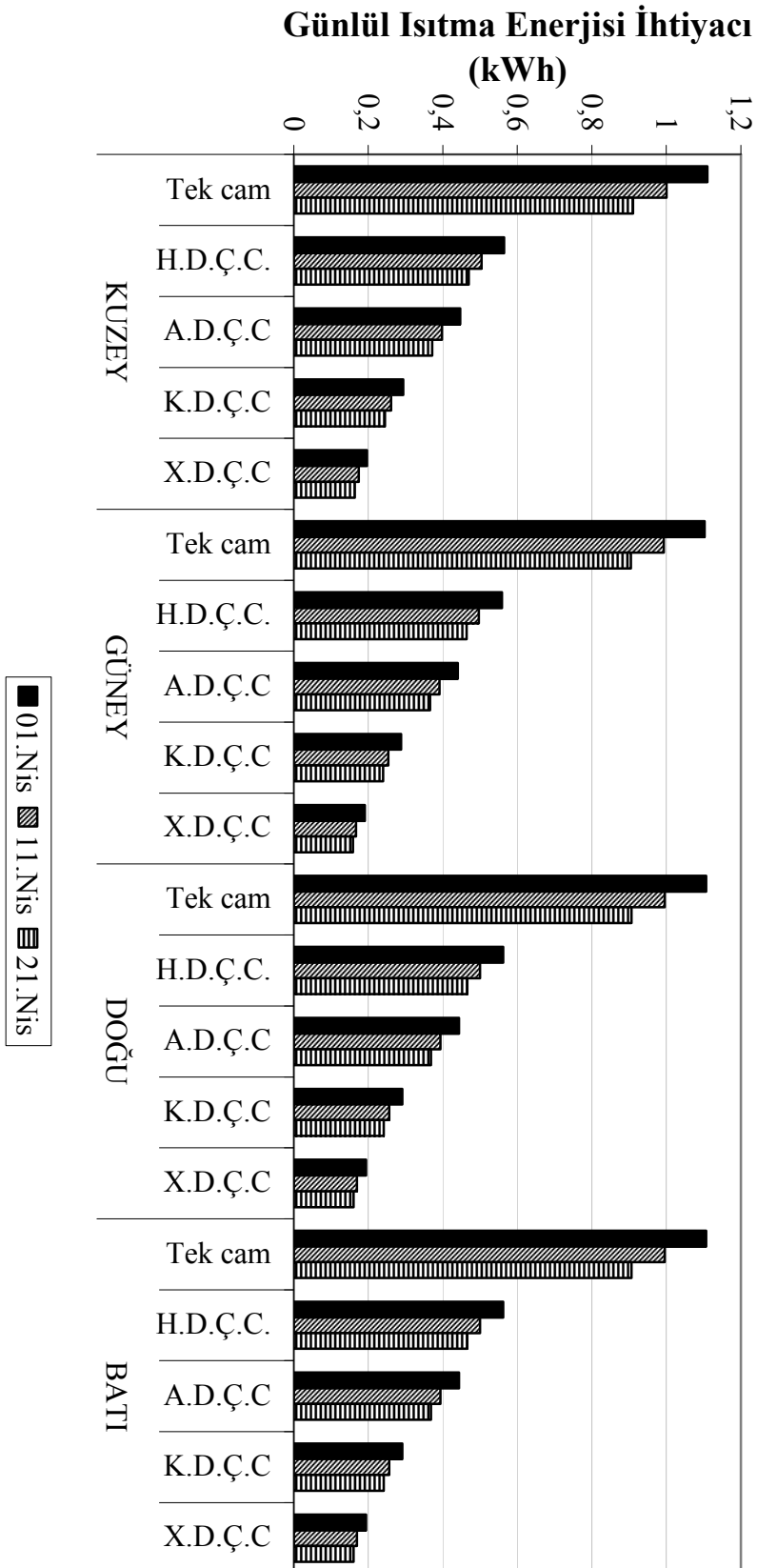
Şekil EK-1.2. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre şubat ayı karakteristik günlerinin pencereleden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Mart



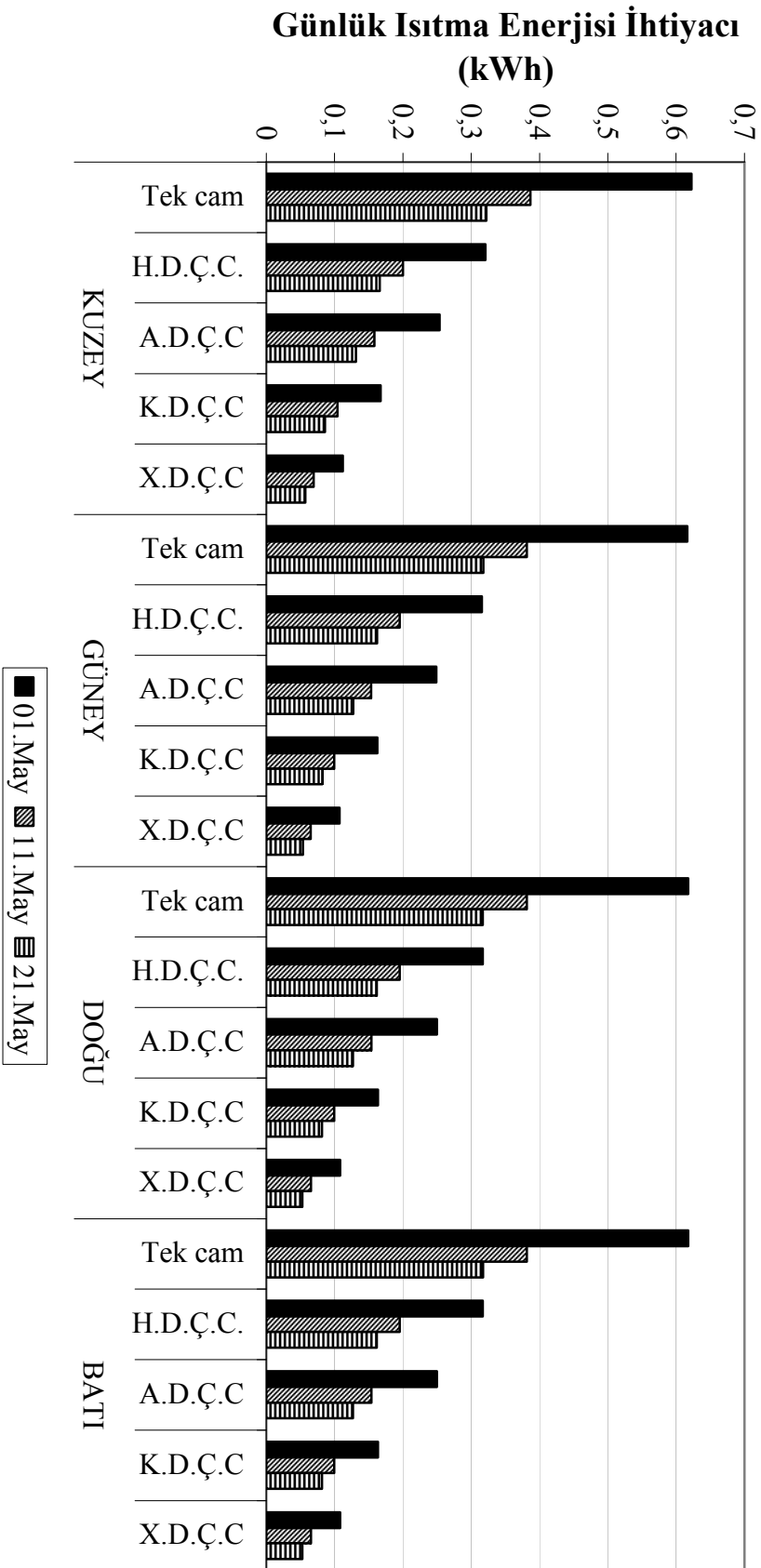
Şekil EK-1.3. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre mart ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Nisan



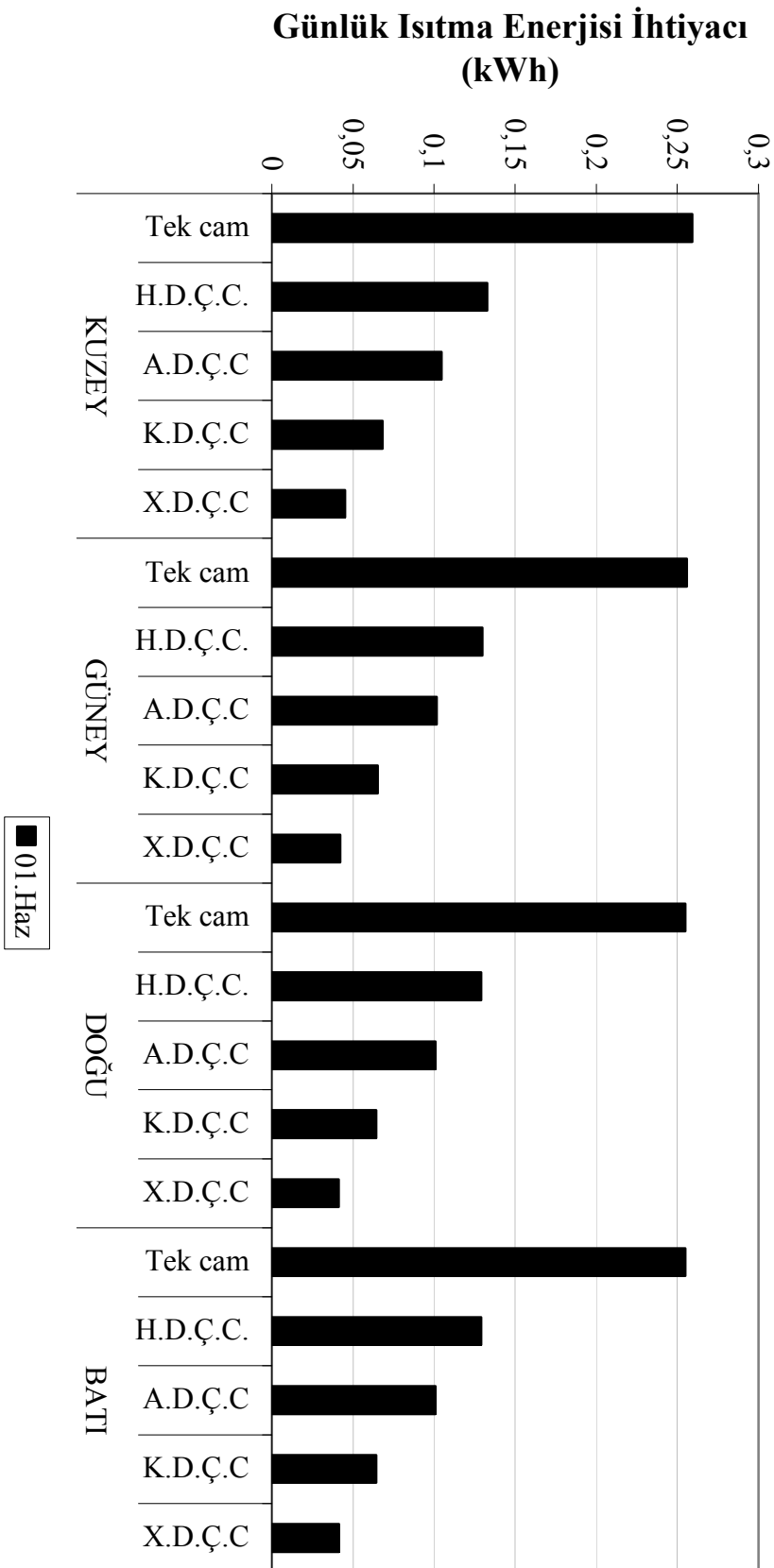
Şekil EK-1.4. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre nisan ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Mayıs



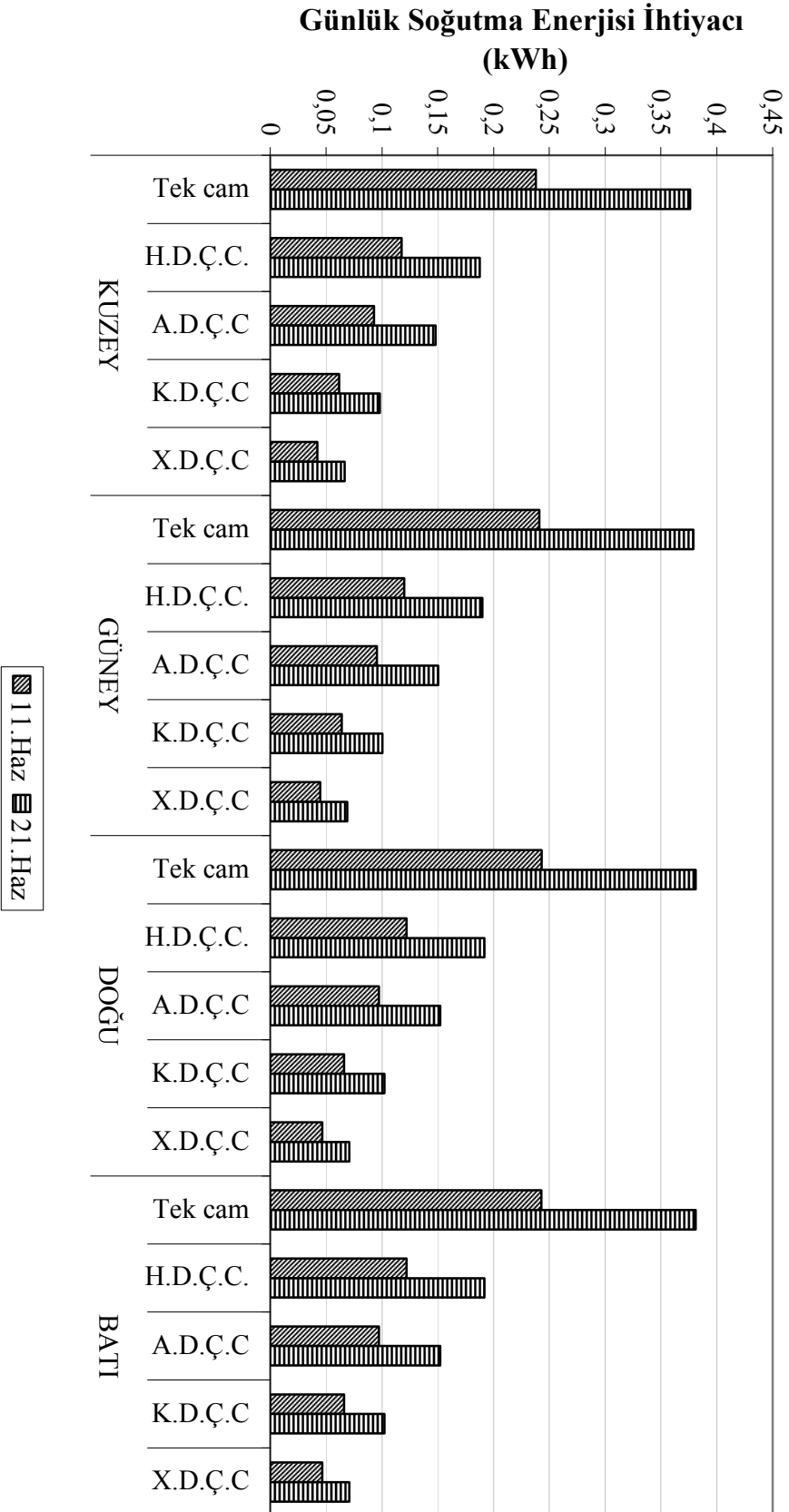
Şekil EK-1.5. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre mayıs ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Haziran



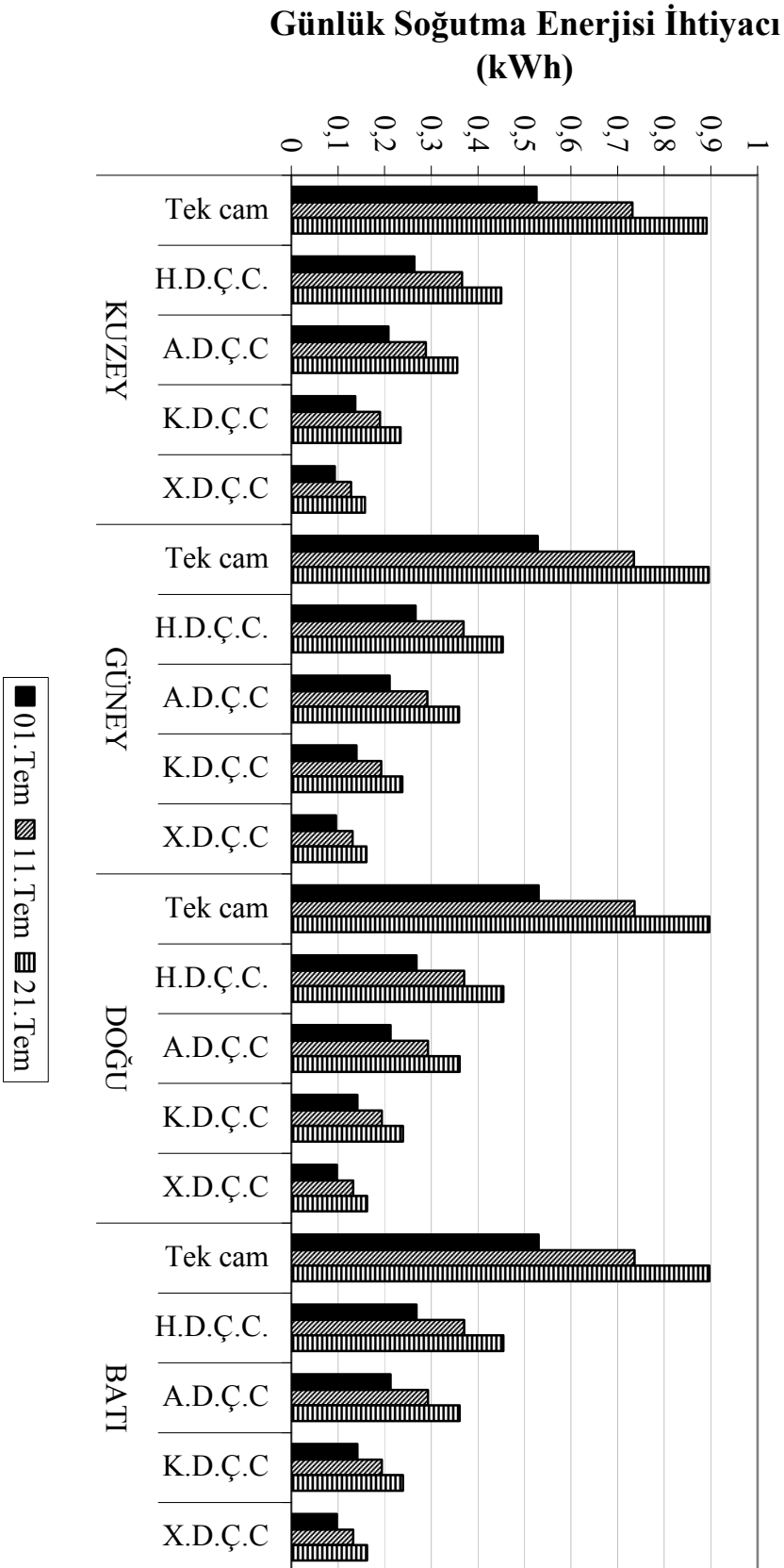
Şekil EK-1.6. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre haziran ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Haziran



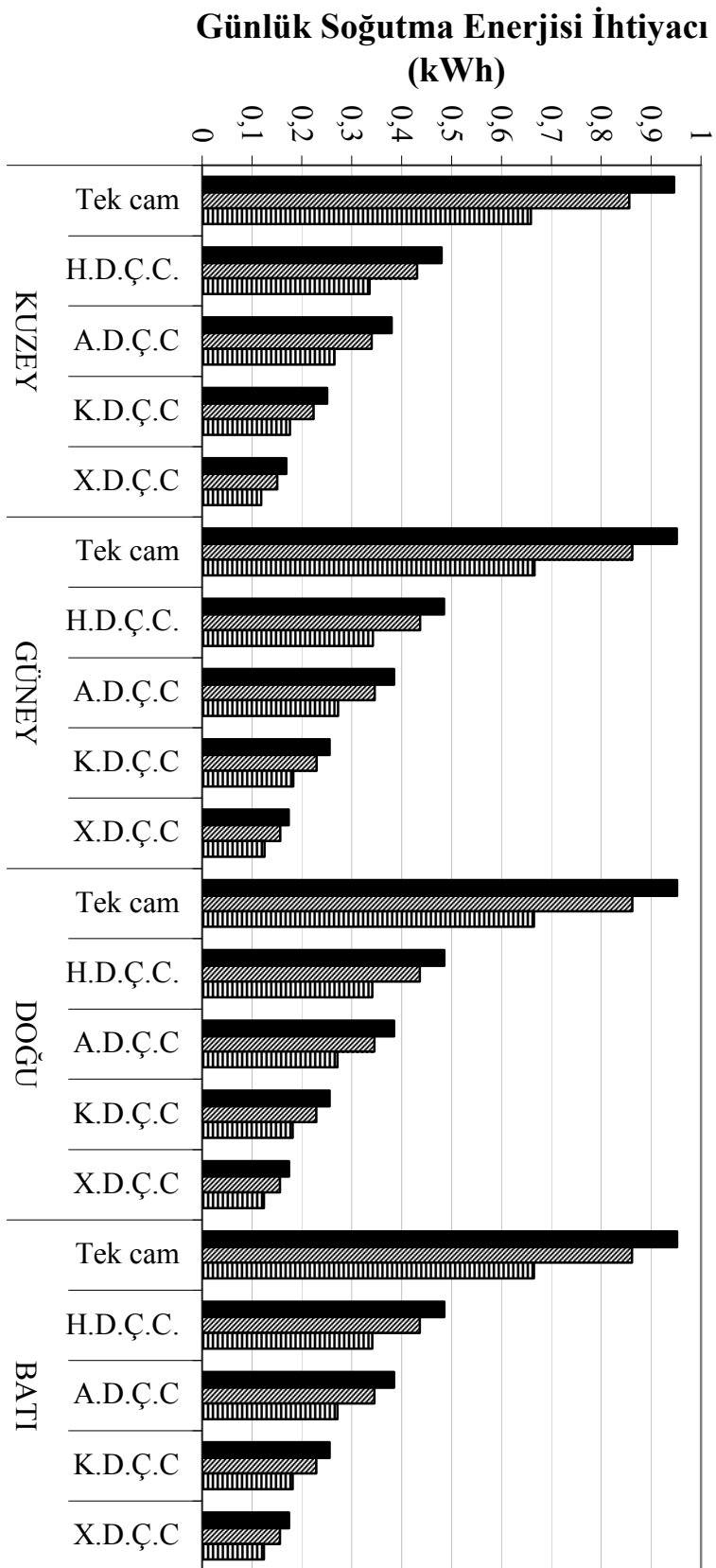
Şekil EK-1.7. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre haziran ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı

Temmuz



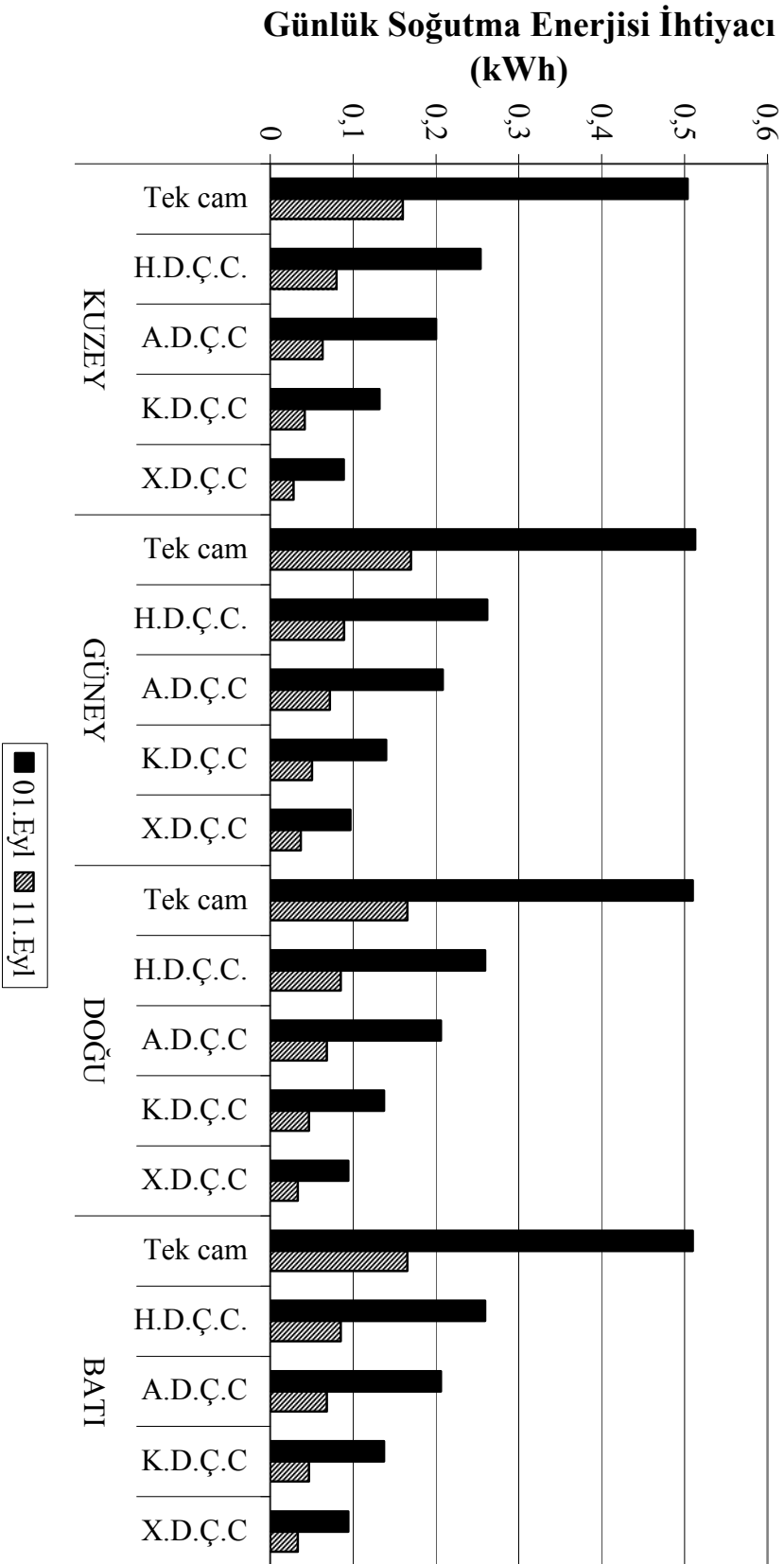
Şekil EK-1.8. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre temmuz ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı

Ağustos



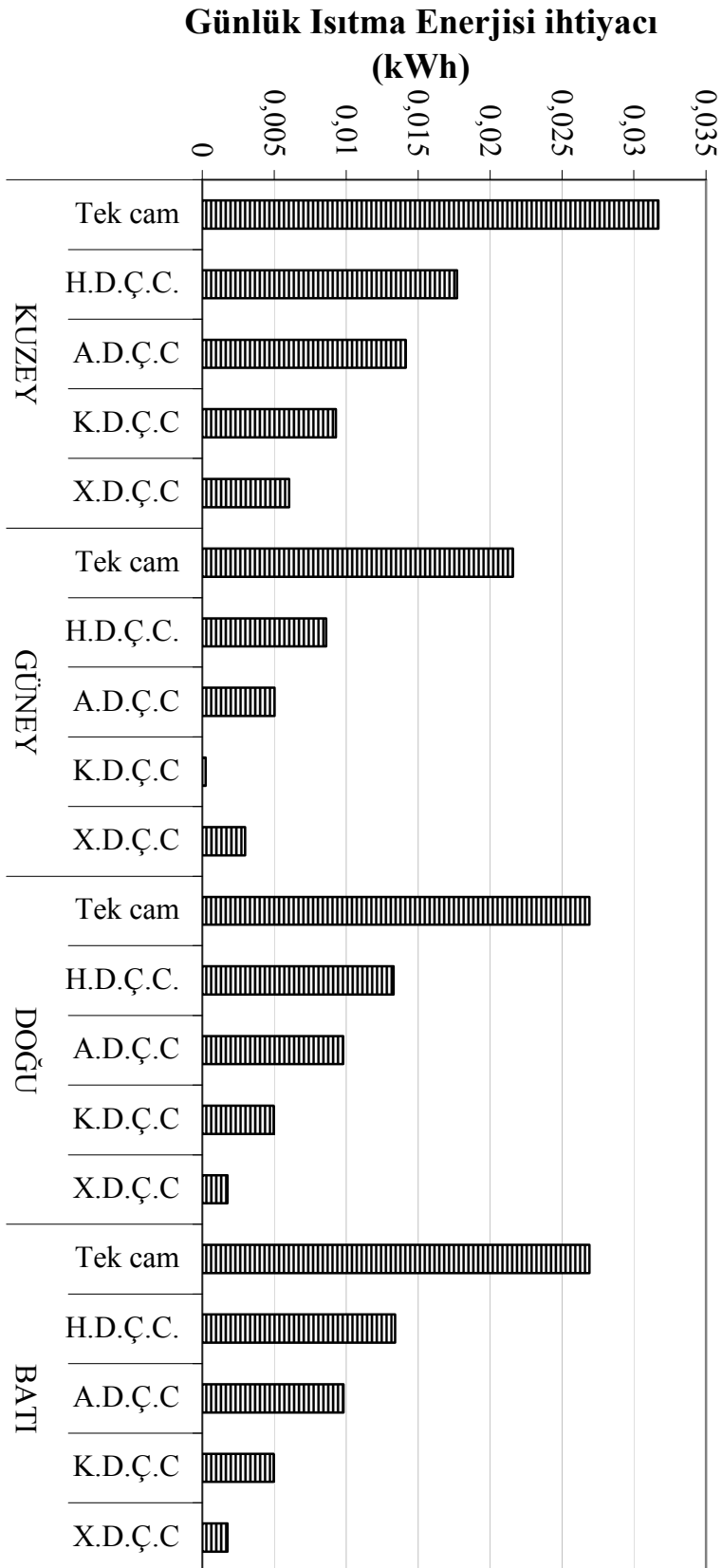
Şekil EK-1.9. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ağustos ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı

Eylül



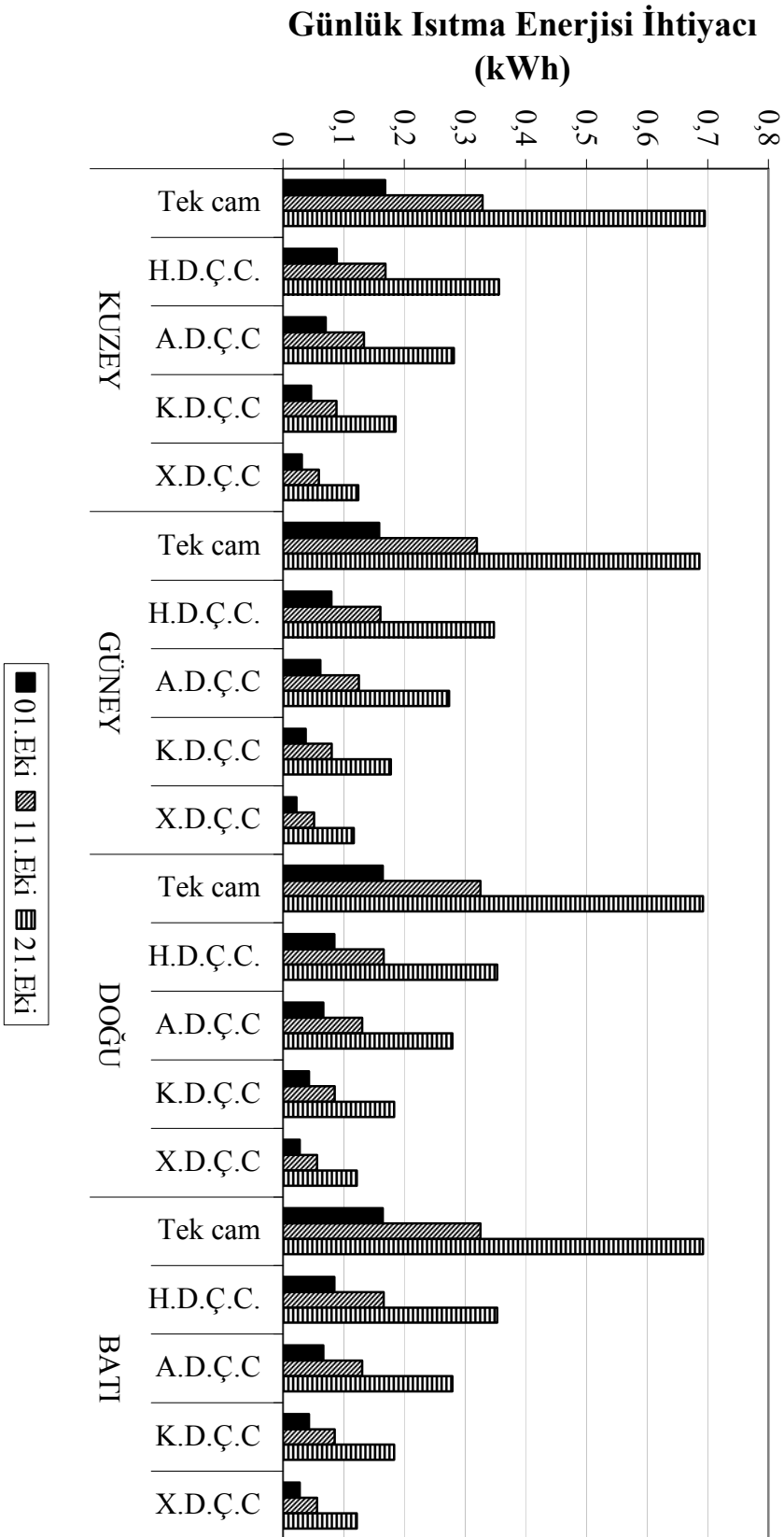
Şekil EK-1.10. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ocak ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan soğutma enerjisi ihtiyacı

Eylül



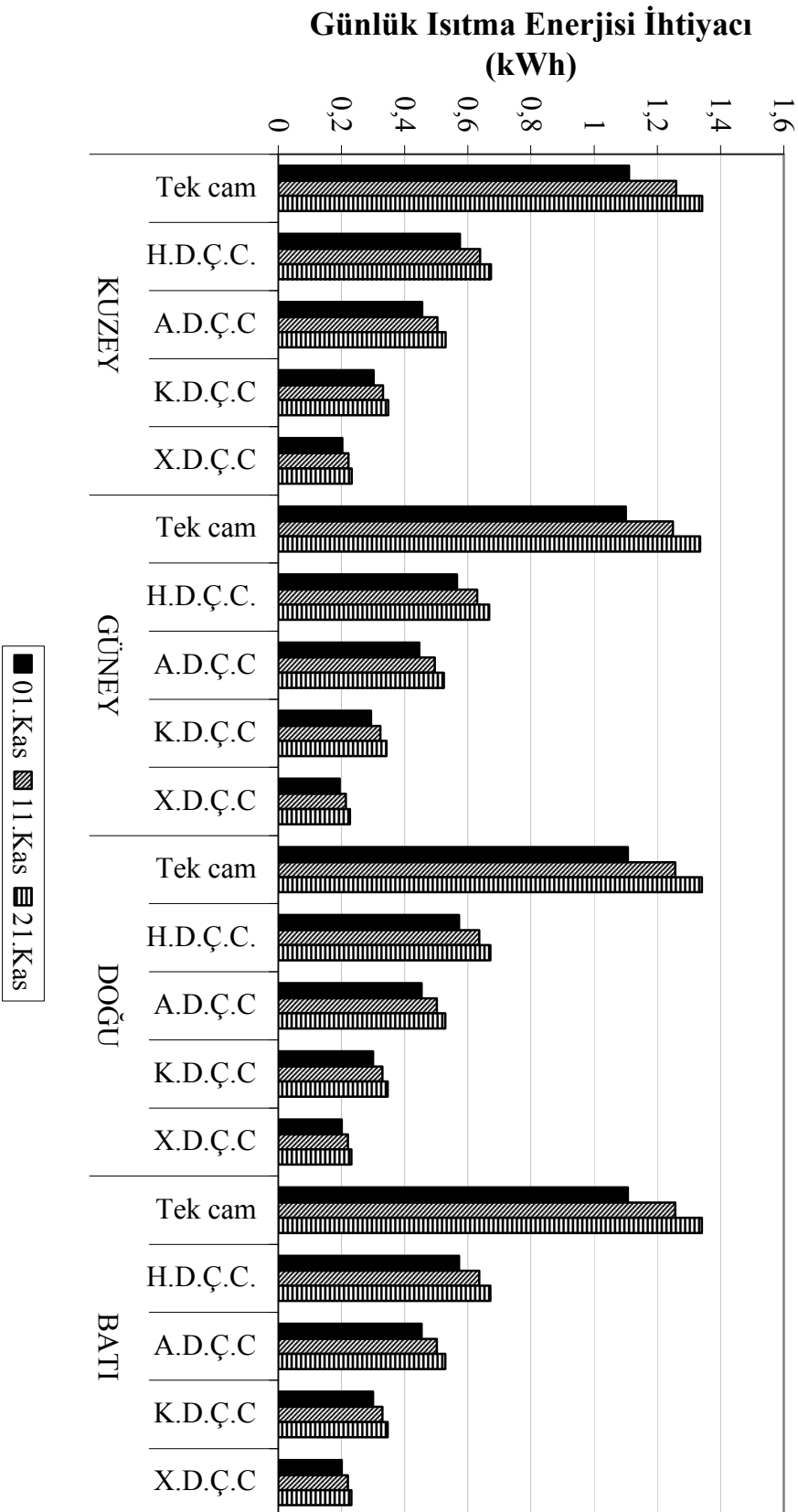
Şekil EK-1.11. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre eylül ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Ekim



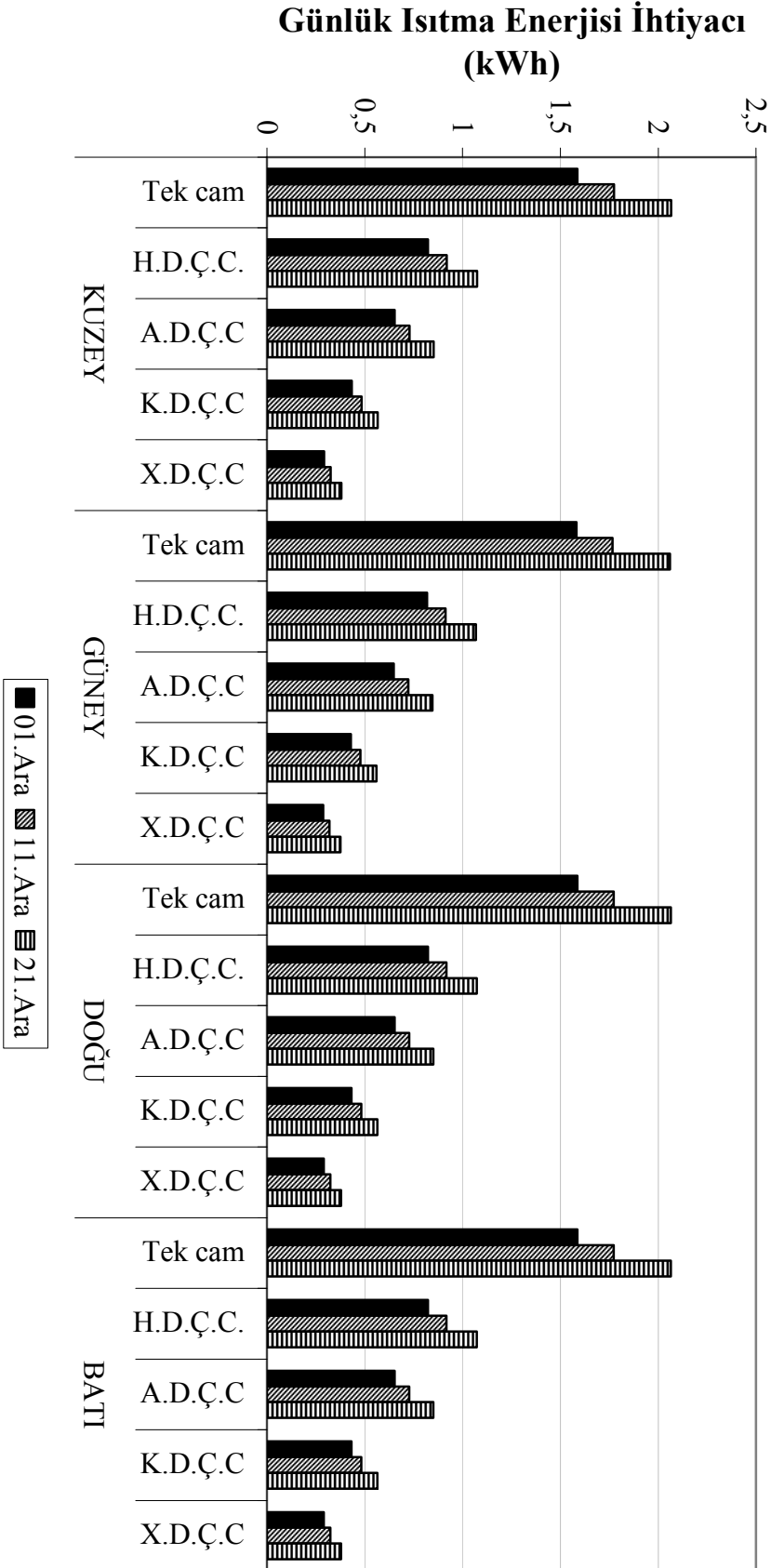
Şekil EK-1.12. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre ekim ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Kasım



Şekil EK-1.13. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre kasım ayı karakteristik günlerinin pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aralık



Şekil EK-1.14. Dört ana yön ve beş farklı cam türüne göre aralık ayı karakteristik günlerinin pencereleden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı

EK-2

BİLGİSAYAR PROGRAM

Tek cam, çift cam (hava dolgulu), çift cam (argon dolgulu), çift cam (kripton dolgulu), çift cam (xenon dolgulu) camların ışıınım kazancı ile ısı kayıp ve kazançlarını, Elazığ yöresinin 1995-2004 yılları arasındaki 10 yıllık sürecinin ortalama meteorolojik verilerini kullanarak saatlik olarak hesaplayan, MATLAB ortamında hazırlanan bilgisayar programı aşağıda verilmiştir. Hesaplamalar her ayın karakteristik günü olarak kabul edilen 1., 11. ve 21. günleri için yapılmıştır.

```
clear all
clc
% Güneye bakan duvar için,
for i=1:24;
    for k=1:36;
        beta=0;
        v(i)=(15*(i-12))* pi/180;
        aa=beta*pi/180;
        e=38.4*pi/180;
        bbb=90;
        bb=90*pi/180;
        de(k)=23.45*sin(360*((284+n(k))/365)*pi/180)*pi/180;
        rd1(i,k)=cos(de(k))*cos(e)*cos(bb)*cos(v(i))+cos(aa)*cos(de(k))*sin(e)*cos(v(i))*sin(bb)+sin(
aa)*cos(de(k))*sin(v(i))*sin(bb)+sin(de(i))*sin(e)*cos(bb)-sin(de(k))*cos(e)*sin(bb)*cos(aa);
        rd2(i,k)=(cos(e)*cos(de(k))*cos(v(i))+sin(e)*sin(de(k)));
        rd(i,k)=rd1(i,k)/rd2(i,k);
        if rd(i,k)>10;
            rd(i,k)=10;
        end
        if rd1(i,k)<0 ;
            rd(i,k)=0;
        end
        if rd(i,k)<0;
            rd(i,k)=0;
        end
        vs(i)=v(i)*180/pi;
        rr1=0.2;
```

```

s(k)=acos(-tan(de(k))*tan(e));
ss(k)=(s(k))*180/pi;
to(k)=2*ss(k)/15;
zz=1105;
Igs=1353;
f(k)=(1+0.033*cos((360*n(k)/365)*pi/180));
qo(k)=(24/pi)*Igs*f(k)*(cos(de(k))*cos(e)*sin(s(k))+s(k)*sin(de(k))*sin(e))*0.0036;
a(k)=0.103+0.000017*zz+0.198*cos(e-de(k));
b(k)=0.533-0.165*cos(e-de(k));
q(k)=qo(k)*(a(k)+b(k)*(t(k)/to(k)));
fl(i,k)=exp(-4*(1-abs(vs(i))/ss(k))^2);
rt(i,k)=(pi/(4*to(k)))*(cos(90*v(i)/ss(k))+(2/(sqrt(pi))*(1-fl(i,k))));
cc(i,k)=rt(i,k)*q(k);
if cc(i,k)<0;
cc(i,k)=0;
end
ry(i,k)=pi/24*(cos(v(i))-cos(s(k)))/(sin(s(k))-s(k)*cos(s(k)));
ky(i,k)=1.390-4.027*(q(k)/qo(k))+5.531*(q(k)/qo(k))^2-3.108*(q(k)/qo(k))^3;
qy(i,k)=ky(i,k)*q(k);
y(i,k)=ry(i,k)*qy(i,k);
if y(i,k)<0;
y(i,k)=0;
end;
dif(i,k)=cc(i,k)-y(i,k);
if dif(i,k)<0;
dif(i,k)=0;
end
Ied(i,k)=rd(i,k)*dif(i,k);%rd*Id
Iey(i,k)=y(i,k)*(1+cos(bb))/2;%Iy*(1+cos(b))/2
Iya(i,k)=cc(i,k)*rr1*(1-cos(bb))/2;
I(i,k)=Ied(i,k)+Iey(i,k)+Iya(i,k);
for k=1:36;
for i=1:24;
TI=20;
HI=6;

```

```

HO=HI+2.8+3*RU;
HA=5.56;
HN=1.526;
HL1=0.004;
HL2=0.004;
B=0.006;
L1=0.0273;
L2=0.01772;
L3=0.00949;
L4=0.00569;
HK=30;
DG=rd1;
YG=(59.68-0.1388*bbb+0.001497*bbb^2)*pi/180;
YAG=(90-0.5788*bbb+0.002693*bbb^2)*pi/180
AC1=sin(DG)/HN;
AC2=sin(YG)/HN;
TK1=asin(AC1);
TK2=asin(AC2);
C11=sin(DG-TK1);
C12=sin(YG-TK2);
C21=sin(DG+TK1);
C22=sin(YG+TK2);
C31=tan(DG-TK1);
C32=tan(YG-TK2);
C41=tan(DG+TK1);
C42=tan(YG+TK2);
R1(i,k)=((C11(i,k)^2/C21(i,k)^2)+(C31(i,k)^2/C41(i,k)^2))/2;
R2=(((C12)^2/(C22)^2)+((C32)^2/(C42)^2))/2;
HL11(i,k)=HL1/cos(TK1(i,k));
HL12(i,k)=HL2/cos(TK1(i,k));
HL22=HL2/cos(TK2);
HL31=HL1/cos(TK3);
A11=exp(-HK*HL11);
A12=exp(-HK*HL12);
A22=exp(-HK*HL22);

```

```

A31=exp(-HK*HL31);
GE11(i,k)=((1-R1(i,k))^2*A11(i,k))/(1-R1(i,k)^2*A11(i,k)^2);
GE12(i,k)=((1-R1(i,k))^2*A12(i,k))/(1-R1(i,k)^2*A12(i,k)^2);
GE22=((1-R2)^2*A22)/(1-(R2)^2*(A22)^2);
GE31=((1-R3)^2*A31)/(1-(R3)^2*(A31)^2);
YU11(i,k)=1-R1(i,k)-((1-R1(i,k))^2*A11(i,k))/(1-R1(i,k)*A11(i,k));
YU12(i,k)=1-R1(i,k)-((1-R1(i,k))^2*A12(i,k))/(1-R1(i,k)*A12(i,k));
YU21=1-R2-((1-R2)^2*A21)/(1-R2*A21);
YU31=1-R3-((1-R3)^2*A31)/(1-R3*A31);
YU32=1-R3-((1-R3)^2*A32)/(1-R3*A32);
YA11(i,k)=1-GE11(i,k)-YU11(i,k);
YA12(i,k)=1-GE12(i,k)-YU12(i,k);
YA22=1-GE22-YU22;
YA31=1-GE31-YU31;
U=1./((1./HI)+(1./HO));
GEE1=(GE11.*GE12)./(1-YA11.*YA12);
GEE2=(GE21.*GE22)./(1-YA21.*YA22);
YUU11=(1-(YA11+GE11)).*(1-YA12.*(YA11-GE11))./(1-YA11.*YA12);
YUU21=(1-(YA21+GE21)).*(1-YA22.*(YA21-GE21))./(1-YA21.*YA22);
YUU22=(1-(YA22+GE22)).*GE22./(1-YA21.*YA22);
YUU32=(1-(YA32+GE32)).*GE32./(1-YA31.*YA32);
U2=1./((1./HI)+(1./L3/B)+(1./HO));
%end
%if kks==1
end
FS=1;
Qi1=(FS.*GE11.*Ied+GE31.*Iey+GE21.*Iya)+(YU11.*Ied+YU31.*Iey+YU21.*Iya)./(1+(HO.
/HI))+U.*(TO'-TI);
%end
%if kks>1
Qi2=(FS.*GEE1.*Ied+GEE3.*Iey+GEE2.*Iya)+(FS.*YUU11.*Ied+YUU31.*Iey+YUU21.*Iya
).*U2./HO+(FS.*YUU12.*Ied+YUU32.*Iey+YUU22.*Iya.*U2.*(1./HO+1./HA)+U2.*(TO'-TI));
%end
AAA=sum(Qi1)
BBB=sum(Qi2)

```