

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA CEPHE EĞİMLİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru Yüksel

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU

Temmuz, 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA CEPHE EĞİMİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ebru YÜKSEL
(502161528)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU

Temmuz, 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502161528 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ebru YÜKSEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BİNALARDA CEPHE EĞİMİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 14 Temmuz 2020





Aileme ve sevgisini hissettiğim herkese,



ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, emek ve sabırları ile bu çalışmanın tamamlanmasına yardımcı olan çok değerli hocam Doç. Dr. Gülten Manioğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her daim sevgisini ve desteğini hissettiğim canım annem Nurhan Çağlar, biricik ablam Esra Yüksel'e; ihtiyacım olduğunda yardımların esirgemeyen sevgili arkadaşım Ahmet'e teşekkür ederim. Ayrıca eğitim hayatım boyunca bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Haziran 2020

Ebru Yüksel
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	3
1.2 Literatür Araştırması	4
1.3 Yöntem	5
2. BİNALARDA ISITMA VE SOĞUTMA ENERJİ YÜKLERİNİ ETKİLEYEN TASARIM DEĞİŞKENLERİ	7
2.1 Kullanıcıya İlişkin Parametreler.....	7
2.1.1 Aktivite düzeyi	8
2.1.2 Giysi Türü	9
2.2 Çevreye İlişkin Parametreler	10
2.2.1 Dış iklim elemanları	10
2.2.2 İç iklim elemanları	13
2.3 Binaya İlişkin Parametreler	17
2.3.1 Binanın yeri	17
2.3.2 Bina aralıkları	18
2.3.3 Binanın yönlendiriliş durumu	19
2.3.4 Bina formu ve cephe eğimi	20
2.3.5 Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleri.....	22
3. CEPHE EĞİMİ, GÜNEŞ IŞINIMI VE ENERJİ YÜKLERİ İLİŞKİSİ	27
3.1 Güneş ve Güneş Işınımı	27
3.2 Güneş Açıları.....	29
3.2.1 Temel güneş açıları	30
3.2.2 Türetilmiş yüzey-güneş açıları	32
3.2.3 Yüzeye ilişkin açılar.....	35
3.3 Eğimli Cephe Yüzeyine Gelen Toplam Güneş Işınımı ve Hesaplanması.....	37
3.3.1 Eğimli yüzeye gelen direkt güneş ışıınımı	38
3.3.2 Eğimli yüzeye gelen yaygın gök ışıınımı	39
3.3.3 Eğimli yüzeye gelen yansımış ışıınım.....	39
3.4 Türkiye’de Güneş Işınım Değerleri.....	40
4. BİNALARDA CEPHE EĞİMİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	45

4.1 Dış Çevreye Ait İklim Verilerinin Belirlenmesi	45
4.2 Binaya Ait Değişkenlerin Belirlenmesi	46
4.2.1 Değerlendirilecek bina formlarının oluşturulması	46
4.2.2 Binanın yerinin ve diğer binalara göre konumunun belirlenmesi	47
4.2.3 Binaların yönlendiriliş durumlarının belirlenmesi	49
4.2.4 Binanın mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerine ait değişkenlerin belirlenmesi	49
4.2.5 Binanın kullanımına ilişkin değişkenlerin belirlenmesi	50
4.2.6 Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi	51
4.2.7 Değerlendirilecek tek hacimli binalar için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması	53
4.2.8 İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerine ilişkin bulguların değerlendirilmesi	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR	93
EKLER	99
ÖZGEÇMİŞ	159

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
A/V	: Bina Toplam Dış Yüzey Alanı / Bina Hacmi
Bs, By	: Standart ve Yerel Boylam
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Clo	: Giysilerin Isı Geçirme Direnci Birimi
DM	: Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DOE	: U.S. Department of Energy
EPW	: Energyplus Weather
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GB	: Güneybatı
GBB	: Güneybatı Batı
GGB	: Güney Güneybatı
GD	: Güneydoğu
GDD	: Güneydoğu Doğu
GGD	: Güney Güneydoğu
GS	: Güneş Saati
IDF	: EnergyPlus Input Data File
ISO	: International Organization for Standardization
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KBB	: Kuzeybatı Batı
KKB	: Kuzey Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
KDD	: Kuzeydoğu Doğu
KKD	: Kuzey Kuzeydoğu
MET	: Metabolizma Düzeyi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MS	: Memleket (Standart Saat)

TSE : Türk Standardları Enstitüsü
XPS : Ekstrüde Polistren
ZD : Zaman Düzeltme Faktör



SEMBOLLER

β	: Cephe Eğim Açısı
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
W	: Watt
m	: Metre
m^2	: Metrekare
s	: Saniye
t_r	: Ortalama Işınımsal Sıcaklık
$t_1 \dots t_n$	: Yer değiştirme vektörü bileşenleri
$F_{(p-1)} \dots F_{(p-n)}$	: Yüzeyler ile İnsanlar Arasındaki Açık Faktörleri
t_o	: Operatif Sıcaklık, $^{\circ}\text{C}$
t_a	: Hava Sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$
h_c	: Taşınım ile Isı Transferi Katsayısı, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
h_r	: Isısal Işınım ile Isı Transferi Katsayısı, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
a_o, a_c	: Opak ve Saydam Bileşenlerin Yutuculuk Katsayıları
r_o, r_c	: Opak ve Saydam Bileşenlerin Yansıtıcılık Katsayısı
τ_c	: Saydam Bileşenin Geçirgenlik Katsayısı
U	: Toplam Isı Geçirme Katsayısı, $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
α_i, α_d	: İç Ve Dış Yüzeysel Isıl İletkenlik Katsayısı, $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
$d_1, d_2, \dots, d_n$	: Opak Bileşeni Oluşturan Malzemelerin Kalınlıkları, m
$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$	: Opak Bileşeni Oluşturan Malzeme Isıl İletkenlik Katsayısı, $\text{W}/\text{m.K}$
ρ	: Yoğunluk
c	: Özgül Isı
p_c	: Isıl Kapasite
f	: Genlik Küçültme Faktörü
t_{oio}, t_{odo}	: Bileşenin İç Ve Dış Yüzey Sıcaklıklarının Günlük Ortalama Değerleri, $^{\circ}\text{C}$
t_{odm}, t_{oim}	: Bileşenin İç Ve Dış Yüzeylerindeki Maksimum Sıcaklık Değerleri
K	: Kelvin
I_T	: Yapı Yüzeyindeki Toplam Güneş Işınım Şiddeti, $\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
I_D	: Yapı Yüzeyindeki Direkt Güneş Işınım Şiddeti, $\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

I_d	: Yapı Yüzeyindeki Yaygın Güneş Işınım Şiddeti, Kcal/m ² .h
I_r	: Yapı Yüzeyine Çevresindeki Yüzeylerden Yansıyarak Gelen Güneş Işınımı Şiddeti, Kcal/m ² .h
ϕ	: Enlem Açısı
L	: Boylamı Açısı
ω	: Saat Açısı
δ	: Güneşin Deklinasyon-Sapma Açısı
n	: 1 Ocaktan İtibaren Gün Sayısı
ψ	: Zenit Açısı
α	: Güneş Yükseklik Açısı
γ	: Yüzey Azimut Açısı
θ	: Güneşin Geliş Açısı
α	: Güneş Yükseklik Açısı
γ_s	: Güneş Azimut Açısı
I_{TE}	: Toplam Güneş Işınımı Şiddeti
I_{De}	: Direkt Güneş Işınımı Şiddeti
I_{de}	: Yaygın Güneş Işınımı Şiddeti
I_{re}	: Yansıyan Güneş Işınımı Şiddeti
I_{DN}	: Güneş Işınlara Dik Olan Bir Yüzey Üzerindeki Direkt Güneş Radyasyonu (Kcal/m ² .h)
F_{ss}	: Yüzey İle Gök Arasındaki Açılı Faktörü
F_{sg}	: Eğimli Bir Yüzeyle Yer Arasındaki Açılı Faktörü
I_{DH}	: Yatay Yüzeydeki Direkt Güneş Işınım Şiddeti, Kcal/m ² .h
F_{sg}	: Eğimli Bir Yüzeyle Yer Arasındaki Açılı Faktörü
I_{dsH}	: Yatay Yüzeydeki Yaygın Gök Işınım Şiddeti, Kcal/m ² .h
ρ	: Yüzey Yansıtma Faktörü, Albedo
I_{DH}	: Yatay Yüzeydeki Direkt Güneş Işınım Şiddeti, Kcal/m ² .h
F_{sg}	: Eğimli Bir Yüzeyle Yer Arasındaki Açılı Faktörü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Kullanıcılar için ısısal duyarlılık düzeyleri (Url-6).....	8
Çizelge 2.2: Farklı fiziksel aktivite türüne göre metabolik hızlar (TS EN ISO 7730).9	
Çizelge 2.3: Giysi türüne göre ısı yalıtım dirençleri (TS EN ISO 7730).	9
Çizelge 3.1: Farklı yüzeyler için yansıtma oranları (Duffie, Beckman, 2013).....	40
Çizelge 3.2: Güneş ışıınım miktarını etkileyen bileşenler ve etkileri.....	41
Çizelge 3.3: Çalışma için seçilen illerin yıllık ve aylık ortalama güneş ışıınım miktarı (Url-10).	43
Çizelge 4.1: Hacimlerin bulunduğu yerin konum bilgisi.....	47
Çizelge 4.2: Bina formu ve cephe eğimi.	48
Çizelge 4.3: Hafta içi ve hafta sonu hacimdeki kullanıcı sayısı ve aktivite düzeyleri.	50
Çizelge 4.4: Bina kabuğu katmanlaşma detayları.....	52
Çizelge 4.5: İstanbul ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri	55
Çizelge 4.6: İstanbul ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.	57
Çizelge 4.7: Diyarbakır ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.	61
Çizelge 4.8: Diyarbakır ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.	63
Çizelge 4.9: Ankara ili için cephe eğim açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.	67
Çizelge 4.10: Ankara ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.	69
Çizelge 4.11: Erzurum ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.	73
Çizelge 4.12: Erzurum ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının yaptığı açının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma enerji yükleri üzerindeki etkisi. ...	75
Çizelge 4.13: Antalya ili için cephe eğim açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.	79
Çizelge 4.14: Antalya ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının yaptığı açının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma enerji yükleri üzerindeki etkisi. ...	81
Çizelge 4.15: Farklı iller için cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yükünün gerçekleştiği açı ile dik (90°) cephenin karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan toplam ısıtma ve soğutma enerji yükü farkının kıyaslanması.	87
Çizelge A. 1: İstanbul ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	101
Çizelge A. 2: İstanbul ili için %30 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	101

Çizelge A. 3: İstanbul ili için %40 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	101
Çizelge A. 4: İstanbul ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	103
Çizelge A. 5: İstanbul ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	103
Çizelge A. 6: İstanbul ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	103
Çizelge A. 7: İstanbul ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	105
Çizelge A. 8: İstanbul ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	105
Çizelge B. 1: Diyarbakır ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	107
Çizelge B. 2: Diyarbakır ili için %30 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	107
Çizelge B. 3: Diyarbakır ili için %40 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	107
Çizelge B. 4: Diyarbakır ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	109
Çizelge B. 5: Diyarbakır ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	109
Çizelge B. 6: Diyarbakır ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	109
Çizelge B. 7: Diyarbakır ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	111
Çizelge B. 8: Diyarbakır ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	111
Çizelge C. 1: : Ankara ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	113
Çizelge C. 2: Ankara ili için %30 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	113
Çizelge C. 3: Ankara ili için %40 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	113
Çizelge C. 4: Ankara ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	115
Çizelge C. 5: Ankara ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	115
Çizelge C. 6: Ankara ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	115
Çizelge C. 7: Ankara ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	117
Çizelge C. 8: Ankara ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	117
Çizelge D. 1: Erzurum ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	119
Çizelge D. 2: Erzurum ili için %30 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	119
Çizelge D. 3: Erzurum ili için %40 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	119

Çizelge D. 4: Erzurum ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	121
Çizelge D. 5: Erzurum ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	121
Çizelge D. 6: Erzurum ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	121
Çizelge D. 7: Erzurum ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	123
Çizelge D. 8: Erzurum ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	123
Çizelge E. 1: Antalya ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	125
Çizelge E. 2: Antalya ili için %30 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	125
Çizelge E. 3: Antalya ili için %40 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	125
Çizelge E. 4: Antalya ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	127
Çizelge E. 5: Antalya ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	127
Çizelge E. 6: Antalya ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	127
Çizelge E. 7: Antalya ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	129
Çizelge E. 8: Antalya ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	129
Çizelge E. 1: Antalya ili için %20 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.	125
Çizelge F. 1: İstanbul ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.	131
Çizelge F. 2: Diyarbakır ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.	132
Çizelge F. 3: Ankara ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.	133
Çizelge F. 4: Erzurum ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.	134
Çizelge F. 5: Antalya ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.	135
Çizelge G. 1: İstanbul ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.	137
Çizelge G. 2: Diyarbakır ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.	138
Çizelge G. 3: Ankara ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.	139
Çizelge G. 4: Erzurum ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.	140
Çizelge G. 5: Antalya ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.	141

Çizelge H. 1: İstanbul ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.....	143
Çizelge H. 2: Diyarbakır ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.	145
Çizelge H. 3: Ankara ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.....	147
Çizelge H. 4: Erzurum ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.....	149
Çizelge H. 5: Antalya ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.....	151



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Eğimli cepheye sahip bazı yapılar: (a) Dallas Belediye Sarayı $\beta=124^\circ$. (b)Slovak Radyo Binası $\beta=130^\circ$ (c). Tokyo Big Sight $\beta=130^\circ$ (d). Hong Kong Yaratıcı Medya Tasarımı Üniversitesi.	2
Şekil 2.1: Türkiye iklim bölgeleri (Zeren ve diğ, 1980).	10
Şekil 2.2: 1970-2018 yılları arası Türkiye ortalama sıcaklık haritası ve çalışma için seçilen iller (Url-7).	12
Şekil 2.3: İklim bölgelerine göre ideal yerleşim şekilleri (Berköz ve diğ, 1995).	18
Şekil 2.4: İklim bölgelerine göre ideal yönlendiriliş durumları (Berköz ve diğ, 1987).	20
Şekil.2.5a: Planda ve kesitte bina formunun tasarlanması : (a) Girintili-çıkıntılı tasarım.	21
Şekil.2.5b: Planda ve kesitte bina formunun tasarlanması : (b) Yüzey eğimli tasarım..	22
Şekil 3.1: Elektromanyetik güneş spektrumu (Url-8).	28
Şekil 3.2: Güneş ışıınımı ve atmosferde aldığı yol (Berköz, 1983).	28
Şekil 3.3: Temel güneş açılarının gösterimi (Berköz, 1983).	30
Şekil 3.4: Denklinasyon açısının yıl içindeki değişimi (Kılıç ve Öztürk, 1983).	31
Şekil 3.5: Türetilmiş yüzey-güneş açılarının gösterimi (Ramsey, 2003).	32
Şekil 3.6: Güneş yükseklik açısı ve mevsimlere göre değişimi (Öztürk, 2008).	33
Şekil 3.7: Eğimli düzlemde oluşan güneş açıları (Öztürk, 2008).	36
Şekil 3.3.8: Güneş geliş açısı.	36
Şekil 3.9: Türkiye için yıllık global güneş ışıınım dağılımı ve çalışma için seçilen iller (Url-10).	42
Şekil 3.10: Türkiye için yıllık ortalama güneş ışıınımı ve aylık ortalama güneş ışıınımı (Url-10).	42
Şekil 4.1: Binanın boyutları ve cephe eğimi açısının gösterimi.	46
Şekil 4.2: Tek hacimli binanın yönlendiriliş durumunun gösterimi.	49
Şekil 4.3: EnergyPlus™ Hesaplama Ara yüzü (IDF Editör).	53
Şekil 4.4: SketcUp bina modeli ve eklentisi OpenStudio ara yüzü.	54
Şekil I. 1: İstanbul ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.	153
Şekil I. 2: Diyarbakır ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.	154
Şekil I. 3: Ankara ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.	155
Şekil I. 4: Erzurum ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.	156

Şekil I.5: Antalya ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması. 157



BİNALARDA CEPHE EĞİMİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Dünyada enerji tüketimindeki hızlı artış sebebiyle enerji kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle, enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Tüm dünyada artan nüfus, sanayileşme ve kentleşmenin etkisiyle yeni yapılan binaların sayısı çoğalmakta ve buna bağlı olarak binalar için harcanan enerji miktarı da artmaktadır. Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı konfor koşullarını sağlamaya yönelik olan ısıtma ve soğutma gereksinimlerine ait harcamalardır. Enerji tüketiminin oldukça fazla olduğu inşaat sektöründe binalarda enerji etkinliğinin sağlanması sürdürülebilir bir gelecek için gereklidir. Bu doğrultuda binanın ilk tasarım aşamasında, bulunduğu iklim bölgesine bağlı olarak alınan enerji etkin tasarım kararları; iç konfor koşullarının iyileştirilmesine ve mekanik sistemlere duyulan ihtiyaçların azaltılmasına olanak sağlar.

Farklı iklim bölgelerinde ısıtma veya soğutma dönemlerinin öncelikli olmasına bağlı olarak iç konforun sağlanmasına yönelik gereksinimler değişmektedir. Kullanıcılar için gerekli olan konfor koşullarının, pasif sistemlerden mümkün olduğunca faydalanarak ve minimum enerji harcaması ile sağlanması, enerji etkin tasarım için öncelikli hedeflerdendir. Bu nedenle bina enerji performansını doğrudan etkileyen yerleşme dokusu, yönlenme, bina aralıkları, bina formu ve bina kabuğu gibi tasarım parametrelerinin iklimle uyumlu olacak şekilde belirlenmesi gereklidir. Bina formu, binanın, özellikle güneş ışınlamından faydalanma veya korunma düzeyini, belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bina formu; biçim faktörü, bina yüksekliği, çatı türü ve eğimi, cephe eğimi gibi geometrik değişkenlere bağlı olarak tanımlanır. Bina formunun geometrik değişkenlerinden olan cephe eğim açısının değişimi, saydam ve opak bileşenden oluşan bina kabuğuna gelen güneş ışınlamı miktarını değiştirerek binanın ısıtma ve soğutma yüklerini etkiler. Bina kabuğuna gelen güneş ışınlamıyla iç mekân pasif olarak ısıtılır ve mekânın ihtiyaç duyacağı ısıtma yükleri azalır. Ancak, soğutma istenilen dönemde, özellikle saydam bileşen etkisiyle bina kabuğuna gelen güneş ışınlamı aşırı ısınmaya sebep olabilir ve soğutma yüklerini artırır. Bu nedenle, iklim bölgesine göre, binalarda güneş ışınlamından yararlanma ve korunmada cephe eğimi ve saydamlık oranının yöne bağlı olarak optimizasyonu, enerji yüklerinin azaltılması açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan 5 il (İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya) için, A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı sabit olacak şekilde saydam bileşenin bulunduğu cephenin alanı sabitken, cephe eğim açısı değiştirilerek (9 farklı eğim derecesi) 9 farklı bina formu seçeneği üretilmiştir. Güneş ışınlamından kazanılan ısı miktarı bina cephesinin baktığı yönün bir fonksiyonu

olduğundan binanın yönlendiriliş durumu iç mekânda oluşan ısıtma ve soğutma yüklerini etkileyecektir. Bu nedenle, yönlendiriliş durumunun eğimli cepheye sahip binanın ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisinin incelenmesi için 16 farklı yönlendiriliş durumu belirlenmiştir. Bina kabuğun saydamlık oranı, bina kabuğundan geçen güneş ışınım miktarını dolayısıyla iç mekânda gerçekleşen iç hava sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkilidir. Ele alınan binada saydamlık oranı için 8 farklı saydamlık durumu belirlenmiştir. Oluşturulan, farklı cephe eğim açısı, yönlendiriliş durumuna ve saydamlık oranına sahip bina formlarının ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi, enerji simülasyon programı aracılığı saptanmıştır ve toplam yükleri azaltan uygun alternatiflerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümü olan giriş bölümünde; azalan enerji kaynaklarına değinilmiş ve artan enerji tüketiminin çevreye verdiği zararlar açıklanmıştır. Enerji tüketiminin büyük bir kısmının gerçekleştiği binaların enerji etkin olarak tasarlanmasının önemi üzerinde durulmuştur. Pasif tasarım parametrelerinden olan bina formunun geometrik bir özelliği olan cephe eğiminin bina yüklerine üzerine etkisi ve uygulama alanlarının değerlendirilmesine ait çalışmalar incelenmiştir. Cephe eğiminin, bina kabuğuna gelen direkt güneş ışınım miktarını değiştirerek binanın ısıtma ve soğutma yüklerini etkileyebileceği açıklanmıştır.

İkinci bölümde; binalarda cephe eğimine bağlı olarak ısıtma ve soğutma enerji yüklerini etkileyen tasarım değişkenleri, kullanıcıya ilişkin parametreler, çevreye ilişkin parametreler ve binaya ilişkin parametreler kapsamında üç ana başlıkta incelenmiştir. Çalışma için seçilen farklı iklim bölgelerine ait tüm değişkenler için güneş ışınımının ve bina formunun önemi vurgulanmıştır.

Üçüncü bölümde; yenilebilir bir kaynak olan güneşten binalarda yararlanma veya korunma ihtiyacını anlamak için güneş ışınımı ve güneş açıları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Binalarda cephe eğimin açısına bağlı olarak bina kabuğuna gelen toplam güneş ışınımının miktarının hesaplama bilgileri detaylı olarak verilmiştir. Çalışma için seçilen farklı iklim bölgelerinde bulunan 5 şehre ait yıllık güneş ışınımı dağılımları, yıllık ve aylık ortalama güneş ışınım miktarları karşılaştırılmıştır.

Dördüncü bölümde; Türkiye’de farklı iklim bölgelerinde bulunan iller için farklı cephe eğimlerine sahip binaların ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı sabit olacak şekilde, saydam bileşenin bulunduğu cephenin alanı sabit tutulup, cephe eğim açısı değiştirilerek (9 farklı eğim derecesi ile) 9 farklı bina formu oluşturulmuştur. Tek hacimden oluşan binada saydamlık oranı için 8, yönlendirme için ise 16 farklı seçenek önerilmiş ve hacimler EnergyPlusTM 9.0.1 adlı bina enerji simülasyon programı yardımıyla karşılatırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bina bileşenlerine ait toplam ısı geçirme katsayı değerleri ve bina kabuğu katmanlaşma detayları TS-825 ‘Bina Isı Yalıtım Kuralları’ Standardına göre tavsiye edilen U değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Ele alınan illeri için farklı yönlere yönlendirilmiş olan hacimde cephenin yer düzlemi ile yaptığı açıya bağlı olarak gerçekleşen ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri radar grafikler yardımıyla gösterilmiştir. En düşük toplam enerji yükünün gerçekleştiği cephe eğim açısı ile dik (90°) cephenin karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan toplam ısıtma ve soğutma enerji yükü farkı grafikler yardımıyla karşılatırmalı olarak açıklanmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan beşinci bölümde; farklı cephe eğimlerine sahip olan tek hacimli binaya ait ısıtma ve soğutma yüklerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Tasarım aşamasında, pasif tasarım kriterlerinden olan bina formunun geometrik bir özelliği

olan cephe eğimi ile toplam enerji yüklerinin azaltılabileceği ve değerlendirilen konunun daha kapsamlı çalışmalar ile desteklenmesiyle enerji etkinlik açısından daha detaylı verilere ulaşılabilceğı vurgulanmıştır.





EVALUATION OF THE EFFECT OF THE FACADE INCLINATION ON ENERGY LOADS IN BUILDINGS

SUMMARY

The available sources on the earth are diminishing day by day due to rapid increase of the total energy consumption at worldwide. As a result, the significance of energy saving projects is increased considerably. The rapid increase on population and industrial growth result in fast urbanization. Fast urbanization triggers the numbers of the newly constructed buildings that causes a higher demand on total energy consumption. The big portion of the energy consumption belongs to heating and cooling requirements to establish the required comfort standards in buildings. Energy efficient projects on buildings are required to offer a sustainable future since the construction sector takes a big pie from the total energy consumption. Therefore, the energy efficient design decisions based on climate regions have a significant importance on the improvement of internal comfort standards while reducing the necessity of mechanical systems at the initial design stage of a building.

The changing necessities to establish the demanded comfort standards in buildings are caused by asynchronous occurrence order of heating and cooling periods at different climate regions. One of the prior aim is benefiting from passive systems, and providing the possible minimum energy consumption during the design stage of a building while maintaining the comfort standards of the building users. As a result, Building settlement, building direction, gaps between adjacent buildings, form and facades of buildings are important parameters to evaluate energy consumption performance. Thus, the mentioned parameters should demonstrate a harmony with the climate of the subjected region. Building form is one of the significant parameters that defines the gained benefit from solar radiation or protection. Building form definition depends on geometric components such as form factor, building height, roof type and inclination, facade slope. A change on the facade inclination, which is a subset of the above-mentioned geometrical parameters for building form, changes the amount of the solar radiation on the building envelope -composed of transparent and opaque elements- that affects the cooling and heating loads. Solar radiation heats passively interior environment by reaching building envelope, and the amount of the heating loads are reduced as a consequence. However, solar radiation on building envelope can cause extreme solar gains and increases cooling loads with the effects of transparent elements during the cooling period. Therefore, optimization of facade inclination, transparency ratio and building direction by considering climate regions are important to reduce energy loads for gaining benefit from solar radiation or protection.

In this study, 9 different building form choices (with 9 different inclination angle) are proposed by changing facade inclination while keeping a constant facade area with a stable A/V - (total external facade/building volume)-ratio for 5 distinct provinces located in different climate regions in Turkey (İstanbul, Diyarbakir, Ankara, Erzurum, Antalya). Since, the direction of building facade is one of the major functions for the heat gained from solar radiation amount; the direction of a building will have significant effect on the heating and cooling loads at interior space of a building. Therefore, in this study, 16 different direction state is determined to evaluate heating and cooling loads by considering the effects of building direction for buildings with inclined facades. Transparency ratio of building envelope affects the transmitted solar radiation amount; thus, this ratio can be employed to measure interior air and surface temperature heat. 8 different transparency ratios are determined for the subjected building within this study. An energy simulation program is employed to demonstrate the changes on cooling and heating loads for different inclined facades, building directions and transparency ratios, and it is aimed to produce different alternatives for reducing total energy loads in buildings by using the above-mentioned parameters that are obtained from the energy simulations.

This study is composed of 5 main sections. In the first section, an evaluation on diminishing energy sources is presented, and subsequently, the harmful effects of increasing energy demand on environment are elaborated. The importance of an energy efficient building design is highlighted since conventional buildings are one of the biggest consumers of energy supply. The existing studies on facade inclination angle-which is a geometrical feature of building form and it is a passive design parameter- are summarized, and application fields of this parameter are demonstrated in Section1.

It is explained that the slope of the facade can adjust the heating and cooling loads of the building by changing the amount of direct solar radiation coming to the building envelope.

In Section 2, subsections are divided into 3 parts, to present different parameters in which are effective on facade inclination of a building. These parameters are as the following: i) consumer-related, ii) environmental-related iii) building-related ones. The importance of solar radiation and building form for all variables of different climate regions selected for the study was emphasized.

In Section3, solar radiation and solar angles are explained in detail to understand the need of solar benefit or protection in buildings that caused from-a renewable source-the Sun. The calculation of total solar radiation amount that reaches building envelopes-in which depended on facade inclination angle on buildings-is given in detail. The annual solar radiation distributions and monthly solar radiation amounts are compared for the above-mentioned 5 provinces that are located on different climate regions in Section 3.

In Section 4, the effect of different inclined facades on heating and cooling loads of buildings are investigated for distinct provinces that are located on different climate regions in Turkey. 9 different building form choices (with 9 different inclination angle) are designed by differentiating facade inclination while preserving a constant facade area with a stable A/V - (total external facade/building volume)-ratio.

The analyses based on a single volume building are compared for 8 different transparency ratio choices, and these analyses are rerun for 16 different building directions by employing EnergyPlus TM 9.0.1 program for all simulations. Overall heat transfer coefficient values and building envelope details of the building components have been determined by taking into consideration the U values recommended according to TS-825 ' Thermal Insulation Requirements for Buildings Standard. The total heat loads based on the above-mentioned single volume building- that are calculated by considering the angle between the earth surface and building facade- are illustrated and compared by the graphs for different building directions on different provinces. In these graphs, the difference of total heating and cooling loads are indicated by comparing the inclination angle that causes the lowest total energy load and the oblique (90°) angle for the facade of the single volume building.

The last section of the study (Section5), the results of heating and cooling loads are evaluated for different inclination angles of the single volume building. It is demonstrated that facade inclination angle-which is a geometrical feature of building form and which is one of the passive design criteria be optimized during the design stage of a building to reduce total energy loads. The aforementioned design parameters are studied, and the employed examples for 5 distinct provinces for different climate areas are elaborated in more detail to contribute the state of the art in this research field within this study.



1. GİRİŞ

Günümüzde hızla tükenen doğal kaynaklar ve bu nedenle çevreye verilen zararın günden güne artması ile enerjinin etkin kullanılması kavramı giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu kaynaklardan özellikle fosil yakıtların aşırı tüketimi yakın bir gelecekte fosil yakıt rezervlerinin tükenmesine ve hava kirliliğine neden olacaktır. Fosil yakıtların kullanılması, atmosferde CO² gibi gazların artmasına ve sera etkisi ile atmosferin daha fazla ısınmasına ve sonuç olarak da küresel ısınmaya yol açmaktadır. Bu durum iklim değişikliklerine yol açarak iç iklimsel koşulların sağlanabilmesi için çok daha fazla enerji tüketimine gereksinim duyulmasına yol açmaktadır. Ayrıca aşırı yapılaşma ve yanlış kentleşme ile şehirlerin birer ısı adasına dönüşmesi, enerji yüklerini özellikle de soğutma enerji yüklerini arttırmaktadır.

Binalar yaşam döngüleri boyunca, dünyadaki tüketilen enerjinin yaklaşık %45-50'sini kullanmaktadır (Yılmaz, 2006). Türkiye'de ise bu oran yaklaşık %30 civarındadır (Özyurt ve Karabalık, 2009; Kavak 2005). Enerji harcamalarının büyük bir kısmını oluşturan konutlar ve ticari binaların sayısı ülkemizde giderek artmaktadır. Türkiye kullanılan enerjinin %70'ini ithal edilmektedir ve gelecekte enerji ihtiyacının artması ile daha dışa bağımlı hale gelecektir. Bu nedenle, binalardaki enerjinin etkin kullanılmasıyla çevre kirliliği ve ekonomik problemlerin önlenmesi gereklidir (Yılmaz, 2007).

Enerji bilinci gelişmiş ülkelerde, enerjinin verimli kullanılması ile ilgili teknolojilerin gelişmesi ve uygulamalarının yaygınlaşması giderek artmaktadır. Ancak çoğu zaman bina tasarım aşamasında binanın enerji etkinliği ve iklimle dengeli tasarım ölçütlerine dikkat edilmemektedir. Bu durumda binalar iç iklimsel konfor koşullarını sağlamak için mekanik sistemlere bağlı hale gelerek aşırı enerji tüketmektedirler.

Toplam enerji tüketiminin büyük bir bölümünün binalarda tüketilmesi nedeniyle binalardaki enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Givoni, 1998). Binanın enerji performansını etkileyen tasarım parametrelerinden birisi de binanın formudur. Bina formu; biçim faktörü (bina cephesinin derinliğine

oranı), bina yüksekliği, çatı tipi (düz, beşik, kırma), döşeme türü (toprağa oturan döşeme, altı açık döşeme), çatı eğimi ve cephe eğimi gibi geometrik parametreler olarak sıralanabilir. (Berköz ve diğ, 1995). Sıcak iklim bölgelerinde, bina formunun plan düzleminde girintili ve çıkıntılı tasarlanması ya da kesit düzleminde cepheye eğim verilmesiyle bina kabuğuna gelen fazla güneş ışıyım miktarı azaltarak soğutma yüklerinin azalmasını sağlanabilir. Soğuk iklim bölgelerinde ise, bina formunu plan düzleminde ya da kesit düzleminde güneş ışıyımını maksimum alacak şekilde tasarlanmasıyla ısıtma yüklerinin azaltılması sağlanabilir. Bu nedenle, cephe eğiminin değişiminin bina yükleri üzerindeki etkisinin incelenmesi ve uygulama alanlarının değerlendirilmesi önemli bir konudur. Eğimli bir cephe, doğrudan güneş ışıyım miktarını değiştirerek binanın ısıtma ve soğutma yüklerini etkiler (Capeluto, 2003).

Gelişen inşaat teknolojileri sayesinde eğimli cepheli bina örnekleri dünyanın her tarafında bulunmaktadır. Dallas Belediye Sarayı (ABD), Slovak Radyo Binası (Slovakya), Tokyo Big Sight (Japonya) ve Hong Kong Yaratıcı Medya Tasarımı Üniversitesi (Hong Kong) gibi binalar eğimli cepheye sahip binalar olarak örnek verilebilir (Url-1). Şekil 1.1’de bu binalar ve cephe eğim açıları gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 1.1: Eğimli cepheye sahip bazı yapılar: (a) Dallas Belediye Sarayı $\beta=124^\circ$. (b)Slovak Radyo Binası $\beta=130^\circ$ (c). Tokyo Big Sight $\beta=130^\circ$ (d). Hong Kong Yaratıcı Medya Tasarımı Üniversitesi.

Dallas Belediye Sarayı (ABD), ünlü mimar I.M. Pei tarafından tasarlanmıştır. Ters piramit şeklinde cephe eğim açısı 124° olacak şekilde tasarlanan binanın yapımı 1978’de tamamlanmıştır. Binanın bu şekilde tasarlanmasının nedenleri; kamusal alanlar için üst katlardaki ofislerden daha az alana ihtiyaç duyulması ve binaya gelen fazla güneş ışınımının önlenmesidir (Url-2). Ters çevrilmiş bir piramit şeklindeki Slovak Radyo Binası, Bratislava’nın en ünlü mimari simgelerinden biridir. Stefan Svetko, Stefan Durkovic, Barnabas Kissling tarafından tasarlanmıştır. Cephe eğim açısı 130° olacak şekilde tasarlanan bina, herhangi bir enerji tasarrufu amacı gütmeyen sadece yapının kapladığı taban alanın azaltılması amacıyla bu şekilde tasarlanmıştır (Url-3). Yükseltilmiş 4 adet ters piramitten oluşan Japonya’nın en büyük kültür ve sergi merkezi olan Tokyo Big Sight binasının eğim açısı 130° ’dir (Url-4). Hong Kong Yaratıcı Medya Tasarımı Üniversitesi binası Daniel Libeskind tarafından tasarlanmış ve yapımı 2011’de tamamlanmıştır. Asimetrik pencereler ve eğimli cephe yüzeyleri ile güneş ışınımından maksimum faydalanmayı amaçlayan tasarımı ile yapı birçok çevreci yapı ödülü almıştır (Url-5). Bu binalarda olduğu gibi tasarımda işlevsellik, estetik veya enerji korunumu açısından eğimli cepheye sahip binalar günümüzde de inşa edilmektedir. Eğimli cepheye sahip binaların ısıtma ve soğutma enerji yükleri açısından iklim bölgelerine ve yönlere göre değerlendirilmesi enerji tüketimi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada farklı cephe eğim açılarına sahip bir binanın farklı iklim bölgelerine, saydamlık oranına ve yönlere göre yıllık ısıtma, soğutma ve toplam yükleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde bulunan iller için farklı cephe eğim açılarına sahip bir binada ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin belirlenerek karşılıklı olarak değerlendirilmesidir.

Çalışmada, farklı iklim bölgelerinde ele alınan tüm iller için, enerji yüklerinin azaltılmasını olanaklı kılan cephe eğimi, saydamlık oranı ve bina yönlendiriliş durumu kombinasyonunun bulunması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı sabit olacak şekilde, saydam bileşenin bulunduğu cephenin alanı sabitken, eğimi değiştirilerek (9 farklı eğim derecesi ile) 9 farklı bina formu seçeneği üretilmiştir. Ele alınan binada saydamlık oranı için 8, yönlendirme için ise 16 farklı durum belirlenmiştir. Oluşturulan, farklı cephe eğim ve yönlendiriliş

durumuna sahip bina formlarının ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri üzerindeki etkisi, enerji simülasyon programı aracılığı ile sayısal karşılaştırma yoluyla saptanmıştır ve enerji yüklerini azaltan uygun alternatiflerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma ile ülkemizde giderek artan binalardaki enerji yüklerinin azaltılmasını sağlanarak, tasarımın erken aşamasında alınan enerji etkin tasarım kriterlerinin önemini vurgulanmaktadır. Farklı iklim bölgelerinde güneş ışınlamından yararlanma ya da korunma durumuna göre belirlenen cephe eğimi, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumunun belirlenmesinde öncülük edecek bir çalışma olması hedeflenmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

Berköz (1977), Eğimli Yüzeyleri Etkileyen Güneş Radyasyonu Şiddetinin Hesaplanmasında Kullanılabilecek Grafik Bir Yöntem adlı doktora tezinde eğimli yapı yüzeylerine gelen güneş ışınlam hesabı ile ilgili bir yöntem geliştirmiştir (Berköz, 1977).

Berköz (1983), Yapı Dizaynı ve Güneş Işınlamı adlı aynı zamanda tez olan kitabında günışığı hesap yöntemlerini açıklamıştır. Eğimli yüzeye gelen güneş ışınlam miktarını etkileyen faktörler açıklanmış ve formüle edilmiştir (Berköz, 1983).

Capeluto (2003), Kudüs'te bulunan İsrail Bankasının eğimli cepheye sahip olan binasının güneş enerjisinden yararlanma durumunu SustArc adlı simülasyon programında incelemiştir. Tüm yönlerde aynı eğime (40°) sahip cephe formunun çalışma sonucunda farklı yönler için farklı cephe eğimine sahip olması gerektiğini göstermiştir. Çalışma sonucunda güney yönü için ideal açı olarak 31°, batı ve doğu yönleri için 34° ve kuzey yönü için herhangi bir eğim verilmemesi gerektiğini bulmuştur. Capeluto çalışma sonucunda, bu cephe eğimleri ile bina fazla güneş ışınlamına maruz kalmayacağını ve binanın soğutma yüklerinde azalma meydana geleceğini ifade etmiştir (Capeluto, 2003).

Chan ve Chow (2014), Çin'in farklı iklim bölgesi için bir ofis binasının ideal cephe eğim açını bulmaya çalışmışlardır. 48 m x 48 m kare şeklindeki plana sahip ofis yapısını EnergyPlus adlı simülasyon programında modellemişlerdir. Farklı cephe açılarına sahip ofis yapısının farklı enerji yükleri olduğunu saptamışlardır. Çalışma sonucunda, enerji yüklerine göz önüne alınarak farklı iklim ve enlemde bulunan ofis

yapısının ideal cephe eğim açısının farklı olacağı sonucuna ulaşmışlardır (Chan ve Chow, 2014).

Zerefos ve diğerleri (2012), Yunanistan'ın Atina şehrinde bulunan ve çağdaş bir mimari ile tasarlanan Ulusal Doğal Hayatı Gözlemleme yapısı olarak kullanılan bir binayı ele almışlardır. Yapının güney ve batı cephelerinin eğimli olması durumu ile hiçbir cephesinde eğim olmaması durumu EnergyPlus adlı simülasyon programında modellenmiş ve sonrasında enerji yükleri karşılaştırılmıştır. Eğimli cepheye sahip modelin diğer seçenek ile karşılaştırıldığında enerji yüklerini azalttığı ortaya çıkmıştır. (Zerefos ve diğ, 2012).

Lavafpour ve diğerleri (2014), İngiltere'de iki farklı şehirde yaptıkları bir çalışmada küresel ısınma etkisiyle gelecek yıllarda sıcaklık artışlarının daha fazla olmasının beklenmesi nedeniyle, cephe eğimlerinin soğutma enerjisi yüklerinin azaltılmasına daha fazla katkı sağlayacağını tespit etmişlerdir (Lavafpour ve diğ, 2014).

Xin ve diğerleri (2013), tropikal iklime sahip Malezya'da bulunan ve Diamond Building ismi verilen binanın enerji etkinliğini araştırmışlardır. Bina 3. Devlet Enerji Verimliliği Konferansından sonra Putrajay şehrinde inşa edilmiştir. Binanın yer düzlemi ve cephe arasındaki açıları yöne bağlı olarak değişmektedir. Bu cephe eğimleri sayesinde soğutma enerji yükü %64 oranında azalmıştır (Xin ve diğ, 2013).

1.3 Yöntem

Çalışmada, tek hacimli bir binada, bina kabuğuna gelen güneş ışıınım miktarına bağlı olarak oluşan ısıtma soğutma ve toplam enerji yükleri incelenmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan iller için farklı cephe eğimlerine sahip binaların ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı 1,5 olacak şekilde, saydam bileşenin bulunduğu cephenin alanı sabit tutulup, eğimi değiştirilerek (9 farklı eğim derecesi ile) 9 farklı bina formu oluşturulmuştur. Tek hacimden oluşan binada saydamlık oranı için 8, yönlendirme için ise 16 farklı seçenek önerilmiştir.

Oluşturulan seçenekler EnergyPlus 9.0.1 adlı enerji simülasyon programı aracılığı ile modellenip, enerji simülasyonları yapılmıştır. Cephe eğimi, yönlendirme ve saydamlık oranı parametrelerinin değişiminin, farklı iklim bölgelerinde ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi tespiti için çalışmada

Türkiye’de farklı derece gün bölgelerini temsil eden 5 il (İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya) seçilmiştir. Enerji yüklerinin hesaplamalarında bu illere ait epw. (energy plus weather) formatındaki iklimsel veriler derlenip simülasyonlarda kullanılmıştır. Çalışmaya konu olan tek hacimli binada, bina kabuğu bileşenleri, TS-825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standardına göre farklı bölge derece gün illeri için tavsiye edilen maksimum toplam ısı geçirme katsayısı değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Yapılan hesaplamalar sonucu Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde yer alan tek hacimli binalar için enerji yükleri değerlendirilmiş, en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği hacimlerin cephe eğimi, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumu tespit edilmiştir. Ayrıca farklı yönlerde yönlendirilmiş olan hacimde cephenin yer düzlemi ile yaptığı açıya bağlı olarak en düşük toplam enerji yükünün gerçekleştiği açı ile dik (90°) cephenin karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan toplam ısıtma ve soğutma enerji yükü farkı karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. BİNALARDA ISITMA VE SOĞUTMA ENERJİ YÜKLERİNİ ETKİLEYEN TASARIM DEĞİŞKENLERİ

Binalar, kullanıcıları için fizyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel gereksinimlerini en uygun düzeyde sağlayan yapma çevreler olarak tasarlanması gereklidir. Bu yapma çevrede, insanın gündelik yaşantısını optimum şartlarda devam ettirebilmesi ve verimli bir yaşam sürdürebilmesi için de insanın iklimsel gereksinimlerinin karşılanması oldukça önemlidir (Manioğlu, 2002). İklimsel konfor durumu, insanın fizyolojik olarak çevresine en az düzeyde enerji harcayarak uyum sağladığı ve zihinsel açıdan çevresinden memnun olduğu ortam olarak tanımlanabilir. Bu yüzden, binadaki konfor koşulları birçok parametreye bağlıdır ve bu koşulların maksimum düzeyde olması hedeflenir (Berköz ve diğ, 1995).

Konut binalarındaki enerji yüklerini birçok dış değişken ve tasarım aşamasında alınan kararlar etkilemektedir. Bu enerji yüklerinin en az düzeyde gerçekleşmesi ve enerji etkin çözümler için konfor koşullarının saptanması tasarım sürecinin başlangıcıdır. Binalarda cephe eğimine bağlı olarak ısıtma ve soğutma enerji yüklerini etkileyen parametreler; kullanıcıya ilişkin parametreler, çevreye ilişkin parametreler ve binaya ilişkin parametreler olarak üç ana başlıkta sınıflandırılabilir.

2.1 Kullanıcıya İlişkin Parametreler

Kullanıcıların bulundukları yapma çevreyi iklimsel açıdan konforlu bulmaları; ırk, yaş, cinsiyet, aktivite, giysi türü gibi kullanıcı durumuna ilişkin parametrelere ve ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, kalp atışı, görülür terleme, ısıl duygu veya hissediş gibi fizyolojik parametrelere bağlıdır (Rosenlund, 2000; Koçlar Oral ve Manioğlu, 2005). Bu parametrelerden de anlaşılacağı üzere konfor kavramı kişiden kişiye değişen yani sübjektif bir olgudur. Ancak binalarda optimum konfor koşullarını oluşturabilmemiz için çoğunluğun kabul ettiği değerlendirme ölçütlerine ihtiyaç duyulur (Rosenlund, 2000). Çizelge 2.1’de Amerikan Tesisat Birliği tarafından geliştirilmiş Ashrae Standartlarına göre ısıl konfor koşullarını değerlendirmek için kullanılan düzeyler gösterilmektedir (Url-6).

Çizelge 2.1: Kullanıcılar için ısısal duyarlılık düzeyleri (Url-6).

Kullanıcılar İçin Isıl Konfor Düzeyleri		
	ASHRAE	Set (°C)
Çok Sıcak	7	34,5-37,5
Sıcak	6	30,0-34,5
Hafif Sıcak	5	25,6-30,0
Nötr	4	22,2-25,6
Hafif Soğuk	3	17,5-22,2
Soğuk	2	14,5-17,5
Çok Soğuk	1	10,0-14,5

Isıl konfor düzeyleri değerlendirildiğinde, aşırı sıcak, sıcak ya da aşırı soğuk ve soğuk olması kullanıcıların hoşnutsuzluğuna neden olur. Bu durumu önlemek için insan ve yapma çevre arasında ısı dengesi sağlamamız gereklidir. Isıl denge ise iç ortamın çevresel değerlerine ve kişisel değişkenlere bağlıdır. Kişisel değişkenler aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1 Aktivite düzeyi

Aktivite düzeyi, insan vücudunun almış olduğu yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği enerji miktarını etkileyen önemli bir değişkendir ve metabolizma düzeyi ile doğrudan ilişkilidir (Manioğlu, 2002). Metabolizma düzeyi MET birimi ile ifade edilir. 1 MET, kişinin dinlenme halinde yaktığı enerji miktarıdır ve 58,2 W/m² değerindedir. Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi aktivite türüne göre metabolik hızlar da farklılık göstermektedir (TS EN ISO 7730). Isıl dengeye ulaşmak için insan vücudu, aktivite türüne bağlı olarak metabolizmanın ürettiği ısıyı kaybeder. İklimsel konfor insanın çevresiyle yaptığı ısı alışveriş miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu için yapma çevrede gerçekleşen aktivite düzeyi ısı konfor açısından oldukça önemlidir.

Aktivite düzeyi kişinin yaşına, cinsiyetine ve kütlesine göre değişiklik göstermektedir. Her eylem türü için her insan aynı ısıyı üretmez ve vücut sıcaklıkları farklılık gösterebilir. Bunun sonucunda hissettikleri hava sıcaklığı değerleri değişkenlik gösterir.

Çizelge 2.2: Farklı fiziksel aktivite türüne göre metabolik hızlar (TS EN ISO 7730).

Aktivite Türü	Ortalama Bir Yetişkin İçin Metabolizma Düzeyi (MET)
Yaslanma	0,8
Oturma	1,0
Durgun Aktivite (ev, ofis, okul vb.)	1,2
Ayakta durma, Hafif Aktivite (alışveriş, hafif sanayi vb.)	1,6
Ayakta durma, Orta Seviyede Aktivite (ev işi vb.)	2,0
Yürüme (2-5 km/h)	1,9-3,4
Dans Etme	2,4-4,4
Ağır Makine İş	3,5-4,5

2.1.2 Giysi Türü

Giysi türü sahip oldukları farklı ısı yalıtım direncine göre kullanıcı ile dış çevre arasındaki ısı transfer miktarını değiştirir. Bu nedenle ısı konfor koşulları açısından kullanıcıya ilişkin önemli bir parametredir. Giysi, fiziksel özelliklerine göre kullanıcısının dış çevredeki ısıdan ve yansıyan ısıdan daha az ya da daha çok etkilenmesini sağlayabilir. Gelişen teknoloji ile günümüzde farklı iklim koşulları dikkate alınarak ısı konforu sağlayan birçok giysi türü bulunmaktadır. Giysileri ortamdaki iklimsel koşullardan etkilenme düzeyleri yani ısı yalıtım dirençleri Clo birimi ile ifade edilir. 1 Clo yaklaşık olarak $0.155 \text{ m}^2 / \text{W}$ değerindedir. Farklı giysi türleri farklı yalıtım dirençlerine sahiptir ve Çizelge 2.3’de bunlardan bazıları gösterilmiştir (TS EN ISO 7730).

Çizelge 2.3: Giysi türüne göre ısı yalıtım dirençleri (TS EN ISO 7730).

Giysi Türü	Giysi Birimi Clo
Çıplak	0,0
Şort	0,1
Şort ve kısa kollu gömlek	0,4
Pantolon ve gömlek	0,5
Pantolon, gömlek ve ceket	1
Pantolon, gömlek, süveter ve ceket	1,3

kararlarını etkileyecek olan dış iklim elemanlarının, bölgelere bağlı olarak değişen değerlerinin bilinçli bir biçimde değerlendirilmesi enerji etkin tasarımın ilk adımı olarak kabul edilebilir.

2.2.1.1 Güneş ışıınımı

Atmosferden geçerek dünyaya ulaşan güneş ışıınları çevredeki yüzeylerin sıcaklığını artırarak sıcaklık değişimlerine neden olur. Sıcaklık değişimleri ise hava sıcaklığı ve hava hareketlerini oluşturur. Güneş ışıınımları atmosferde değişime uğrayarak yüzeylere direkt, yaygın ve yansımış ışıın olarak üç farklı şekilde ulaşmaktadır. Güneş ışıınım şiddeti; atmosfer koşulları, güneş sabiti, bulunulan yerin deniz yüzeyinden olan yüksekliği, güneşin yükseliş açısı, güneşin azimut açısı ve güneşin geliş açısına bağlı olarak değişmektedir (Berköz ve diğ., 1995). Bu çalışmada, 3. Bölüm kısmında güneş ışıınımı ve güneş açıları detaylı olarak açıklanmıştır.

Direkt güneş ışıınımı doğrusal olduğu için binanın formu, konumu, yönlendiriliş ve bina kabuğunun optik özelliklerine bağlı olarak iç ortamdaki güneş ışıınım kazancı ve konfor koşulları farklılık gösterecektir. Yaz aylarında yüksek sıcaklıklara bağlı olarak güneş ışıınım kazancı istenmemekte, kış aylarında ise güneş ışıınım kazancı ile iç ortam sıcaklığının yükselmesi istenmektedir. Bu nedenle, bina tasarım süreci, bulunulan iklim bölgesine bağlı olarak güneş ışıınımına gereksinim duyulması veya duyulmaması kriteri esas alınarak yürütülmelidir.

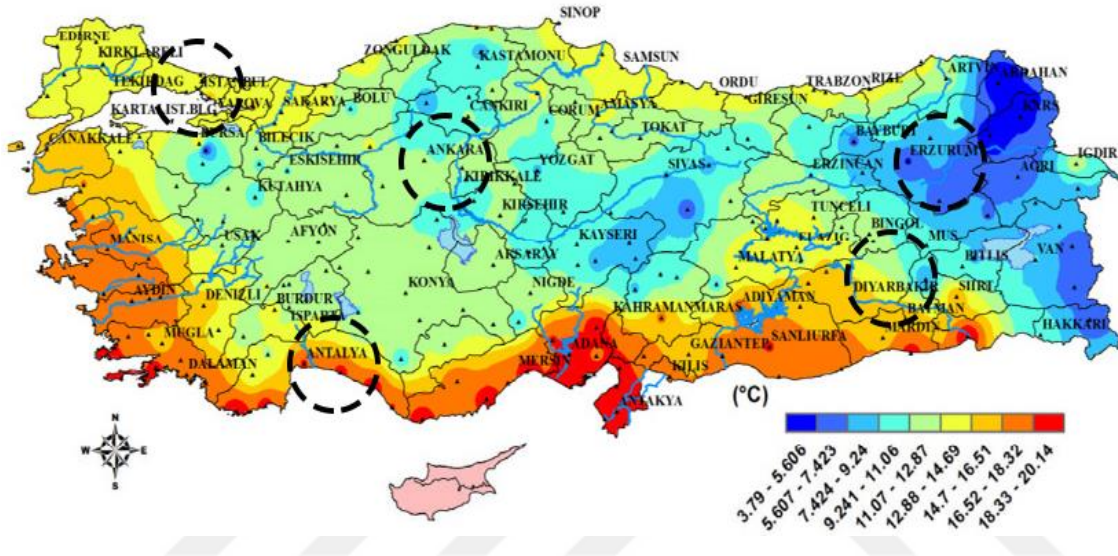
2.2.1.2 Dış hava sıcaklığı

Herhangi bir yerin topografik yapısı, yüksekliği, güneş ışıınımının geliş açısı, atmosfer koşulları ve deniz akıntısının yönü gibi dış değişkenlerin etkisiyle farklılık gösteren kuru termometre ile ölçülen hava sıcaklığına dış hava sıcaklığı olarak tanımlanabilir (Bekar, 2018; Manioğlu, 1995). Aynı enlemde bulunan yani güneşin geliş açısının aynı olduğu bölgelerde farklı sıcaklık değerleri ölçülebilmektedir. Bunun nedeni; atmosferik coğrafi koşulların farklılık göstermesi, hava hareketinin yönü ve hızının değişmesi olarak gösterilmektedir (Özdemir, 2005).

Açık atmosfer koşullarında direkt güneş ışıınım şiddeti daha fazla olacağı için günlük sıcaklık değişimleri daha fazla olurken, kapalı atmosfer koşullarında bulutların ışıınımları yutmasıyla günlük sıcaklık değişimi daha az olmaktadır. Dış hava sıcaklığının değişimi, bina kabuğunun yüzey sıcaklığını etkileyerek ısı akışı ile iç

ortamın sıcaklığını değiştirir ve doğrudan ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri üzerinde etkili olur.

Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde farklı sıcaklık dağılımlarının olduğu Şekil 2.2'de görülmektedir. Bu çalışma için Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinden seçilen iller haritada işaretlenmişlerdir. 1929-2018 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerine göre; İstanbul 14,4°C, Diyarbakır 15,8°C, Ankara 12,0°C, Erzurum 5,7°C ve Antalya 18,8°'dir (Url-7).



Şekil 2.2: 1970-2018 yılları arası Türkiye ortalama sıcaklık haritası ve çalışma için seçilen iller (Url-7).

2.2.1.3 Dış hava nemliliği

Belirli bir sıcaklıkta havada bulunan su miktarının buhar basıncı veya oran olarak ifade edilmesi dış hava nemliliği olarak tanımlanabilir. Sıcaklık, hava hareketi ve hava basıncına göre değişkenlik gösteren dış hava nem miktarı, hissedilen sıcaklığı doğrudan etkilemektedir (Goulding ve diğ, 1992). Bu sebeple iç mekân konfor koşullarını etkileyen önemli unsurlardan birisi olan nemin iç ortamda dengelenmesi gereklidir. Yüksek nem oranına sahip bölgelerde binaların ve yerleşimlerin havalandırmasına olanak verecek şekilde tasarlanması, düşük nem oranına sahip bölgelerde ise su öğeleri kullanılması önerilir (Berköz, 1969).

2.2.1.4 Dış hava hareketi

Yüksek basınç alanlarından düşük basınç alanlarına doğru hareket eden yatay yönlü hava hareketleri sonucunda rüzgâr oluşmaktadır. Hava hareketlerinin yönünü basınç

belirlerken, hava hareket hızını ise basınç farklılıkları belirlemektedir (Fountain, 1993).

Binalar ve yerleşmeler tasarlanırken, bölgedeki hâkim rüzgâr yönü ve şiddetinin bilinmesi tasarımda yapma çevrenin konfor koşullarının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde serinletici özellikleri olan rüzgârlarda yararlanılması gerekli iken, soğuk ve kuru bölgelerde iklimsel etkileri şiddetlendireceği için bu durumdan kaçınılmalıdır (Koçlar Oral, 2010).

Hava hareketi hızı ısı konforu etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Havanın hareket hızı, yüzey ile hava arasındaki ısı taşınım miktarını etkiler (Vellei ve diğ, 2017). Rüzgâr hızının artması ile hissedilen sıcaklık düşmektedir. Birim zamanda bina kabuğundan içeri giren hava miktarı rüzgâr hızına bağlı olarak değişmektedir. İç ortama giren hava miktarının artması mekândaki hava hızının ve hava değişim sayısını artırarak iç konfor koşullarını etkiler (Tanabe, 1988).

2.2.2 İç iklim elemanları

İç iklim elemanlarının değerlerinin, standartlar ve yönetmeliklerce belirlenmiş aralıklar içinde olması halinde kullanıcılar yapma çevrede konforda olabilirler. Bu değerlerin sağlanabilmesi için gereksinim duyulan enerji miktarı ise dış iklim elemanlarının değerleriyle doğrudan ilişkilidir Binalarda konfor koşullarını etkileyen iç iklim elemanları;

- İç hava sıcaklığı,
- İç yüzey sıcaklığı,
- İç hava nemi,
- İç hava hareketi,
- Ortalama ışınsal sıcaklık,
- Operatif sıcaklık

olarak sıralanabilir.

2.2.2.1 İç hava sıcaklığı

İç ortamdaki sıcaklığın kuru termometre ile ölçülmesi sonucu elde edilen değerdir. İnsanın vücut yüzey sıcaklığı ile çevre arasında taşınım ve ışınsım yoluyla gerçekleşen

ısı alış-verişi vücut sıcaklığı ile ortam sıcaklığı dengeleninceye dek devam eder (Manioğlu, 1995). İnsanın bir iç mekânda konforda olup olmadığını hissettiren en önemli unsurlardan birisi de iç ortam ile kurulan ısıl denge sonucu sağlanan vücut sıcaklığıdır.

İç hava sıcaklığı ayrıca konveksiyon yolu ile ısı dağılımını da etkiler. Bu nedenle, iç mekân çevre kalitesini ve kullanıcıyı performansını etkileyen önemli bir çevresel etken olduğu söylenebilir (Szokolay, 2014).

2.2.2.2 İç yüzey sıcaklığı

Bina kabuğunun iç yüzeyinde oluşan ve iç hava sıcaklık değerini etkileyen sıcaklık değeridir. Bina kabuğunun ısıl kütlesi ve iç ortama taşınan ısı miktarına göre iç yüzey sıcaklıkları değişkenlik gösterebilir. İç yüzey sıcaklığı ile iç ortamdaki sıcaklık farkının artması iç ortamda istenmeyen hava akımlarına neden olabilir. Bu hava hareketi, iç ortamdaki hava hızını da artırarak iç hava sıcaklığını düşürür ve bu durum kullanıcıyı konforsuz hissettirebilir (Zhang ve diğ, 2005). Ayrıca iç yüzey sıcaklığının düşük olması, bina elemanlarında küf oluşumuna neden olabilir (Givoni, 1969). Bu sebeple, iç ortamdaki konfor koşullarının sağlanabilmesi için iç yüzey sıcaklığı ile iç ortamdaki sıcaklığın arasındaki farkın belirli bir değerde olması gerekir.

2.2.2.3 İç hava nemliliği

İç ortamdaki nem, çoğunlukla bağıl nem ile ifade edilir ve ısıl konforu etkileyen önemli unsurlardan birisidir. İç ortamdaki nem değişimi, kullanıcıların solunum etkinliğinin azalmasına, vücut yüzeyinde terleme ile vücut sıcaklığının değişmesine ve boğaz tahrişlerine neden olabilir (Rahle, 2006). İç ortamlardaki buharlaşma dış ortamlara göre daha fazladır ve bu fazla buhar iç ortamdaki soğuk yüzeyler ile karşılaşınca yoğunlaşır. Bu durum bina elemanlarında hasara yol açabilir (Orosa ve diğ, 2008). Sonuç olarak iç ortamdaki iç hava nemliliğinin dengesinin hem insan hem de bina fizyolojisi üzerinde etkisi bulunmaktadır.

İç ortamdaki havanın nemi konfor koşullarını etkileyen ve kontrol altına alınması gerek bir iklim elemanıdır. İç ortamdaki bağıl nemin %30 ile %70 arasında olması önerilir (Schramek, 1999). Bu aralıkta olan nem oranının ısıl konfora etkisi yoktur ve iç hava sıcaklığının konfor aralığında olduğu durumda en düşük seviyededir (McIntyre, 1980).

2.2.2.4 İç hava hareketi

Hava hareketi herhangi bir yüzeyle hava arasındaki ısı taşınım katsayısını etkilediğinden, insanla çevresi arasında konveksiyon yoluyla oluşan ısı transferi miktarını etkileyen önemli bir çevresel değişkendir (Manioğlu, 2002). İç ortamdaki hava hareketinin yüksek olması, iç hava sıcaklığının düşük olduğunda kullanıcıların üşümesine, iç hava sıcaklığının yüksek olması ise kullanıcıların serinlemesine neden olur (Taleghani ve diğ, 2013).

İç ortam içerisindeki iç hava hareket hızının değişmesi kullanıcılar üzerindeki etkisinin de değişmesine neden olacaktır. İç ortamdaki hava hareket hızı her kullanıcı için öznel olsa da konfor şartları açısından 0,2 m/s ile 0,5 m/s arasında olması önerilir (Szokolay, 2014).

Ancak yaz ve kış koşullarında, iklim bölgesinin karakteristiğine de bağlı olarak iç hava hareketi hızının sınır değerleri değişebilir. Bu durumda önerilen hava hareketi hız limiti; yaz ayları için en yüksek 0,9 m/s, kış ayları için en düşük 0,15 m/s'dir (Orosa ve diğ, 2012).

2.2.2.5 Ortalama ışımsal sıcaklık

İç mekânı çevreleyen yüzey sıcaklıklarının ortalama değeri olarak tanımlanan ortalama ışımsal sıcaklık, kullanıcının mekândaki durum ve konumuna göre değişmektedir (ASHRAE 55; ISO 7730). İç ortamdaki hava ile mekânı çevreleyen yüzeyler arasında ısıyım yolu ile oluşan ısı alış-verişi iç ortam ısı konfor düzeyini etkileyecektir. Ortalama ışımsal sıcaklık denklem 2.1'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Fanger, 1972).

$$t_r = t_1 F_{(p-1)} + t_2 F_{(p-2)} + \dots + t_n F_{(p-n)} \quad (2.1)$$

t_r : n adet yüzeyi olan bir mekânda P noktasında bulunan insan için ortalama ışımsal sıcaklık, °C

$t_1 \dots t_n$: yüzeylerin sıcaklıkları, °C

$F_{(p-1)} \dots F_{(p-n)}$: yüzeylerle insan arasındaki açı faktörleri

2.2.2.6 Operatif sıcaklık

İnsan bedeninin ısı konforunu belirleyen temel sıcaklıklardan birisidir. İç ortam havası ile bu havayı sınırlayan bina elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının ortalaması olarak kabul edilen operatif sıcaklık değeri; kuru termometre sıcaklığı, çevre yüzeylerin ortalama ışıınım sıcaklığı, hava hızı, insanın giysi ve aktivite düzeyleri gibi değişkenleri de kapsamaktadır.

Operatif sıcaklık hem kullanıcının ısı kaybını ölçer hem de konfor sıcaklığının sınır limitlerinin belirlenmesini sağlar (Evren ve Kılış, 2015). İç yüzey sıcaklığından etkilendiği için gün içerisinde zamanla değişiklik göstermektedir (Christensen, 2008).

Operatif sıcaklık ifadesi ile ısı konfor ifadesini tanımlayan standartlar, “ISO 7730 - Isıl Çevre Ergonomisi” ve “ASHRAE 55 - İnsanların Kullandığı Mekânlar için Isıl Çevre Şartları”dır (Evren ve Kılış, 2015).

Operatif sıcaklık hesaplanırken hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklığın ağırlıklı ortalaması ile birlikte konveksiyon ve radyasyon katsayıları da kullanılarak hesaplanır (Christensen, 2008). Operatif sıcaklık denklem 2.2’de verilen eşitlikle hesaplanır.

$$t_o = \frac{(h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r)}{(h_c + h_r)} \quad (2.2)$$

t_o : operatif sıcaklık, °C

t_a : hava sıcaklığı, °C

t_r : ortalama ışıınımsal sıcaklık, °C

h_c : taşınım ile ısı transferi katsayısı, W/m².°C

h_r : ışıınımsal ışıınım ile ısı transferi katsayısı, W/m².°C

Denklem 2.2’de gösterilen eşitliğin yanı sıra operatif sıcaklığı hesaplamak için pratik hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Direkt güneş ışıınımlı olmayan, 0,2 m/s’den büyük hava hızlarına maruz kalmayan ve fiziksel aktivite düzeyi 1,0 – 1,3 met arası kullanıcı hacimleri için Denklem 2.3 ile de operatif sıcaklık değeri hesaplanabilir (Chowdhury, 2008; ASHRAE 55).

$$t_o = \frac{t_a + t_r}{2} \quad (2.3)$$

2.3 Binaya İlişkin Parametreler

Dış iklim elemanlarının etkisinin bina içi çevreye aktarılması sonucu, bina içindeki iklimsel konfor koşullarının herhangi bir ek yapma sisteme en az ihtiyaç duyulacak şekilde oluşması binaya ilişkin tasarım parametrelerinin uygun değerlerde olmasına bağlıdır (Koçlar Oral, 2008). Binalardaki enerji etkinliği, yapma çevre değişkenlerine ait yerleşme ölçeğinden malzeme seçimine kadar verilen kararların tümüne bağlıdır. Enerji etkinliği ve iklimsel konfor açısından dikkate alınması gereken binaya ilişkin parametreler;

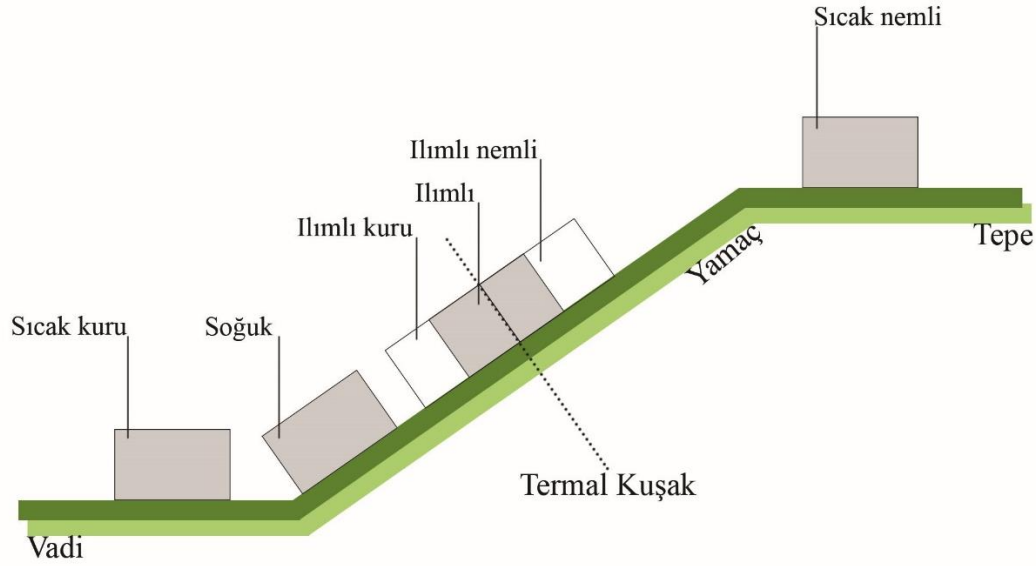
- Binanın yeri,
- Bina aralıkları,
- Bina formu,
- Binanın hacim organizasyonu ve yönlendiriliş durumu,
- Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleridir.

2.3.1 Binanın yeri

Binanın konumu, güneş ışınlarının ve hava akımlarının bina üzerindeki etkisi bakımından önemli bir tasarım parametresidir. Binanın bulunduğu arazinin eğimi, baktığı yön, konumu ve güneş ışınlarını yansıtma özelliği bu parametrenin alt değişkenleridir. Bu değişkenler farklı iklim bölgelerine ve kullanıcının iklimsel konfor ihtiyaçlarına göre belirlenerek en uygun yerleşme bölgesi seçilmelidir (Manioğlu, 2002).

İklimsel etkilerin optimizasyonu hedeflenerek yapılan en uygun yer seçimiyle; binanın yapma ısıtma ve soğutma gereksinimlerinin azalması, dolayısıyla hava kirliliğinin önlenmesi ve arazinin rasyonel kullanılmasını sağlar (Zeren ve diğ, 1980).

Farklı iklim bölgeleri için, güneş ışıınımı, hava hareketi, nem, sıcaklık değerlerine bağlı olarak arazi üzerindeki en uygun yer seçimi, güneşe yönlendirilmiş teorik bir arazide Şekil 2.3’de gösterilmiştir (Berköz ve diğ, 1995).



Şekil 2.3: İklim bölgelerine göre ideal yerleşim şekilleri (Berköz ve diğ, 1995).

Sıcak nemli iklim bölgelerinde hissedilen nem oranını düşürmek ve güneş ışınlarını dik almamak için kuvvetli rüzgârların olduğu yüksek kotlardaki tepelere yerleşilmelidir. Sıcak kuru iklimlerde ise, sıcak rüzgârlardan korunmak, vadi tabanlarında oluşan nehir ve göllerin neminden faydalanmak ve dolayısıyla serin rüzgârlardan faydalanırken güneş ışınlamalarını dik almamak için vadi tabanlarına yerleşilmelidir. Ilımlı iklim bölgelerinde, ısıtma yükünü azaltmak için güneş ışınlamından maksimum yararlanmak gereklidir. Bu nedenle termal kuşak adı verilen yamacın orta kısmına yerleşilmesi uygundur. Ilımlı nemli iklim bölgesinde, nemi daha az hissetmek için termal kuşağın biraz üstüne yerleşmek uygun olacaktır. Ilımlı kuru iklim bölgesinde ise rüzgârdan korunmak ve vadi tabanlarındaki nemli bölgeye yakın olmak için termal kuşağın alt bölgesine yerleşilmelidir. Soğuk iklim bölgelerinde, etkili kuzey rüzgârlarından korunmak ve güneş ışınlarından maksimum seviyede yararlanmak için güneşe bakan yamaçların alt kısmına yerleşmek uygun olacaktır.

2.3.2 Bina aralıkları

Güneş ışınlamı ve hava hareket hızı gibi binayı etkileyen dış iklim elemanlarının etkinliği, binaların birbirlerine göre konumuna, aralarındaki mesafeye ve binaların yüksekliğine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Yerleşme dokusunda binalar bölgenin iklimine bağlı olarak gerekli güneş ışınlamı kazancını ve yararlı rüzgârları engellemeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Güneş ışınlamalarının yerleşme dokusundaki bina aralıklarına etkinliği incelenirken öncelikle binanın hangi iklim şartlarında olduğu belirlenmelidir. Isıtma öncelikli bölgelerde cephelerin güneş ışınlamından maksimum fayda sağlanması için bina aralıkları çevre binaların oluşturduğu en uzun gölgeli alan derinliğine eşit veya bu derinlikten fazla olmalıdır. Soğutma öncelikli bölgelerde ise bina cephelerinde güneş ışınlamı kazancının minimum olması soğutma enerji harcamalarını azaltır. Bundan dolayı, bina aralıkları, çevre binaların gölge derinliklerinden az olmalıdır yani bina aralıkları kısaltılmalıdır (Manioğlu ve Yılmaz, 2008).

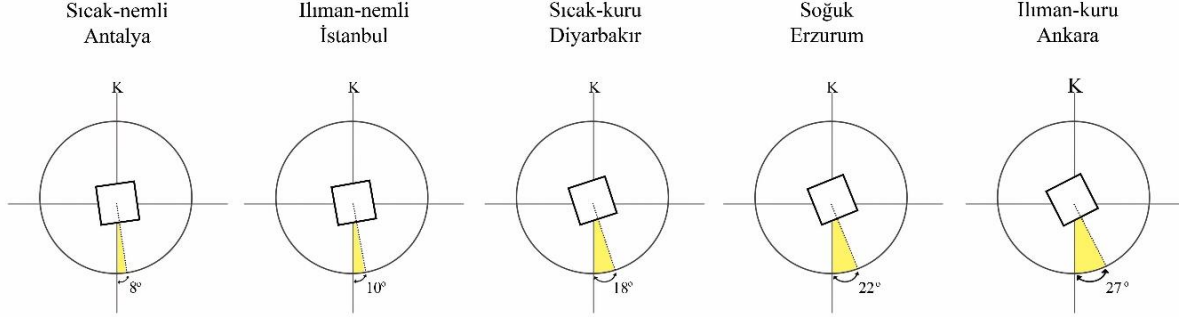
2.3.3 Binanın yönlendiriliş durumu

Hacimlerde gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarının değişimine etki etmesi nedeniyle, binanın yönlendiriliş durumu bina içi hacimlerde iklimsel konforu etkileyen en önemli yapma çevre değişkenlerinden biri olarak kabul edilir. Dış iklim elemanlarından olan güneş ışınlamı ve rüzgâr yönüne göre değişim göstermektedir. Binaların yönlendiriliş durumu pasif iklimlendirme açısından, güneş ışınlamı kazancı ve rüzgârın serinletici etkisinden faydalanmak veya soğuk rüzgârlardan korunmak ile ilgilidir (Berköz ve diğ., 1995). Bina iç ortamında konfor koşullarını sağlamak için öncelikle ilkim bölgesine bağlı olarak güneş ışınlamı kazanımı ve doğal havalandırma gereksinimleri belirlenmelidir. Bunun yanı sıra, bina içindeki iç mekân organizasyonunu gerekli ihtiyaç ve konfor koşullarını sağlayabilmeleri için uygun yönde yapılmalıdır.

Binanın dış kabuğunun optik ve termo-fiziksel özelliklerine bağlı olarak, bina yüzeyine gelen güneş ışınlamından kazanılan ısı miktarı, binanın yönlendiriliş durumuna göre değişkenlik göstererek iç iklimsel konforu etkileyen iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınlamsal sıcaklık gibi parametreleri etkilemektedir (Manioğlu, 2011). Bu nedenle farklı yönüne bakan bina kabuğunun yüzeylerini etkileyen güneş ışınlamı şiddetleri de farklılık gösterecektir.

Kuzey yarımkürede; kış güneşinin geliş açısının yatık (düşük açılarla) olması ile daha fazla güneş ışınlamı kazancı sağlanması ve yaz güneşinin geliş açısının dik olması ile saçak veya güneş kırıcılar ile istenmediği durumlarda daha kolay kontrol edilebilmesi nedeniyle enerji etkin bina tasarımında önem kazanan güney ve güneyli yönler en ideal yönler olarak kabul edilebilir. Ancak farklı iklim bölgelerindeki dış iklim elemanları dikkate alınarak ayrıntılı bir analiz yapıldığında enerji etkinliği açısından en uygun bina yönlendiriliş biçimini tespit etmek olanaklıdır. Şekil 2.4 'de Türkiye'nin farklı

iklim bölgelerinde bulunan beş şehir için optimum yönlendiriliş durumları gösterilmiştir. Bu yönler belirlenirken ısı konfor açısından hava hareketleri, hâkim rüzgâr yönü ve şiddetine göre bütün olarak değerlendirilmiştir (Berköz ve diğ, 1987).



Şekil 2.4: İklim bölgelerine göre ideal yönlendiriliş durumları (Berköz ve diğ, 1987).

Bina yönlendirme kararları alınırken dış iklim elemanlarından olan rüzgârın etkisinden yararlanma ya da korunma durumu iklim bölgelerine bağlı olarak dikkate alınmalıdır. Rüzgârın öncelikli öneme sahip olduğu sıcak nemli gibi iklim bölgelerinde, geniş cephelerin hâkim rüzgâr yönüne doğru yönlendirilmesi uygundur.

Bina yönlendirme kararlarında güneş ışınlamalarından yararlanma ve hâkim rüzgâr yönünün çatıştığı durumlar olabilir. Bu durumda bölgenin iklimsel koşulları ve dış ortam tasarım durumuna göre uygun yönlenme kararları verilmelidir. Bu iki faktörün farklı olumsuz etkilerini azaltmak için mimari çözümler uygulanmalıdır.

2.3.4 Bina formu ve cephe eğimi

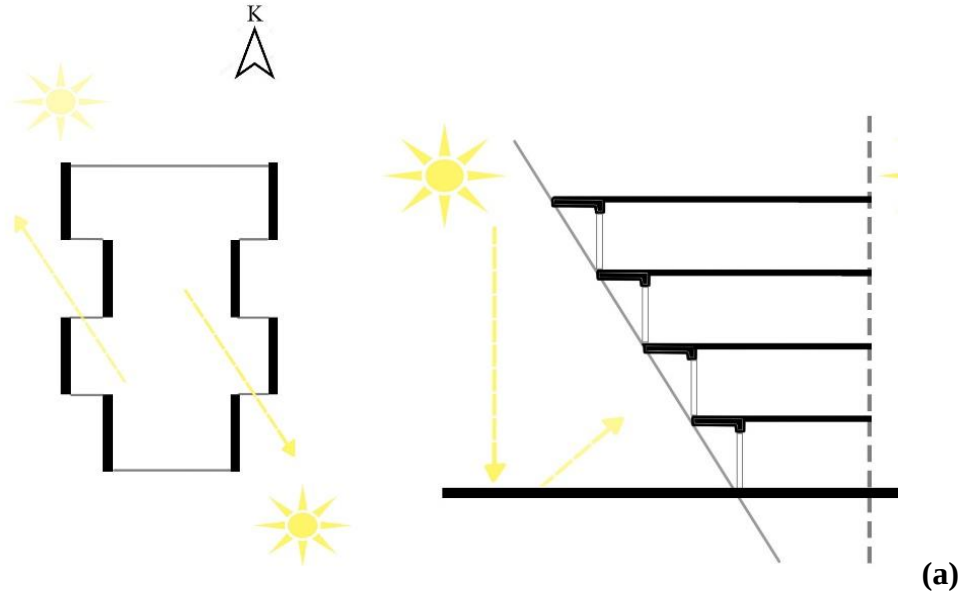
Bina formunun, iklimsel özelliklere göre belirlenmesi enerji etkin bina tasarım sürecinin önemli bir aşamasıdır. Binaya ilişkin geometrik faktörlere bağlı olarak tanımlanan bina formu; bina yüksekliği, biçim faktörü (planda hacim genişliğinin derinliğe oranı), çatı tipi, çatı ve cephe eğimi gibi değişkenlere bağlı olarak tanımlanabilir (Berköz ve diğ, 1995). Çatı ile cephe yüzey eğimlerine bağlı olarak bina kabuğundan geçen ısı miktarları değişiklik gösterecektir. Bu değişen ısı miktarı ile iç mekândaki iç sıcaklık ve ortalama ışınsal sıcaklık değerleri de etkilenir. Bina formu, bina içi konfor koşullarını dolayısıyla bina enerji tüketimlerini etkileyen çok önemli bir parametredir (Yılmaz ve diğ, 2000).

Bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı diğer iç yüzey sıcaklıklarından farklı olduğu için, kabuk alanının, kabuk yönünün ve kabuk eğiminin değişimi, kabuk elemanından geçen ısı miktarının, ortalama ışınsal sıcaklığın ve dolayısıyla iç hava sıcaklığının

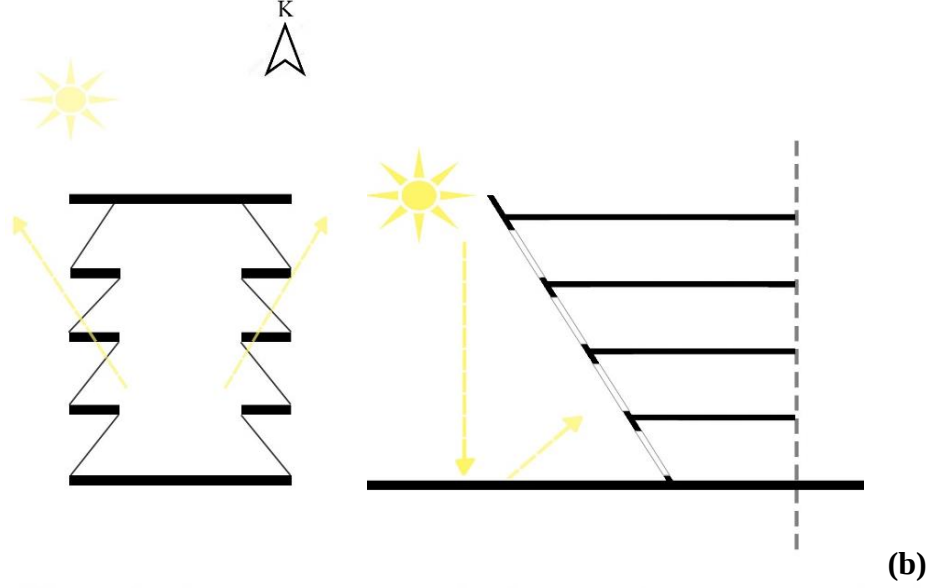
değişimine yol açar. Bu nedenle bina kabuğunda gerçekleşen ısı kayıp ve kazançları binanın enerji yüklerinin doğrudan belirleyicileridir. Bir başka deyişle, farklı yönlere yönlendirilmiş ve farklı eğimlere sahip bina kabuğu alanlarının etkisiyle, pasif ısıtma ve soğutmada, güneş ışınlımından faydalanmak veya korunmak ve güneş ışınlımı kayıp ve kazançlarını doğrudan etkileyebilmek olanaklıdır.

Bu noktada binanın ısı kayıp ve kazançlarına karşı korunmuş hacmi (V) ile ısı geçişinin gerçekleştiği alanı (A) arasındaki V/A oranının esas alınarak ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarına ilişkin değerlendirme yapılabilir. Başka bir deyişle, aynı hacmi çevreleyen farklı bina formlarını tanımlamada V/A oranı temel alınarak; bina kabuğunun yönü ve eğimi değişen ancak V/A oranı aynı olan farklı bina formlarında gerçekleşen ısıtma ve soğutma yüklerinin incelenmesi olanaklıdır (Yılmaz ve diğ., 2010).

Bina tasarımında plan düzleminde ve kesitte; güneş ışınlımından yararlanmak veya korunmak için bazı tasarım kararları alınabilir. Planda ve kesitte bina formunun girintili ve çıkıntılı tasarlanması (Şekil 2.5 (a)) veya kesitte cepheye eğim verilmesi (Şekil 2.5 (b)) bina cephesinin kendi kendine gölge atarak özellikle sıcak iklime bölgelerinde soğutma yüklerinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Capeluto ve diğ., 2002).



Şekil.2.5a: Planda ve kesitte bina formunun tasarlanması : (a) Girintili-çıkıntılı tasarım.



Şekil 2.5b: Planda ve kesitte bina formunun tasarlanması : (b) Yüzey eğimli tasarım.

2.3.5 Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleri

Dış çevre ve iç çevreyi birbirinden ayıran, iç mekânı dış iklim elemanlarından koruyan bina kabuğu binayı örten yapı bileşenlerinin tümüdür. Bina kabuğunun ısı geçişine karşı gösterdiği davranış yani bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleri, aktif sistemlere duyulan ihtiyaç kapasitesini etkileyen önemli bir pasif tasarım parametresidir (Manioğlu, 2002). Opak ve saydam bileşenlerden oluşan bina kabuğu bileşenleri bulunduğu iklim bölgesine göre en uygun şekilde seçilmesi iç iklimsel koşulların iyileşmesini dolayısıyla toplam enerji yükünün azalmasını sağlar (Berköz ve diğ, 1995).

Bina kabuğunun performansını etkileyen optik özellikler; güneş ışınlamına karşı geçirgenlik (τ), yutuculuk (a) ve yansıtıcılık (r) katsayıları ile termo-fiziksel özellikleri ise; toplam ısı geçirme katsayısı, genlik küçültme faktörü (ϕ), zaman geciktirmesi (h) olarak sıralanabilir (Yılmaz, 2006).

2.3.5.1 Güneş ışınlamına karşı yansıtıcılık, yutuculuk ve geçirgenlik katsayısı

Bina kabuğuna ait opak ve saydam bileşenler tarafından yutulan, yansıtılan ve geçirilen güneş ışınlamı miktarlarının bileşen dış yüzeylerine oranları sırasıyla yutuculuk (a), yansıtıcılık (r) ve geçirgenlik (τ) katsayılarıdır. Bu özelliklerin katsayılarına bağlı olarak dış kabuğa gelen güneş ışınlamı, ısı kazancına dönüşür (Berköz ve diğ, 1995). Bina kabuğunun güneş ışınlamına karşı gösterdiği yansıtıcılık,

yutuculuk ve geçirgenlik katsayıları boyutsuzdur ve denklem 2.4 ve 2.5’de aralarındaki bağıntılar gösterilmiştir.

$$a_o + r_o = 1 \quad (2.4)$$

ao: opak bileşenin yutuculuk katsayısı

ro: opak bileşenin yansıtıcılık katsayısı

$$a_c + r_c + \tau_c = 1 \quad (2.5)$$

ac: saydam bileşenin yutuculuk katsayısı,

rc: saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısı,

tc: saydam bileşenin geçirgenlik katsayısı

olarak hesaplanmaktadır (Berköz ve diğerleri, 1995).

Bina kabuğunun yansıtıcılık, yutuculuk ve geçirgenlik gibi optik özelliklerinin bağlı olarak, bina yüzeyinin rengi ve dokusu, güneş ışınımının dış kabuktaki ısıtıcı etkini etkiler. Bina yüzeyinde tercih edilen koyu renk tonları güneş ışınımı üzerinde yutucu özellik gösterirken, açık renk tonları yansıtıcı özellik gösterir.

2.3.5.2 Toplam ısı geçirme katsayısı

Toplam ısı geçirme katsayısı, bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerine ait termofiziksel bir özelliktir. Dış çevre ile iç çevreyi birbirinden ayıran bir bina bileşenin iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C iken, 1m² alandan, 1 saate geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanan toplam ısı geçirme katsayısı denklem 2.6’da gösterilen formül ile hesaplanır (TS825).

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (2.6)$$

Uo: opak bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²K

αi, αd: İç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik katsayısı, W/m²K

$d_1, d_2, \dots, d_n$: Opak bileşeni oluşturan malzemelerin kalınlıkları, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: Opak bileşeni oluşturan malzeme ısı iletkenlik katsayısı, W/m.K

2.3.5.3 Opak bileşenin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü

Bina kabuğu bileşenlerinden olan opak bileşen saydam bileşene göre daha fazla ısı depolama özelliğine sahiptir. Bu termo-fiziksel özellik opak bileşenin sahip olduğu zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü ile ilgilidir. Opak bileşenleri oluşturan bileşenlerin ısı kapasiteleri malzemelerin; ısı iletkenlik katsayıları (λ), kalınlıkları (d), yoğunlukları (ρ) ve özgül ısılarına (c) ve dolayısıyla ısı kapasitelerine (pc) bağlı olarak değişmektedir (Kocaaslan, 1991). Isı dalgalarının geçiş süresi malzemenin kalınlığı ve direnci arttıkça uzamaktadır. Saydam bileşenlerin ısı depolama kapasiteleri çok düşük olduğundan ihmal edilebilir ve bu nedenle bu bileşenler için zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü geçerli değildir. (Kocaaslan, 1991).

Zaman geciktirmesi, gün içinde kabuk bileşeninin iç yüzeyinde maksimum sıcaklığın olduğu saat ile dış yüzeyinde maksimum sıcaklığın olduğu saat arasındaki süre farkı olarak tanımlanmaktadır (Berköz, 1983).

Genlik küçültme faktörü, opak bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklık değişim genliğinin dış yüzeye oranıdır. Daha kapsamlı tanımlamak gerekirse, opak bileşenin maksimum iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklık farkının, maksimum dış yüzey sıcaklığı ile ortalama dış yüzey sıcaklık farkının oranıdır (Kocaaslan, 1991). Opak bileşene ait genlik küçültme faktörü denklem 2.7'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$f = \frac{t_{oim} - t_{oio}}{t_{odm} - t_{odo}} \quad (2.7)$$

f : Genlik küçültme faktörü

t_{oio} : Opak bileşenin iç yüzey sıcaklığının günlük ortalama değerleri, °C

t_{odo} : Opak bileşenin dış yüzey sıcaklığının günlük ortalama değerleri, °C

t_{odm} : Opak bileşenin dış yüzeylerindeki maksimum sıcaklık değerleri, °C

t_{oim} : Opak bileşenin iç yüzeylerindeki maksimum sıcaklık değerleri, °C

Bina kabuğunun kalınlığının ve direncinin artması ısı dalgalarının geçiş süresini artıracğından, genlik küçültme faktörü azalırken, opak bileşenin zaman geciktirmesi artar.

2.3.5.4 Saydamlık oranı

Saydamlık oranı, saydam ve opak bileşenlerden oluşan bina kabuğu alanının saydam bileşen alanına oranıdır. Saydam bileşenin ısı geçirme katsayısı, opak bileşene göre oldukça fazladır. Dolayısıyla bu iki bileşenden geçen ısı miktarları farklılık göstermektedir (Berköz ve diğ., 1995).

Bina kabuğundaki saydamlık oranı, kullanılan saydam malzemenin termo-fiziksel özelliklerine bağı olarak bulunduğı iklim bölgesinin dış iklim elemanları dikkate alınarak belirlenmelidir. Saydam bileşenden geçen güneş ışınlamı iç ortamdaki hava sıcaklığını yükselterek sıcak iklimlerde soğutma yüklerini arttırabilir. Soğuk iklimlerde ise aynı durum ısıtma yüklerini azaltır. Dolayısıyla güneş enerjisinden yararlanma ve korunma, dolayısıyla ısıtma ve soğutma yüklerini azaltma veya artırma konusunda saydamlık oranı iklime bağı olarak kontrol edilmesi gereken çok önemli bir değışkendir.

Enerji yüklerini etkileyen bu tasarım parametrelerine ait kararların, tasarım aşamasında iklim bölgelerine göre doğru seçilmesi aktif sistemlere duyulan ihtiyacı büyük ölçüde azaltacaktır. Bununla birlikte, binalarda birim yüzeye gelen güneş ışınlamı, binanın bulunduğı yere, yönlendiriliş durumuna, cephelerinin alanına ve eğimine ve bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özelliklerine bağı olarak değışim göstermektedir. Dolayısıyla tasarım kararlarına bağı olarak değışim gösteren güneş ışınlamı miktarları, güneşten yararlanma veya korunma önceliğine bağı olarak binalardaki enerji yüklerinin de belirleyicileridir. Bu nedenle, bina cephe yüzeyine gelen güneş ışınlamı ve güneş açılarının araştırılması, binanın pasif bir sistem olarak ısıtma ve soğutma yüklerini azaltacak şekilde performans gösterebilmesi açısından oldukça önemlidir.



3. CEPHE EĞİMİ, GÜNEŞ IŞINIMI VE ENERJİ YÜKLERİ İLİŞKİSİ

Yıl içerisinde yeryüzüne düşen güneş ışıınımı enerjisi, dünyada belirlenmiş olan fosil yakıt kaynaklarının yaklaşık 160 katı kadardır. Buna ek olarak yeryüzünde fosil ve hidroelektrik santrallerinin bir yılda üreteceğı enerjiden 15.000 kat kadar daha fazla enerji kapasitesine sahiptir (Şen, 2002). Güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak için güneş ışıınımının ve özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir.

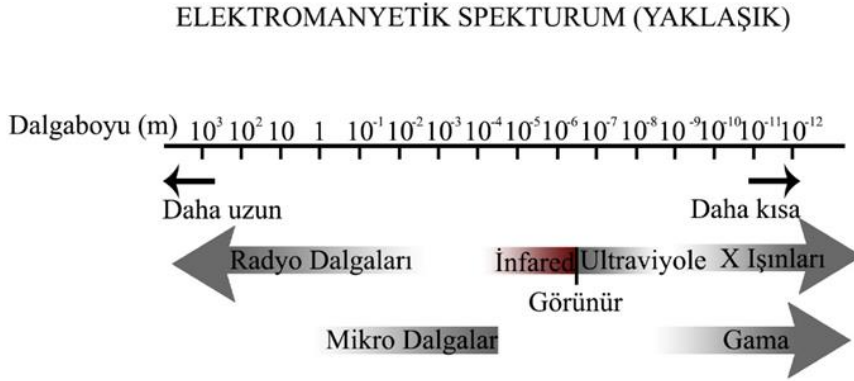
Güneş ışıınımı hesaplamaları binanın bulunduğu yere bağılı olarak değışim gösteren temel güneş açıları ile cephe eğimi ve yönlendiriliş durumuna bağılı olarak belirlenen türetilmiş güneş açıları yardımıyla yapılabilmektedir. Bina cephesindeki güneş ışıınımı miktarı bina kabuğunun termo-fiziksel özelliklerine bağılı olarak binada oluşacak olan enerji yüklerini belirlediğinden bu bölümde; yeryüzüne ve bina cephelerine gelen güneş ışıınımı özellikleri, çeşitleri ve güneş açıları ile ilişkileri açıklanmıştır.

3.1 Güneş ve Güneş Işıınımı

Güneş çok yoğun ve çok sıcak gazlardan oluşan, yer küreden $1,5 \times 10^{11}$ m uzaklıkta ve görünen çapı $1,39 \times 10^9$ m olan bir yıldızdır (Kılıç ve Öztürk, 1980). Güneşin merkezindeki sıcaklık tahminen $8-40 \times 10^6$ K, yüzey sıcaklığı ise 6000 K'dir. Güneşin merkezindeki bu yüksek sıcaklık nedeniyle her saniye 650 ton Hidrojenden 646 ton Helyuma dönüştüğü çekirdek tepkimesi meydana gelir (Kıncay, t.y.). Bu füzyon sonucu ortaya çıkan ışıma enerjisi ise güneş ışıınımını oluşturur.

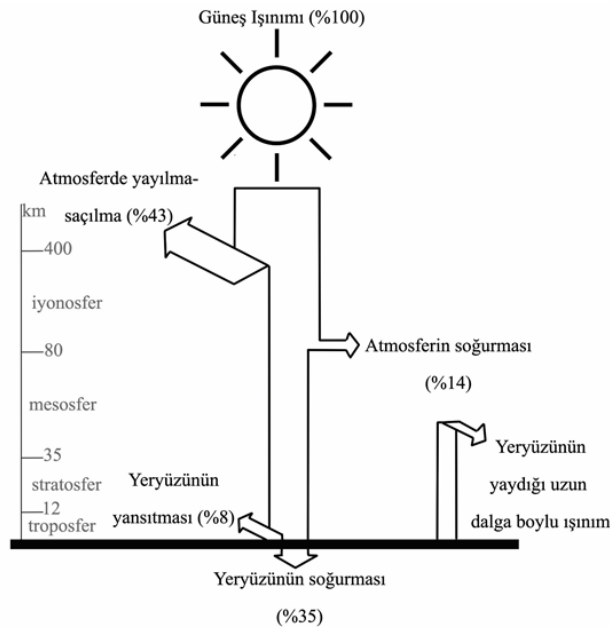
Güneş enerjisi, elektromanyetik dalgalar halinde farklı dalga boylarında yayılmaktadır. Bu dalga boylarının sıralanmış görünümü, güneş spektrumu ya da diğer bir adıyla elektromanyetik güneş spektrumu olarak tanımlanır (Url-8). Güneş ışıınımlarının dalga boylarına göre gruplandırıldığı Güneş spektrumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir. En kısa dalga boyuna sahip gama ışıınları, en yüksek enerjiye ve frekansa; en uzun dalga boyuna sahip radyo dalgaları ise en düşük enerjiye ve frekansa sahiptir. Frekans, bir olayın birim sürede hangi sıklıkla tekrarlandığını belirtir. Frekans burada dalga hareketinin miktara bağılı bir özelliğidir. Anlaşılacağı üzere dalga boyu

ile enerji miktarı arasında ters orantı, enerji miktarı ile frekans arasında ise doğru orantı vardır (Kılıç ve Öztürk, 1980).



Şekil 3.1: Elektromanyetik güneş spektrumu (Url-8).

Güneş ışınımı atmosferin üst katmanlarında ozon, yer yuvarlağına yakın katmanlarında ise su buharı tarafından emilir. Şekil 3.2 ‘de güneş ışınımının atmosferde aldığı yol görülmektedir. Güneş ışınımından %43’ü hava, su molekülleri ve toz parçalarına çarparak yaygın duruma geçer (yaygın gök ışınımı). Güneş ışınımının emilme ve saçılma olayının dışında kalan kısmı bir dalga boyu değişimi olmadan direkt ışınım şeklinde yeryüzüne ulaşır. Bu ışınıma direkt güneş ışınımı denir. Kısaca güneş ışınımı yeryüzüne direkt güneş ışınımı (doğrultu ve dalga boyu değişimsiz) ve yaygın gök ışınımı (atmosferdeki partiküllere ve su buharına çarparak, sonsuz yansımalar ile saçılan) olmak üzere 2 şekilde erişir (Berköz, 1983).



Şekil 3.2: Güneş ışınımı ve atmosferde aldığı yol (Berköz, 1983).

Yaygın ve direkt ışıınım hem yatay hem de eğimli yüzeyler için geçerlidir. Eğik düzlemleri etkileyen ışıınımda bir de yansıyan bileşen vardır. Yansımış ışıınım, ele alınan yüzeye, çevresinde yer alan yüzeylerden yansıtılan direkt ve yaygın gök ışıınımından oluşmaktadır. Yeryüzünde bulunan, herhangi bir eğim ve yönlendiriliş durumundaki bir yapı yüzeyindeki toplam güneş ışıınımı (I_T) üç bileşenden oluşmaktadır ve denklem 3.1’de bu bağıntı ifade edilmiştir (Berköz, 1983).

$$I_T = I_D + I_d + I_r \quad (3.1)$$

I_T : yapı yüzeyindeki toplam güneş ışıınım şiddeti, Kcal/m².h

I_D : yapı yüzeyindeki direkt güneş ışıınım şiddeti, Kcal/m².h

I_d : yapı yüzeyindeki yaygın güneş ışıınım şiddeti, Kcal/m².h

I_r : yapı yüzeyine çevresindeki yüzeylerden yansıyarak gelen güneş ışıınımı şiddeti, Kcal/m².h

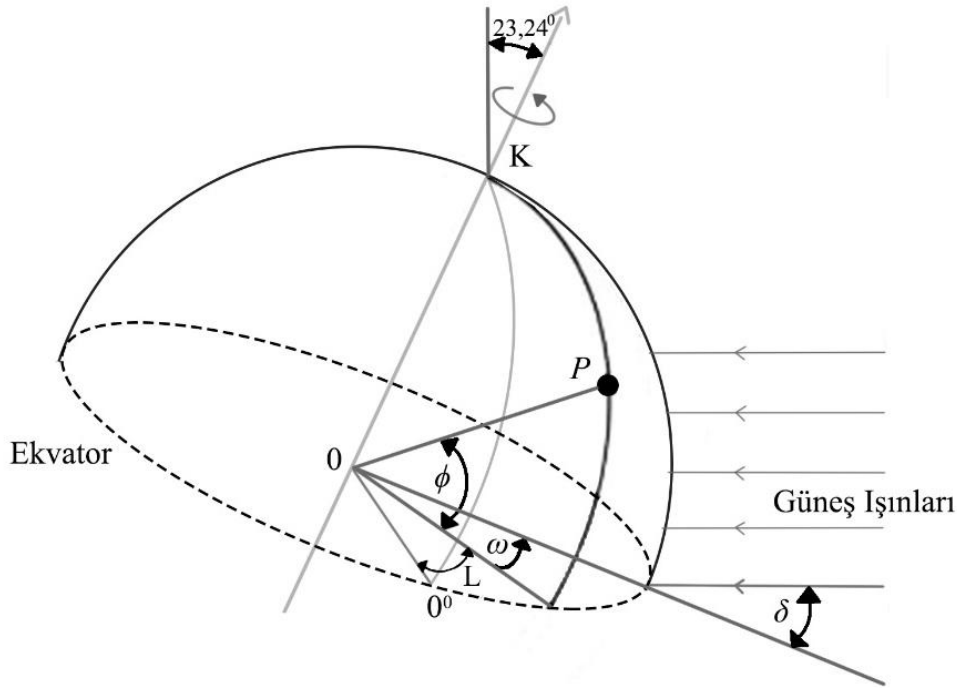
Yeryüzüne gelen güneş ışıınımının özellikleri; dünyanın güneş etrafındaki hareketi, yerkürenin biçimi, eksenin eğimi ve atmosferde oluşan emme, saçılma ve yansıma olayları belirleyicidir. Yeryüzüne gelen güneş ışıınım miktarı ve dalga boyu dağılımı; bulunulan yerin coğrafi enlemine, yükseltisine, meteorolojik özelliklerine ve atmosfer kirliliğine bağılı olarak değişmektedir. Bir bina cephesine gelen güneş ışıınım miktarı ise; binanın boyutuna, formuna, yüksekliğine ve yüzey özelliklerine bağılı olarak değişebilmektedir (Tavil, 1995). Yeryüzünde, herhangi bir yüzeyi etkileyen toplam güneş ışıınım miktarının değişimini etkileyen faktörleri anlamak için güneş açıları ile ilgili temel kavramları bilmek oldukça önemlidir.

3.2 Güneş Açıları

Dünyanın belirli bir noktasının güneşe göre konumu gün ve yıl içinde değişmektedir. Güneşin ve yıldızların konumunu bulmak için oldukça büyük çaplı bir kürenin üzerinde yerleştikleri kabul edilir. Bu küreye Gökküre adı verilir ve merkezinde dünya bulunur (Kılıç ve Öztürk, 1983). Güneşin Gökküre üzerindeki yeri ve yeryüzündeki belirli bir noktaya göre hareketi ise güneş açıları ile hesaplanabilir (Koçlar Oral, 2018.). Güneş açıları; temel güneş açıları, türetilmiş yüzey-güneş açıları ve yüzeye ilişkin açıları ve olmak üzere üç bölümde incelenebilir (Berköz, 1983).

3.2.1 Temel güneş açıları

Yeryüzünde belirlenmiş olan bir P noktasına gelen direkt güneş ışınım doğrultusu eğer o noktanın enlem açısı (ϕ), boylamı açısı (L), saat açısı (ω), ve güneşin deklinasyon-sapma açısı (δ) biliniyorsa bulunabilir. Şekil 3.3’de gösterilen bu açılara temel (esas) güneş açıları denir.



Şekil 3.3: Temel güneş açılarının gösterimi (Berköz, 1983).

3.2.1.1 Enlem açısı (ϕ)

Yeryüzünde belirlenmiş bir noktanın ekvatora kuzey ve güney yönünde olan açısal uzaklığıdır. Diğer bir anlatımla, bu noktanın dünyanın merkezine birleştiren doğru ile bu doğrunun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü arasındaki açıdır (Berköz, 1983). Ekvatordan kuzeye doğru pozitif (+), güneye doğru negatif (-) işareti ile ölçülerek, -90° ile 90° arasında değişir ($-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$). Güneş ışınları yılda iki defa olmak üzere (21 Mart ve 23 Eylül) ekvatora dik gelir ve bu duruma Ekinoks adı verilir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

3.2.1.2 Boylam açısı (L)

Yeryüzünde belirlenen yüzeyin bulunduğu noktanın başlangıç boylamına (Greenwich-İngiltere) boylamına batı veya doğu yönünde olan açısal uzaklık olarak tanımlanabilir.

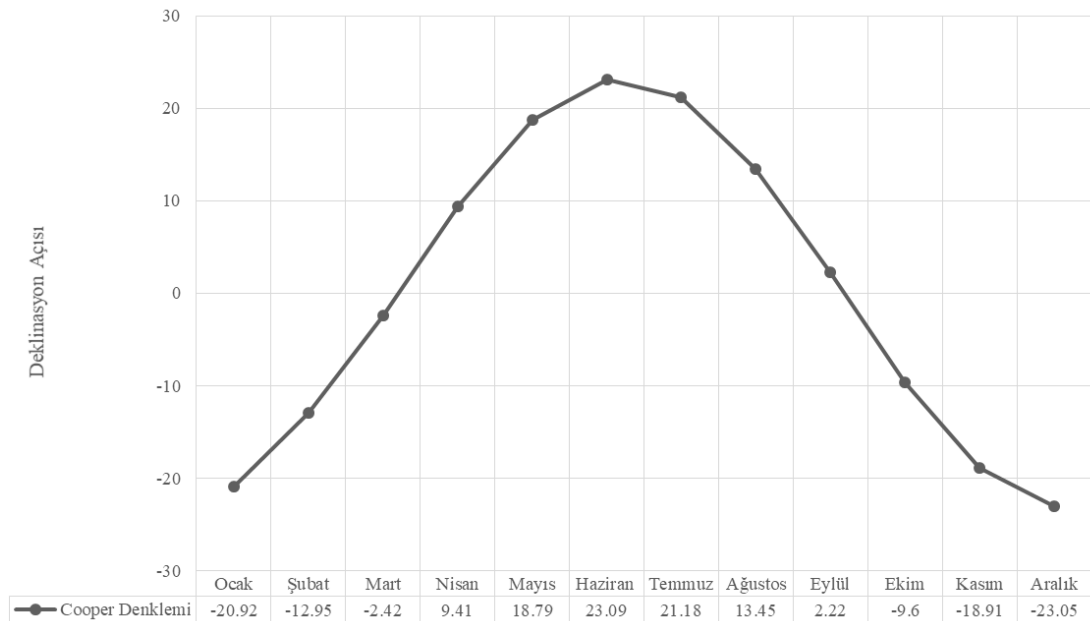
3.2.1.3 Deklinasyon açısı- sapma açısı (δ)

Güneş ile yer merkezlerini birleştiren doğru ve bu doğrunun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü üzerindeki açı olarak tanımlanabilir (Koçlar Oral, 2018.). Deklinasyon açısı dünyanın kendi eksenini ve yörünge düzlemi ile yaptığı $23,45^\circ$ 'lik açıdan kaynaklanmaktadır. Bu açıya göre güneş ışınlarının gelişi aylara ve yıllara göre değişiklik göstermektedir. Deklinasyon açısı her gün değişir ve 21 Haziran yaz gündönümünde en yüksek ($+23,45^\circ$) değerini alır. 21 Aralık kış gündönümünde ise en düşük ($-23,45^\circ$) değerini alır. 21 Mart ilkbahar ekinoksu ve 22 Eylül sonbahar ekinoksunda deklinasyon açısı 0 (sıfır) olur.

Deklinasyon açısı, n , 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere; ampirik Cooper (1969) denklemi ile yaklaşık değeri bulunabilir. Deklinasyon açısı denklem 3.2'de gösterilen eşitlik yardımı ile hesaplanır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360n + 284}{365} \right] \quad (3.2)$$

Deklinasyon açısının hesaplanabileceği başka ampirik denklemlerde vardır. Şekil 3.4 'de Cooper denklemi için güneşin sapma açısının yıl boyunca değişimi görülmektedir



Şekil 3.4: Deklinasyon açısının yıl içindeki değişimi (Kılıç ve Öztürk, 1983).

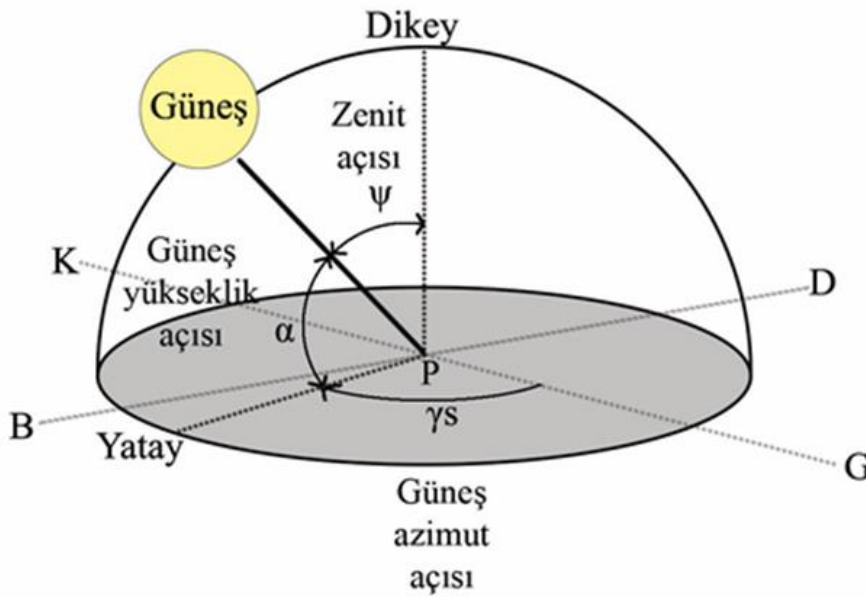
3.2.1.4 Saat açısı (ω)

Saat açısı, göz önüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünyanın merkezi ile birleştiren doğrunun yani güneş ışınlarının belirttiği boylam arasında kalan açıdır. Saat açısı gün içinde bulunan zamanı (gün saatini), güneş öğlesine göre tanımlar. 15°'lik (dünyanın güneş etrafında dönüşü sırasında kat ettiği 360°'lik açının 24'e bölünmesi) saat açısı 1 saat zamana karşılık gelir. Saat açısı denklem 3.3'de gösterildiği gibi hesaplanabilir (Koçlar Oral, 2018.).

$$\omega = 15 \times (12 - GS) \quad (3.3)$$

3.2.2 Türetilmiş yüzey-güneş açıları

Yatay ya da eğimli bir yüzeye gelen güneş ışınımının hesaplarırken yüzey düzlemi ve güneş ışınlarının doğrultusuyla ilişkili açıları bilinmesi gereklidir. Türetilmiş yüzey-güneş açıları denilen bu açılar; zenit açısı (ψ), güneş yükseklik açısı (α) ve güneş azimut açısı (γ_s) olarak bilinmektedir (Berköz, 1983). Türetilmiş yüzey-güneş açıları, hem güneş ışınımı hesaplamalarının yapılmasını kolaylık sağlar hem de yüzeye gelen güneş ışınımı kazancının belirlenmesine olanak verir. Yeryüzünde bir P noktasına gelen türetilmiş yüzey-güneş açıları Şekil 3.5'de gösterilmiştir (Ramsey, 2003).



Şekil 3.5: Türetilmiş yüzey-güneş açılarının gösterimi (Ramsey, 2003).

3.2.2.1 Zenit açısı (ψ)

Yatay düzlemin normali ile direkt güneş ışınlarının (güneşin doğrultusunun) yaptığı açıdır (Koçlar Oral, 2018.). Güneş ışınlarının yatay düzleme geliş açısı olarak da tanımlanabilir. Güneşin doğuş ve batışında zenit açısı 90° iken, güneş ışınlarının dik geldiği durumda ise zenit açısı 0° 'dir.

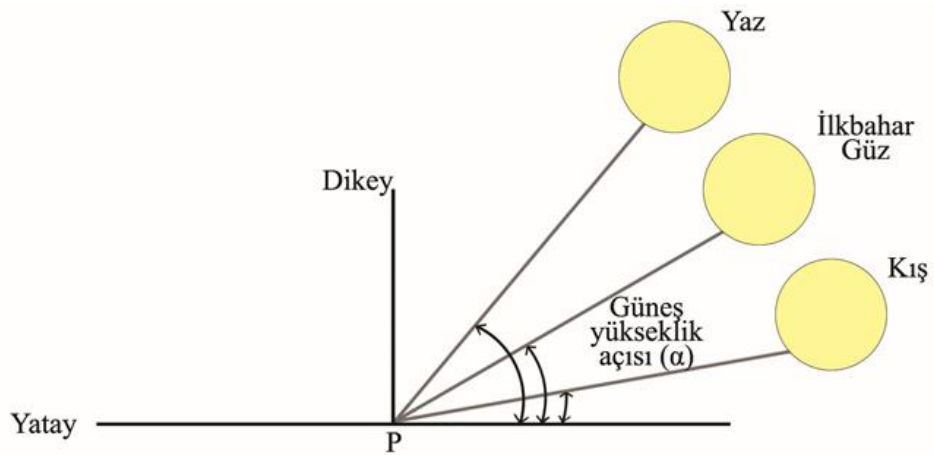
Zenit açısı diğer temel güneş açılarının kullanılmasıyla aşağıdaki 3.4'da gösterilen denklem ile hesaplanabilir. Ayrıca zenit açısı, güneş yükseklik açısı biliniyorsa denklem 3.5'deki gibi hesaplanabilir.

$$\cos(\psi) = \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\delta) \cos(\omega) \quad (3.4)$$

$$\psi = 90 - \alpha \quad (3.5)$$

3.2.2.2 Güneş yükseklik açısı (α)

Direkt güneş ışınlarının yatay düzlem ile yaptığı açıdır (Koçlar Oral, 2018.). Şekil 3.6'da yükseklik açısının mevsimlere göre değişimi görülmektedir. Bütün mevsimlerde yükseklik açısı en yüksek değerini öğle saatinde alır (Öztürk, 2008). Yükseklik açısı, güneşin doğuş ve batışı sırasında sıfırdır.



Şekil 3.6: Güneş yükseklik açısı ve mevsimlere göre değişimi (Öztürk, 2008).

Denklem 3.5'den yola çıkılarak yükseklik açısı denklem 3.6'da gösterilmiştir. Eşitlikte görüldüğü gibi yükseklik açısı temel güneş açılarına bağlıdır.

$$\alpha = \sin^{-1} [\cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(\omega) + \sin(\delta) \sin(\varphi)] \quad (3.6)$$

3.2.2.1 Güneş azimut açısı (γ_s)

Güneş ışınının yatay düzlem üzerindeki izdüşümünün güneyden (veya kuzeyden) yaptığı sapma açısıdır ve yatay düzlemde ölçülmektedir (Berköz, 1983). Güneyden doğuya doğru, (-) batıya doğru (+) olarak kabul edilmektedir (Öztürk, 2008).

Güneş azimut açısı saat 12’de 180° ’dir. Gün uzunluğunun 12 saatten fazlası olduğunda azimut açısı, günün bazı saatlerinde 90° ’den fazla olur. Güneye doğru azimut açısının formülü denklem 3.7’de gösterilmektedir.

$$\sin(\gamma_s) = -\cos(\delta) \sin(\omega) / \sin(\varphi) \quad (3.7)$$

Tüm güneş ışınlamı hesaplamaları, güneş zamanına göre yapılmaktadır. Güneş yükseklik açısının en yüksek olduğu yani güneş azimut açısının 0° olduğunda saatin 12 olarak tanımlandığı saat sistemine güneş saati (yerel saat) denir. Ülkelerin kullandığı standart saat zamanı ile güneş saati birbirinden farklıdır (Kılıç ve Öztürk, 1983). Standart saatin, güneş saatine dönüştürülmesi için eşitlik 3.8’deki denklem kullanılır.

$$GS = MS \pm 4(Bs - By) + ZD \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de verilen eşitlikteki MS standart saati (memleket saati), Bs ve By sırasıyla standart ve yerel boylamı, ZD ise zaman düzeltmesi faktörüdür. Denklemin ikinci tarafında bulunan $\pm$ işaretindeki kabul, batı boylamları için toplama (+), doğu boylamları için çıkarmadır (-). Zaman düzeltmesi (ZD), standart saati (memleket saatini) güneş saatine çevirirken kullanılan göz önüne alınması gereken bir faktördür. Zaman düzeltmesi dünyanın yörüngesindeki düzensizliklerden meydana gelmektedir ve 3.9 -3.10 ‘da gösterilen denklemler yardımı ile hesaplanır (Koçlar Oral, 2018.). n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısıdır.

$$x = 360 \frac{n-1}{365,242} \quad (\text{derece}) \quad (3.9)$$

$$ZD(\text{saat}) = 0,0043 \cos x - 0,1236 \sin x - 0,0608 \cos 2x - 0,1538 \sin 2x \quad (3.10)$$

Güneşin doğuşu ile batışı arasında geçen süre gün uzunluğu (tg, saat) olarak tanımlanır. Gün uzunluğu denklem 3.11’de gösterilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

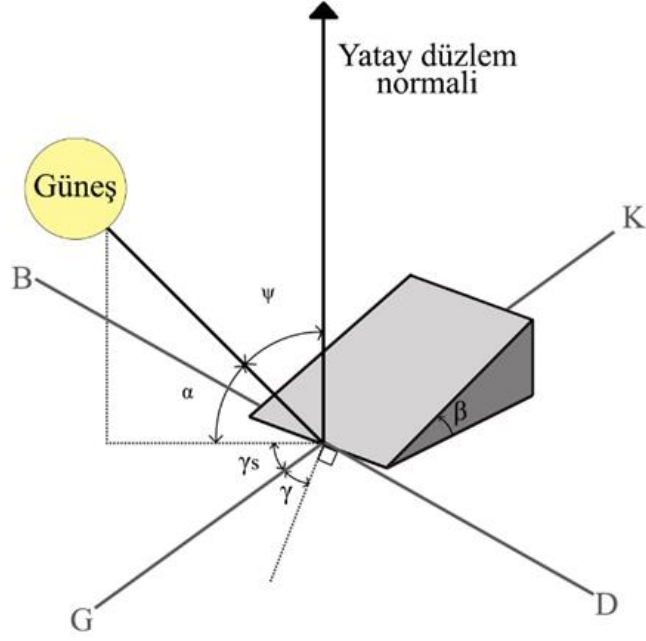
$$tg = \frac{2}{15} \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) \quad (3.11)$$

Deklinasyon açısı 0° olduğunda gün uzunluğu 12 saattir. Deklinasyon açısının aylık ortalama değerine bağlı olarak aylık ortalama gün uzunluğu (t_o) denklem 3.12’ye göre belirlenir. Buradaki ω_{gb} , güneş batışı için saat açısıdır.

$$t_o = \frac{2}{15} \arccos \left[\frac{-\tan(\delta) \tan(\varphi)}{\omega_{gb}} \right] \quad (3.12)$$

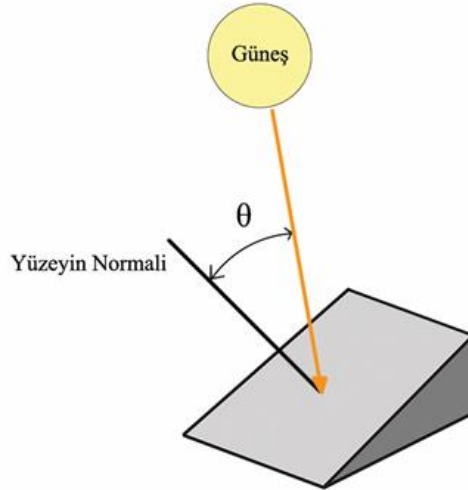
3.2.3 Yüzeye ilişkin açılar

Eğimli bir yüzeyin konumunu belirlerken; eğimli yüzeyin yatayla yaptığı eğim açısı (β), zenit açısı (ψ), güneş yükseklik açısı (α) ve eğimli yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümünün güney doğrultusu ile yaptığı yüzey azimut açısı (γ) ile belirlenir. Eğimli yüzey normalinin yatay düzlemdeki izdüşümünün güneyle doğrultusu ile yaptığı açı yüzey azimut açısı olarak tanımlanabilir (Berköz, 1983). Yüzey azimut açısı güneye bakan yüzeyler için 0° iken, doğuya yönelen yüzeyler için artı (+), batıya yönelen yüzeyler için eksi (-) olarak alınır. Şekil 3.7’de eğimli yüzeyin açıları gösterilmektedir.



Şekil 3.7: Eğimli düzlemde oluşan güneş açıları (Öztürk, 2008).

Güneşin geliş açısı (θ), yüzeyin normali ile güneş ışınımı arasındaki açı olarak tanımlanabilir. Yüzey, güneş ışınlarına dik olduğunda geliş açısı 0° iken, güneş ışınlarına paralel olduğunda 90° olur (Öztürk, 2008). Güneşin geliş açısının eğimli bir düzlemdeki gösterimi Şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.3.8: Güneş geliş açısı.

Güneş enerji sistem tasarımı geliş açısı oldukça önemlidir Denklem 3.13’de geliş açısının hesaplanmasını sağlayan eşitlik gösterilmiştir.

$$\cos\theta = \begin{bmatrix} \sin(\delta)\sin(\varphi)\cos(\beta) - \sin(\beta)\cos(\varphi)\sin(\beta)\cos(\gamma) \\ + \cos(\delta)\cos(\varphi)\cos(\beta)\cos(\omega) + \cos(\delta)\sin(\varphi)\sin(\beta) \\ \cos(\gamma)\cos(\omega) + \cos(\delta)\sin(\beta)\sin(\gamma)\sin(\omega) \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Eğim açısı β olan eğimli bir düzlem tam güney yönüne bakıyorsa güneş geliş açısı kuzey yarım küre için denklem 3.14’de olduğu gibi yazılabilir. Ayrıca yine güneye bakan kuzey yarım küredeki eğimli bir düzlem için gün öğlesinde güneş geliş açısı denklem 3.15’de gösterilmiştir (Öztürk, 2008).

$$\cos\theta = [\cos(\varphi - \beta)\cos(\delta)\cos(\omega) + \sin(\varphi - \beta)\sin(\delta)] \quad (3.14)$$

$$\theta_{\text{ögle}} = |\varphi - \delta - \beta| \quad (3.15)$$

3.3 Eğimli Cephe Yüzeyine Gelen Toplam Güneş Işınımı ve Hesaplanması

Güneş enerjisinden ısı olarak yararlanırken çoğu zaman güneş ışınımını alan yüzeyler eğimlidir ve hesaplamaların bu yüzeylere uygun olarak yapılması önemlidir. Eğimli yüzeyler; mimaride dış duvar, pencere ya da çatı gibi bina bileşenlerinde kullanıldığı gibi mühendislik uygulamalarında ve güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda da (güneş kollektörleri, fotovoltaik paneller v.b.) kullanılır. Fakat çoğu meteoroloji istasyonlarında eğimli yüzeylere gelen toplam ışınlm, direkt ışınlm ve yansıyan ışınlm ölçülmemektedir.

Eğimli bir yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınlmını hesaplamak için; eğimli yüzeye gelen saatlik direkt, yaygın ve yansıyan ışınlmlarının bilinmesi gereklidir. Bu bileşenlerin hesaplanabilmesi için de yatay yüzeye gelen toplam, yaygın ve direkt güneş ışınlmlarının bilinmesi gereklidir. Eğimli bir yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınlmı (ITE) denklem 3.16’da gösterilen denklem ile hesaplanır (Liu ve Jordan, 1960; Duffie ve Beckman, 2013).

$$I_{TE} = I_{De} + I_{de} + I_{re} \quad (3.16)$$

Buradaki I_{De} , I_{de} ve I_{re} sırasıyla eğimli yüzeye gelen direkt, yaygın ve yansıya ışınlamaları ifade eder. Direkt, yaygın ve yansıyan güneş ışınlam değerlerini hesaplamak için literatürde bulunan çeşitli modellerden yararlanılır.

3.3.1 Eğimli yüzeye gelen direkt güneş ışınlamı

Yüzeyleri etkileyen direkt güneş ışınlam şiddeti denklem 3.17’de gösterilmiştir. Yeryüzünü etkileyen direkt normal güneş ışınlam şiddeti; atmosferin, mevsimlere göre değişim gösteren toz ve su buharı bileşenleri değerlerine ve dünya güneş arasındaki uzaklığa bağlı olarak değer kazanır (Berköz, 1977).

$$I_{De} = I_{DN} \cos \theta \quad (3.17)$$

I_{DN} = Güneş ışınlamına dik olan bir yüzey üzerindeki direkt güneş radyasyonu (Kcal/m².h)

Bu denklemdeki güneş geliş açısı (θ); güneşin yükseliş açısı, yüzey-azimut açısı ve yüzeyin eğim açısına bağlı olarak denklem 3.18’de gösterilmiştir.

$$\cos \theta = (\cos \alpha . \cos \gamma . \sin \beta) + (\sin \alpha . \cos \beta) \quad (3.18)$$

Bu denklemdeki güneşin yükseliş açısı (α); bulunan yerin enlemine, gün ve saatlere göre değişimini gösterir. Yüzey-güneş azimut açısı (γ) ; enlem, saat ve yüzeylerin baktırıldığı yönler ile ilgili olarak değişim gösterir. Yüzeyin eğim açısı ise (β); yüzeyin yatay düzlem ile yaptığı açıdır ve yüzeyin durumunu belirler. Dolayısıyla, yüzeyleri etkileyen direkt güneş ışınlam şiddeti;

- Güneşin durumuna,
- Enleme,
- Zamana,
- Yöne,

- Atmosfer koşullarına,
- Ele alınan yerin deniz düzeyinden olan yüksekliğine ve
- Yüzeyin durumuna bağlı olduğu söylenebilir (Berköz, 1977).

3.3.2 Eğimli yüzeye gelen yaygın gök ışıınımı

Yaygın gök ışıınımı, gök 'ün tümünden gelmesi ve yönsel olmayan dağılım göstermesiyle, şiddetinin saptanması oldukça zordur. Atmosferdeki su buharı ve toz bileşenlerin değişimi ile farklılık gösterir. Berrak gök koşullarında, herhangi bir yüzeyi etkileyen yaygın gök ışıınım şiddeti denklem 3.19'da gösterilmiştir (Berköz, 1977).

$$I_{de} = I_{DN} . C . F_{ss} \quad (3.19)$$

Bu eşitlikte yer alan C gök yayma faktörüdür ve boyutsuzdur. Fss ise yüzey ile gök arasındaki açı faktörü olup denklem 3.20'deki eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$F_{ss} = (1 + \cos \beta) / 2 \quad (3.20)$$

Verilen bu eşitlikte, gök 'ün üniform bir şekilde yaygın gök ışıınımını yaydığı varsayılmıştır. Bu nedenle, bu eşitlikle belirli bir konumda bulunan ve farklı yönlere bakan yüzeyleri, ele alınan herhangi bir zaman ve enlemde etkileyen yaygın gök ışıınımı şiddetlerinin eşit olduğu kabul edilir (Berköz, 1977).

Tam kapalı hava koşullarında hesaplamalarda, yeryüzüne ulaşan güneş ışıınımlarından sadece yaygın gök ışıınımı dikkate alınarak yapılır.

3.3.3 Eğimli yüzeye gelen yansımış ışıınım

Bir yüzeye, çevresindeki bir yüzeyden yaygın yansıma ile gelen güneş ışıınım şiddeti, yüzeyin yansıtma faktörü ve alıcı yüzeyle yansıtıcı arasındaki açı faktörünün çarpımıdır. Genellikle yansıtıcı yüzey olarak yer (zemin) alındığında ve yerin yatay durumda olduğu varsayıldığından, eğimli bir yüzeyle yer arasındaki açı faktörü Fsg denklem 3.21'de gösterildiği gibi hesaplanabilir (Berköz, 1977).

$$F_{sg} = (1 - \cos \beta) / 2 \quad (3.21)$$

Bu denklem yardımıyla eğimli yüzeye yaygın yansıma ile gelen yansımış ışınım şiddeti denklem 3.22’de gösterilen formülle hesaplanır.

$$I_{re} = (I_{DH} + I_{dsH}) \cdot \rho \cdot F_{sg} \quad (3.15)$$

IDH= Yatay yüzeydeki direkt güneş ışınım şiddeti, Kcal/m².h

IdsH= Yatay yüzeydeki yaygın gök ışınım şiddeti, Kcal/m².h

ρ =Yüzey yansıtma faktörü, albedo

Çizelge 3.1’de farklı yüzeylerin yansıtma oranları verilmektedir (Duffie, Beckman, 2013).

Çizelge 3.1: Farklı yüzeyler için yansıtma oranları (Duffie, Beckman, 2013).

Yüzey	Yüzey Yansıtma Oranı (ρ)
Taze Kar	0,75
Su Yüzeyi	0,07
Toprak	0,14
Kara Yolu	0,04
Asfalt Kaplı Zemin	0,10
Beton Kaplı Zemin	0,22
Yeşil Taze Çim	0,26
Bina Yüzeyleri, Koyu	0,27
Bina Yüzeyleri, Açık	0,60

3.4 Türkiye’de Güneş Işınım Değerleri

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça iyi durumdadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2,741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen

güneş enerjisi ise 1,527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu ifade edilmiştir (Url-9).

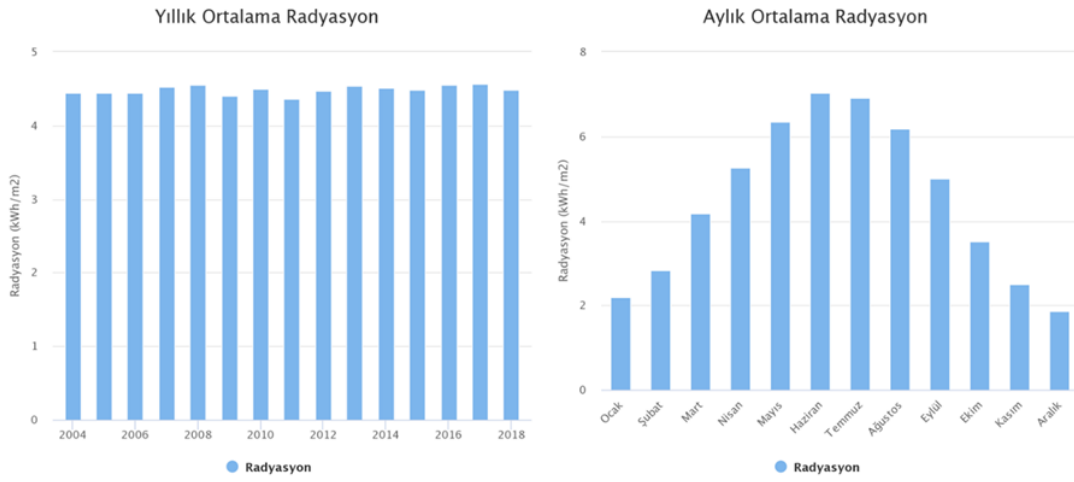
Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DM), Türkiye’deki global güneş ışıınım dağılımını hesaplama için melez bir model olan Heliosat modelini kullanmaktadır. Helioasat modeli ile; açık hava direkt ve yaygın ışıınım değerleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır. METEOSAT MSG uydu verilerini kullanarak açık hava için hesaplanan global güneş ışıınım değeri, ışıınım değerini etkileyen parametreler ile düzeltilmektedir. Modelin yaklaşık %2 hata payı olduğu yapılan verifikasyon çalışmaları sonucu saptanmıştır. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DM) tarafından 2004-2018 yılları arası için günlük global güneş ışıınım veri arşivi oluşturulmuştur. Güneş ışıınım verileri ile Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) birleştirilerek global güneş dağılım haritaları hazırlamıştır. Çizelge 3.2 ‘de güneş ışıınım miktarını etkileyen bileşenler ve etkileri gösterilmiştir (Varınca ve Gönüllü,2006). Şekil 3.9’da ise Türkiye global güneş ışıınımını uzun yıllar ortalamasını (2004-2018) ve bu çalışma için seçilen Türkiye’nin farklı iklim bölgelerini temsil eden 5 il görülmektedir Şekil 3.11’de ise Türkiye için yıllık ortalama ışıınım miktarı ve aylık ortalama ışıınım miktarı gösterilmiştir. Bu verilere göre günlük en çok ortalama ışıınım miktarı Haziran ayında, en az ortalama ışıınım miktarı ise Aralık ayında gerçekleşmektedir. Güneydoğu ve Akdeniz sahilleri güneş ışıınım miktarının en yüksek olduğu bölgelerdir. Doğu Karadeniz Bölgesi ise güneş ışıınım miktarının en az olduğu bölgedir.

Çizelge 3.2: Güneş ışıınım miktarını etkileyen bileşenler ve etkileri

Bileşen	Etkileri
Güneş Çıktısı	11 Yıllık Güneş Periyodu
Dünya –Güneş Mesafesi	Yıllık %3.5 Değişim
Bulutlar	Baskın Faktör Görevi
Su Buharı	Seçici Yutucu
Hava Kirliliği	Direkt Işıınımın %50 Azaltılması
Orman Yangınları	Bölgesel Etki
Konum	Güneşin konumu



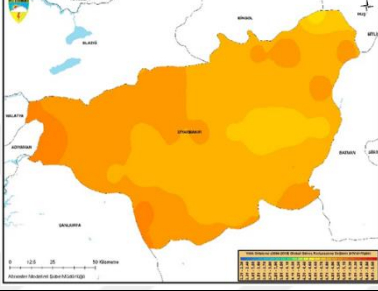
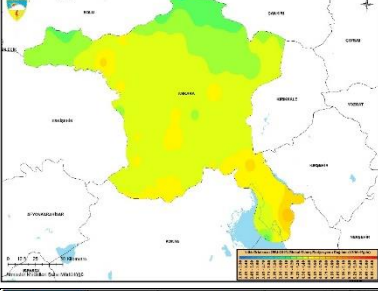
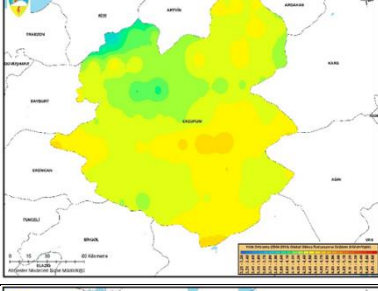
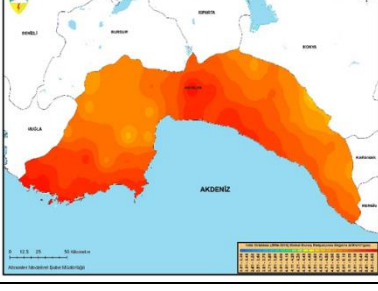
Şekil 3.9: Türkiye için yıllık global güneş ışınlm dağılımı ve çalışma için seçilen iller (Url-10).



Şekil 3.10: Türkiye için yıllık ortalama güneş ışınlmı ve aylık ortalama güneş ışınlmı (Url-10).

Bu çalışma için seçilen Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan 5 şehre ait yıllık global güneş ışınlmı dağılımları, yıllık ve aylık ortalama güneş ışınlm miktarlarını Çizelge 3.3'de gösterilmektedir (Url-10). Bu iller birbiriyle kıyaslandığında en yüksekten en düşüğe yıllık ortalama güneş ışınlm miktarı sırasıyla Antalya, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve İstanbul da görülmektedir.

Çizelge 3.3: Çalışma için seçilen illerin yıllık ve aylık ortalama güneş ışınım miktarı (Url-10).

İl	Yıllık Ortalama Güneş Işınım Dağılımı	Yıl	Ortalama Güneş Işınım Miktarı, (kWh/m ²)	Ay	Ortalama Güneş Işınım Miktarı, (kWh/m ²)
İstanbul		2006	4,087	Ocak	1,882
		2007	4,226	Şubat	2,374
		2008	4,19	Mart	3,47
		2009	4,163	Nisan	5,017
		2010	4,016	Mayıs	6,123
		2011	4,001	Haziran	6,822
		2012	4,235	Temmuz	6,585
		2013	4,173	Ağustos	6,064
		2014	4,013	Eylül	4,475
		2015	4,083	Ekim	2,914
		2016	4,17	Kasım	1,961
		2017	4,173	Aralık	1,55
		2018	3,978	Ort.	3,685
Diyarbakır		2006	4,696	Ocak	2,33
		2007	4,65	Şubat	2,984
		2008	4,979	Mart	4,712
		2009	4,652	Nisan	5,456
		2010	4,826	Mayıs	6,788
		2011	4,702	Haziran	7,456
		2012	4,74	Temmuz	7,151
		2013	4,821	Ağustos	6,259
		2014	4,874	Eylül	5,403
		2015	4,79	Ekim	3,901
		2016	4,865	Kasım	2,859
		2017	4,886	Aralık	2,108
		2018	4,755	Ort.	4,589
Ankara		2006	4,238	Ocak	2,065
		2007	4,481	Şubat	2,836
		2008	4,422	Mart	4,049
		2009	4,226	Nisan	5,233
		2010	4,341	Mayıs	6,336
		2011	4,222	Haziran	6,602
		2012	4,294	Temmuz	6,704
		2013	4,391	Ağustos	5,954
		2014	4,38	Eylül	4,708
		2015	4,326	Ekim	3,31
		2016	4,402	Kasım	2,371
		2017	4,381	Aralık	1,915
		2018	4,354	Ort.	4,064
Erzurum		2006	4,351	Ocak	2,082
		2007	4,237	Şubat	2,588
		2008	4,354	Mart	3,901
		2009	4,238	Nisan	5,197
		2010	4,434	Mayıs	6,069
		2011	4,218	Haziran	7,15
		2012	4,335	Temmuz	7,108
		2013	4,398	Ağustos	6,256
		2014	4,415	Eylül	4,956
		2015	4,445	Ekim	3,401
		2016	4,359	Kasım	2,271
		2017	4,52	Aralık	1,282
		2018	4,378	Ort.	3,759
Antalya		2006	5,049	Ocak	2,713
		2007	5,16	Şubat	3,533
		2008	5,236	Mart	4,977
		2009	5,008	Nisan	5,934
		2010	5,086	Mayıs	7,087
		2011	5,012	Haziran	7,777
		2012	5,042	Temmuz	7,524
		2013	5,163	Ağustos	6,67
		2014	5,036	Eylül	5,492
		2015	5,106	Ekim	4,115
		2016	5,199	Kasım	3,029
		2017	5,137	Aralık	2,328
		2018	5,089	Ort.	4,290



4. BİNALARDA CEPHE EĞİMİNİN ENERJİ YÜKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde enerji tüketiminin büyük kısmı binaların yapım ve kullanım aşamasında tüketilen enerjilerden oluşmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının tükenmesi ve giderek artan küresel ısınma sorunu, enerji korunumuna yönelik çalışmaları önemli bir noktaya taşımaktadır. Enerji tüketiminin oldukça yüksek olduğu inşaat sektöründe ilk tasarım aşamasında alınacak önlemler enerjinin etkin olarak kullanılmasında oldukça önemli bir husustur. Enerji etkin bina tasarımı sürecinde etkili olan parametrelerden bir tanesi de bina formudur. Bina formu; biçim faktörü (plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı), bina yüksekliği, çatı türü (düz, beşik ve kırma çatı), çatı eğimi ve cephe eğimi gibi binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir (Berköz ve diğ., 1995). Bu değişkenlerden cephe eğiminin değişiminin binanın ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisinin araştırılması önemli bir konudur. Eğimli bir cephe güneşin cepheye dik gelmesine olanak vererek ısıtma yüklerinin azaltılmasını sağlayabilir. Ancak eğimli bir cephe aynı zamanda binanın kendini gölgelemesine neden olabilir ve gün içinde doğrudan güneş ışıınım kazanç miktarını azaltarak soğutma yüklerinin azaltılmasına katkıda bulunabilir (Capeluto,2013).

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan iller için farklı cephe eğimlerine sahip binaların ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri ve bu binalarda oluşan konfor koşullarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı 1,5 olacak şekilde, saydam bileşenin bulunduğu cephenin alanı sabit tutulup, eğimi değiştirilerek (9 farklı eğim derecesi ile) 9 farklı bina formu oluşturulmuştur. Tek hacimden oluşan binada saydamlık oranı için 8, yönlendirme için ise 16 farklı seçenek önerilmiştir.

4.1 Dış Çevreye Ait İklim Verilerinin Belirlenmesi

Simülasyon çalışmasında, tüm hesaplamalar meteorolojik veriler doğrultusunda hazırlanmış olan meteorolojik veri dosyasının kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Veri dosyaları hava sıcaklığı, güneş ışıınımı, hava hareketi hızı ve yönü, bağıl nem gibi dış

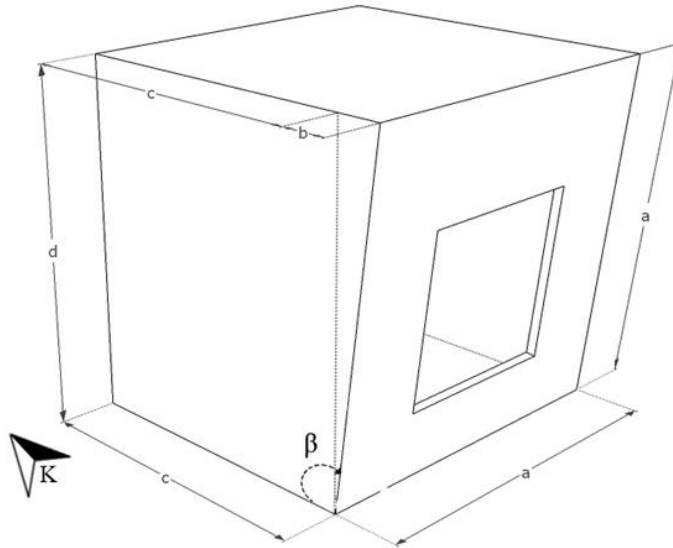
iklim elemanlarına ait veriler içermektedir. Simülasyon hesaplamalarının gerçekleştirildiği İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illerine ait epw. (energy plus weather) formatındaki iklimsel veriler EnergyPlus adlı simülasyon programında kullanılmıştır.

4.2 Binaya Ait Değişkenlerin Belirlenmesi

Değerlendirilmenin yapıldığı tek hacimden oluşan bina gün içerisinde 24 saat kullanılmaktadır. İç hava sıcaklığının yıl içindeki konfor değeri; ısıtmanın istendiği dönem için 20°C, soğutmanın istendiği dönem için ise 26°C olarak belirlenmiştir. Ele alınan binada metrekareye düşen aydınlık düzeyi 8 W/m² olarak belirlenmiştir. Hacimlerdeki infiltrasyon oranı ise ASHRAE Standard 55 ve BEP-TR (Binalarda Enerji Performansı hesaplama Yöntemi) verilerine göre 0,5 h⁻¹ olarak kabul edilmiştir (ASHRAE, 2013; BEP-TR, 2009).

4.2.1 Değerlendirilecek bina formlarının oluşturulması

Değerlendirme çalışmasında kullanılmak üzere oluşturulan tek hacimden oluşan binanın yıllık ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin etkin bir şekilde belirlenmesi için A/V oranları 1,5 olan ve saydam bileşenin bulunduğu cephe için 9 farklı eğim önerilen, 9 farklı bina formu üretilmiştir. Şekil 4.1’de tek hacimden oluşan binaya ait boyutlar (a, b, c, d) ve saydam bileşenin olduğu cephenin yer düzlemi ile yaptığı açı, yani eğim açısı (β) gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Binanın boyutları ve cephe eğimi açısının gösterimi.

Cephe eğiminin değişmesiyle oluşturulan farklı formlardaki tek hacimli binanın boyutlarına ilişkin değişkenleri simgeleyen b, c ve d değerlerine ait denklemler 4.1, 4.2 ve 4.3 'de gösterilmektedir.

$$b = a \times \cos(\beta - 90) \quad (4.2)$$

$$d = a \times \sin(\beta - 90) \quad (4.2)$$

$$c = \left(\frac{a}{\cos(\beta - 90)} \right) - \left(\frac{a \sin(\beta - 90)}{2} \right) \quad (4.3)$$

Ele alınan tek hacimli binalarda cephe eğimi; saydam bileşenin bulunduğu cephe ile yer düzlemi arasındaki açılar 10'ar derece artacak şekilde 50°, 60°, 70° 80°, 90 °, 100°, 110°, 120°, 130° olarak kabul edilmiştir.

Tek hacimden oluşan binaya ait yapma çevre değişkenleri, pencere yüzeyine gelen toplam güneş ışınlamı ve hacimlerin yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini etkilemektedir. Çizelge 4.2 'de farklı cephe eğimine sahip ve tek hacimden oluşan binalara ait seçenekler gösterilmiştir.

4.2.2 Binanın yerinin ve diğer binalara göre konumunun belirlenmesi

Çalışmada ele alınan tek hacimli bina seçenekleri Türkiye'nin farklı derece gün bölgelerinde bulunan beş farklı il (İstanbul, Ankara, Diyarbakır, Erzurum ve Antalya) için değerlendirilmiştir. Tek hacimden oluşan binanın düz bir arazide yer aldığı herhangi bir bina tarafından gölgelenmediği varsayılmıştır. Seçilen illerin yerlerine ait konum bilgisi Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

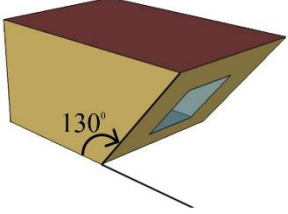
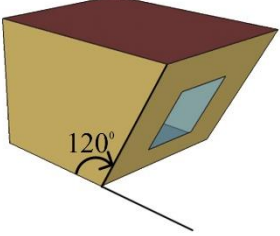
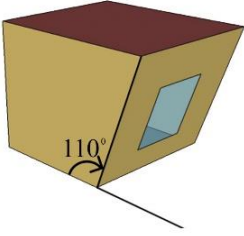
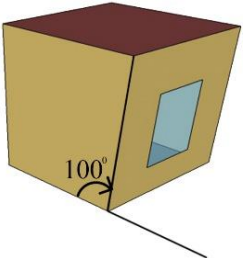
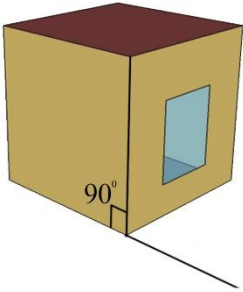
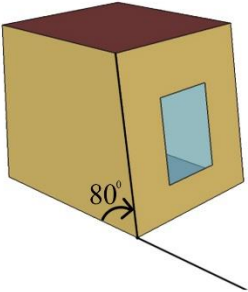
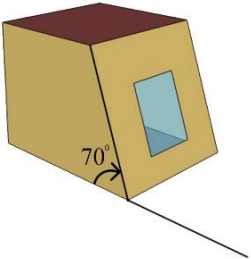
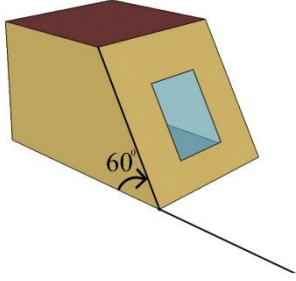
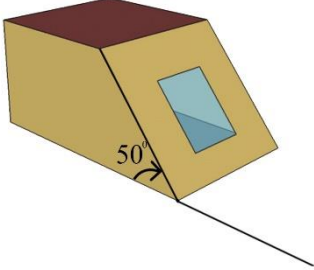
Çizelge 4.1: Hacimlerin bulunduğu yerin konum bilgisi.

Şehir	Enlem	Boylam	Yükseklik
İstanbul	40,58 (deg)	29,05 (deg)	37 (m)
Diyarbakır	37,55 (deg)	40,12 (deg)	677 (m)
Ankara	40,12 (deg)	32,98 (deg)	949 (m)
Erzurum	39,92 (deg)	41,27 (deg)	1758 (m)
Antalya	36,87 (deg)	30,73 (deg)	57 (m)

Çizelge 4.2: Bina formu ve cephe eğimi.

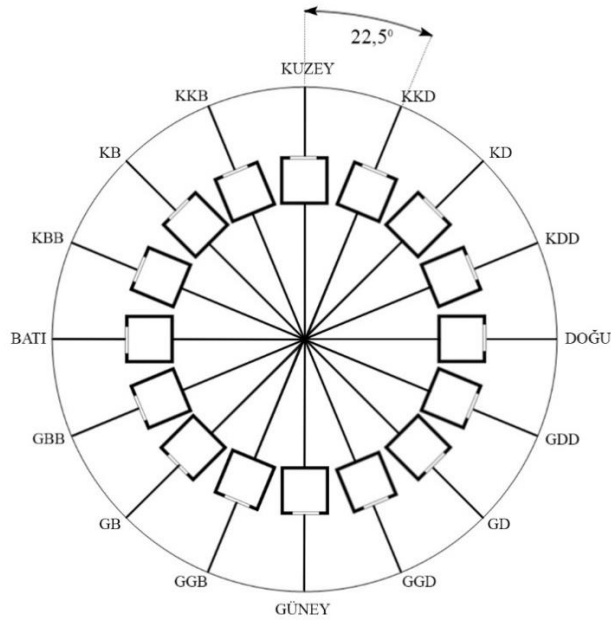
Bina Toplam Hacmi= 64 m³, Eğimli Cephe Alanı=16 m²

$$A/V = 1,5$$

Cephe Eğimi=130°	Cephe Eğimi=120°	Cephe Eğimi=110°
		
Cephe Eğimi=100°	Cephe Eğimi=90°	Cephe Eğimi=80°
		
Cephe Eğimi=70°	Cephe Eğimi=60°	Cephe Eğimi=50°
		

4.2.3 Binaların yönlendiriliş durumlarının belirlenmesi

Değerlendirme çalışması için kullanılacak tek hacimli binanın yönlerle bağlı olarak ısıtma ve soğutma yüklerinin ve hacimdeki konfor koşullarının değişimini belirlemek için eğimli cephe alanına sahip yüzey 16 farklı yöne (kuzey, kuzey kuzeydoğu, kuzeydoğu, kuzeydoğu doğu, doğu, güneydoğu doğu, güneydoğu, güney güneydoğu, güney, güney güneybatı, güneybatı, güneybatı batı, batı, kuzeybatı batı, kuzeybatı, kuzey kuzeybatı) yönlendirilmiştir. Şekil 4.2’de tek hacimli binanın yönlendiriliş durumları gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Tek hacimli binanın yönlendiriliş durumunun gösterimi.

4.2.4 Binanın mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerine ait değişkenlerin belirlenmesi

Farklı cephe eğimlerine sahip olan tek hacimli binanın mekanik sistemlerle ısıtılıp soğutulduğu kabul edilmiştir. Binalarda kullanılan mekanik sisteme ait değişkenler aşağıdaki gibidir.

- Hacimlerde ısıtma ve soğutma için kullanılan mekanik sistemlerin sürekli çalıştığı (24 saat) varsayılmıştır.
- Hacimdeki kullanıcıların konfor değerleri Çizelge 4.3’de belirtilmiştir. Hacimlerdeki konfor değeri termostat yardımı ile sağlanmaktadır.

- Hacimlerdeki ısıtma enerjisi ihtiyacı %90 verimlilikle çalışan doğalgazlı sıcak su kazanı ile merkezi olarak kullanılmaktadır.
- Hacimlerdeki soğutma enerjisi ihtiyacı ise elektrik enerjisi kullanan COP (Soğutma Etkinlik Katsayısı) değeri 1,8 olan split klima cihazları aracılığıyla sağlanmaktadır.
- Havalandırmanın doğal olarak sağlandığı kabul edilmiş ve binanın yüksek bir hava sızdırmazlığına sahip olduğunu göz önünde bulundurarak, bu bina için BEP-TR'ye (Türkiye'de Bina Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Metodolojisi) göre saat başına hava değişim hızı 0,5 saat h^{-1} olarak kabul edilmiştir (BEP-TR, 2009).

4.2.5 Binanın kullanımına ilişkin değişkenlerin belirlenmesi

Tek hacimden oluşan binanın ısıtma, soğutma yüklerinin ve konfor koşullarının belirlenmesinde etkili olan binanın kullanımına ait değişkenlerin kabulleri aşağıdaki gibidir.

- Hacimdeki kullanıcı sayısının 2 kişi olduğu kabul edilmiştir.
- Hacim kullanıcılarının gün içerisindeki kişi sayısı ve aktivite düzeyleri hafta sonu ve hafta içi olarak farklılık göstermektedir. Çizelge 4.3'de ASHRAE-55 (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy) standardından alınan ve bu çalışmadaki hesaplamalarda kullanılan kullanıcı sayısı ve aktivite düzeyleri gösterilmektedir (ASHRAE, 2013).

Çizelge 4.3: Hafta içi ve hafta sonu hacimdeki kullanıcı sayısı ve aktivite düzeyleri.

	Zaman Aralığı	Konuttaki Kişi Sayısı	Gerçekleştirilen Aktivite	Aktivite Düzeyi (W/m ²)
Hafta İçi	00:00-07:00	2	Uyuma	40
	07:00-07:30	2	Kahvaltı	60
	07:30-12:30	1	Ev İşleri	115
	12:30-15:30	1	Dinlenme	45
	15:30-18:00	1	Ev İşleri	115
	18:00-20:00	2	1 kişi; Ev İşleri 1 kişi; Dinlenme	115 60
	20:00-20:30	2	Akşam Yemeği	60
	20:30-24:00	2	Oturma, Okuma, Çalışma	60
Hafta Sonu	Zaman Aralığı	Konuttaki Kişi Sayısı	Gerçekleştirilen Aktivite	Aktivite Düzeyi (W/m ²)
	00:00-08:00	2	Uyuma	40
	08:00-20:00	2	Oturma, Okuma, Çalışma	40
	20:00-24:00	0	-	-

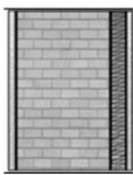
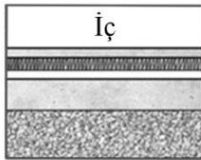
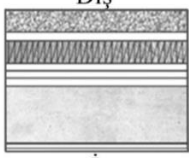
- Hacimlerdeki aydınlık seviyesi 8 W/m² olarak belirlenmiştir.
- Hacimlerdeki ekipman kullanımı haftalık kullanım sürelerine bağlı olarak belirlenmiş ve simülasyon girdileri olarak tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan hacimlerdeki elektrikli ekipman gücü 6 W/m² olarak belirlenmiştir.

4.2.6 Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Bina kabuğunun optik ve termo-fiziksel özellikleri ile kabuğun opak ve saydam bileşenlerinin alanları iç hacimde oluşan güneş ışıınımı kazançlarını ve iç konfor koşullarını etkilerken aynı zamanda hacmin yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini de etkiler. Çalışmada kullanılan farklı cephe eğimine sahip hacimlerde kabuğa ilişkin optik ve termo-fiziksel özellikler aşağıdaki gibidir.

- Çizelge 4.1 'de önerilmiş olan tüm bina formu seçenekleri için, farklı saydamlık oranlarının hacimlerdeki yıllık ısıtma ve soğutma yükleri ile iç mekân konfor koşulları üzerindeki etkisi analiz edileceğinden saydam bileşen hacmin sadece eğimli yüzeye sahip cephesinde kullanılmıştır.
- Çalışmada kullanılan farklı formlardaki hacimlerde; eğimli yüzeye sahip cephe alanında 8 farklı saydamlık oranı (%20, %30, %40, %50, %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı) kullanılmıştır. Diğer cephelerde ise saydamlık oranı %0'dır.
- Çalışma için oluşturulan tüm hacimlerde saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak kabul edilmiştir.
- Opak bileşenlere ait toplam ısı geçirme katsayı değerleri ve bina kabuğu katmanlaşma detayları TS-825 'Bina Isı Yalıtım Kuralları' Standardına göre tavsiye edilen U değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir.
- Çizelge 4.4'de farklı derece gün bölgelerinde bulunan illere göre analiz edilecek binalara ait bina kabuğu detayları ve malzeme özellikleri gösterilmiştir.

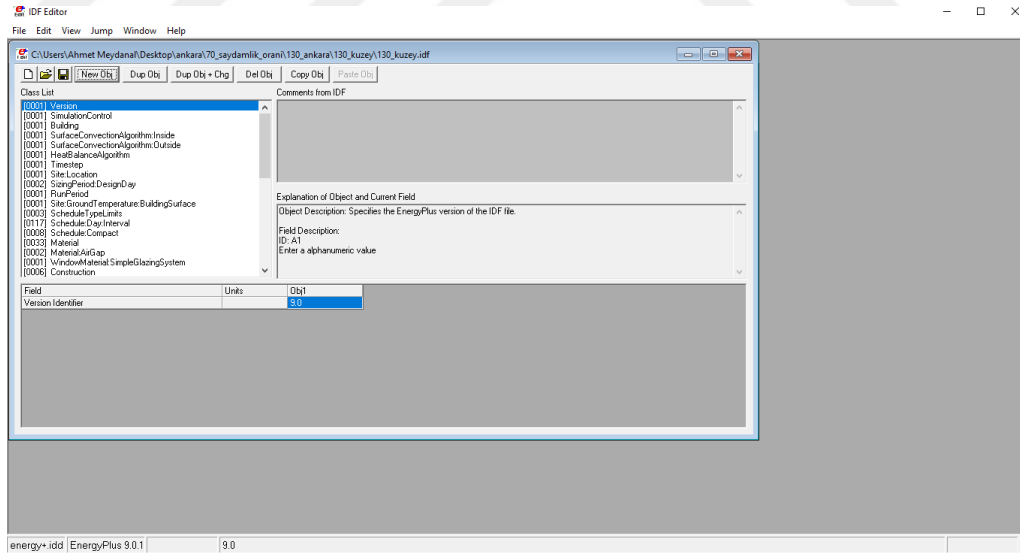
Çizelge 4.4: Bina kabuğu katmanlaşma detayları.

Opak Bileşenler	Malzeme	Isı Geçirgenlik Katsayısı λ (W/mK)	Kalınlık (m)				Toplam Isı Geçirme Katsayısı (U değeri) (W/m2k)			
			İstanbul Diyarbakır	Ankara	Erzurum	Antalya	İstanbul Diyarbakır	Ankara	Erzurum	Antalya
 İç Dış Dış Duvar Katmanı	1.Kireç Harcı	0,8	0,01							
	2.XPS Ekstrüde Polistren	0,034	0,045	0,06	0,08	0,037	0,564	0,451	0,357	0,650
	3.Tuğla	0,72	0,19							
	4.Alçı Sıva	0,4	0,01							
 İç Dış Zemine Oturan Döşeme Katmanı	1.Ahşap Kaplama	0,14	0,03							
	2.Şap	0,41	0,03							
	3.XPS Ekstrüde Polistren	0,034	0,04	0,06	0,075	0,035	0,569	0,426	0,359	0,621
	4.Tesviye Betonu	1,9	0,05							
	5.Hafif Beton	1,13	0,12							
 Dış İç Çatı Katmanı	1.Agrega-kum-çakıl	1,3	0,08							
	2.Şap	0,41	0,03							
	3.XPS Ekstrüde Polistren	0,034	0,075	0,1	0,15	0,065	0,379	0,279	0,207	0,427
	5.Betonarme	1,13	0,15							
	6.Alçı sıva	0,4	0,01							

4.2.7 Değerlendirilecek tek hacimli binalar için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Bu çalışmada, değerlendirilecek tek hacimli konut binaları için cephe eğiminin, yönlendiriliş biçiminin ve saydamlık oranının yıllık enerji yükleri üzerindeki etkisini analiz etmek için EnergyPlus™ 9.0.1 simülasyon programı kullanılmıştır. EnergyPlus™ binaların enerji performansını değerlendirmede yaygın olarak kullanılan ücretsiz ve açık kaynaklı bir programdır. Bu program DOE-2 ve BLAST programlarının geliştirilmesi ve birleşmesi ile ortaya çıkan bir programdır (Crawley, 2004). Program ısıtma, soğutma, aydınlatma, ve diğer enerji yüklerine ait sistemlerin detaylı analiz edilebildiği ve yüksek hesaplama kapasiteli bir bina enerji simülasyon programıdır. Aynı zamanda program binalardaki güneş ışıınım kazancı miktarını, iç ortam ısı kazanımını ve iç ortam koşullarını analiz edebilmektedir (Url-1). Çalışmada hesaplama algoritması olarak ‘Sonlu Farklar Hesaplama Yöntemi’ tercih edilmiştir.

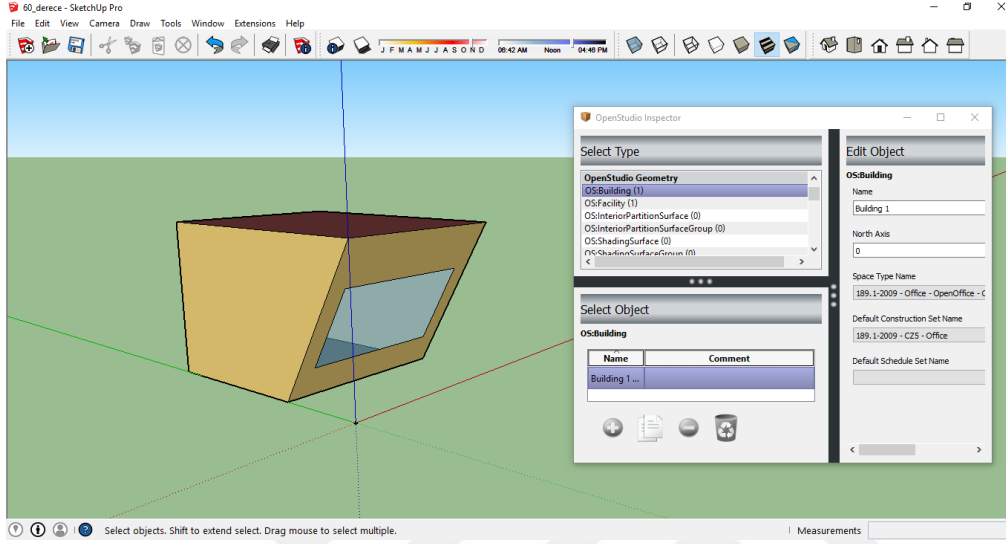
EnergyPlus™ 9.0.1 programında, idf (EnergyPlus™ Input Data File) uzantılı metin dosyası EP-Launch / IDF Editör aracılığı ile düzenlenip kullanılmaktadır. Şekil 4.3’de program ara yüzü gösterilmektedir.



Şekil 4.3: EnergyPlus™ Hesaplama Ara yüzü (IDF Editör).

EnergyPlus™ simülasyon programında IDF-Editor ile bütün verilerin işlenmesi oldukça zaman almaktadır. Bu nedenle farklı ara yüz programları geliştirilmiştir. Bu ara yüz programlarından yaygın olarak kullanılan OpenStudio IDF dosyası oluşturabilmektedir.

Program 3 boyutlu tasarımın rahatlıkla yapılabildiği SketchUp programına eklenti olarak eklenebilmektedir (Şekil 4.4). Bu çalışmada farklı cephe eğimine sahip tek zonlu binalar, SketchUp programında OpenStudio eklentisiyle oluşturulmuş ve daha sonra IDF-Editor'a aktarılmıştır. IDF-Editor'da veriler düzenlenmiş ve EnergyPlus ile bina enerji simülasyonları yapılmıştır.



Şekil 4.4: SketcUp bina modeli ve eklentisi OpenStudio ara yüzü.

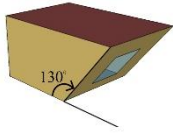
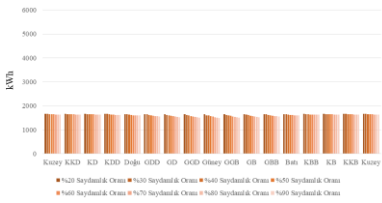
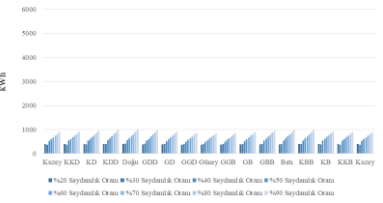
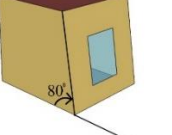
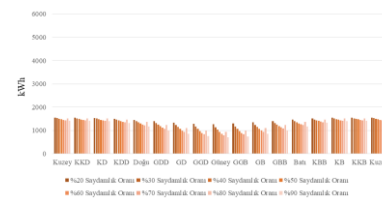
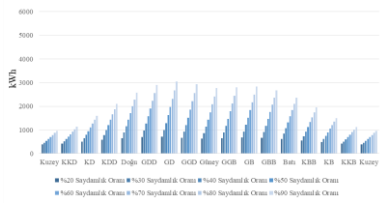
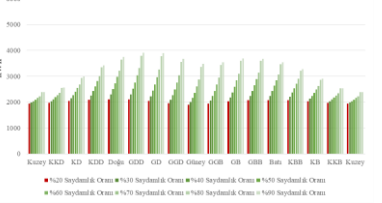
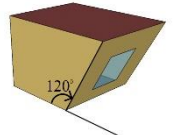
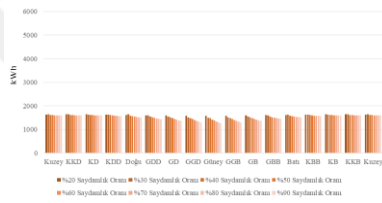
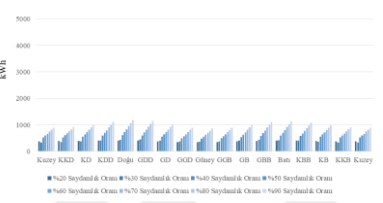
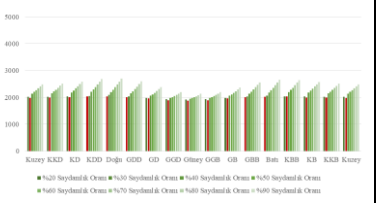
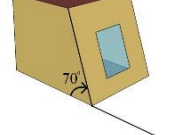
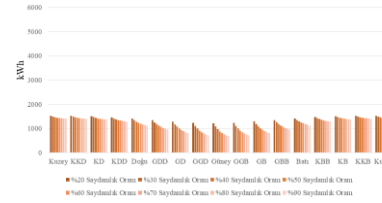
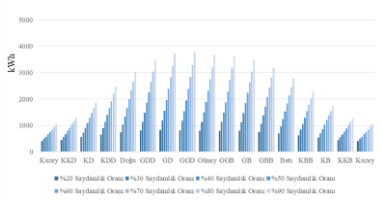
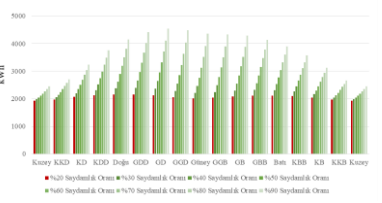
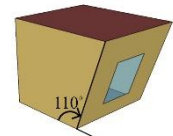
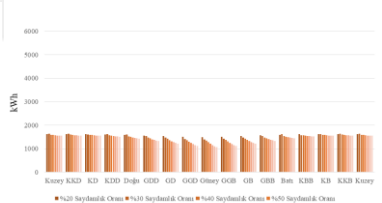
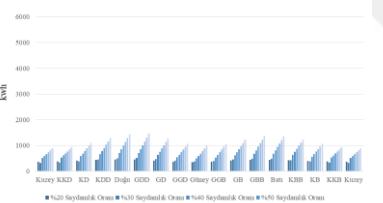
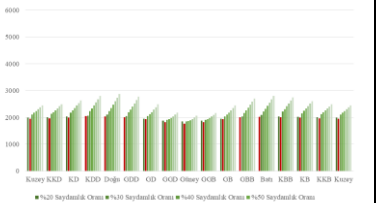
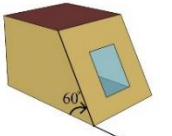
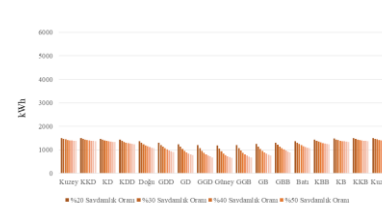
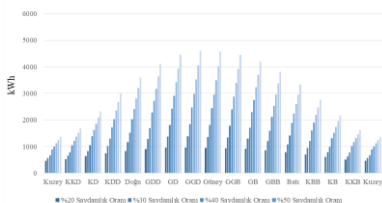
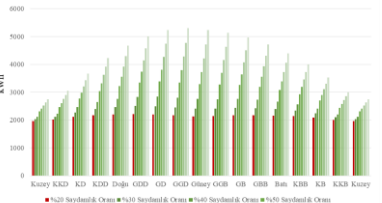
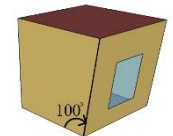
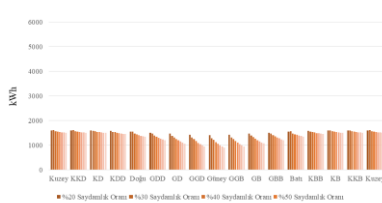
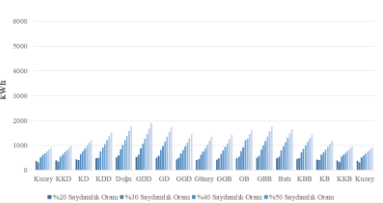
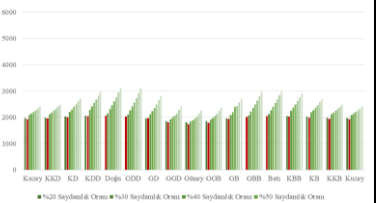
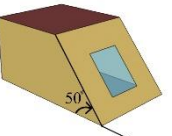
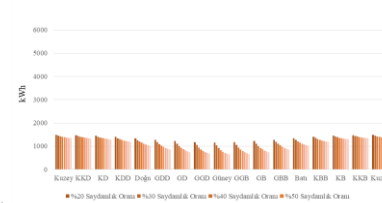
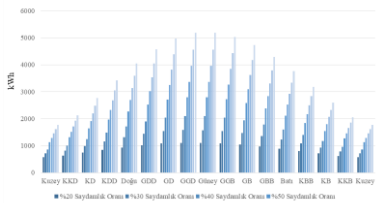
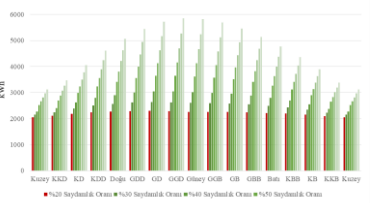
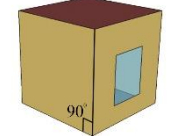
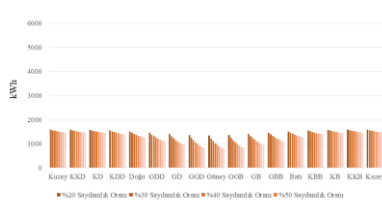
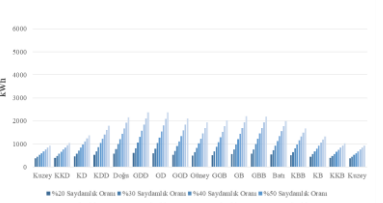
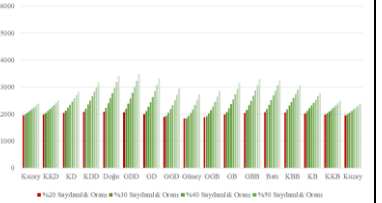
4.2.7.1 İstanbul ili için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

İstanbul iline ait Çizelge 4.4'de verilmiş olan katmanlaşma detayları ile ele alınan tek hacimli, farklı yönlere yönlendirilmiş, farklı saydamlık oranına ve farklı cephe eğimine sahip binalar için; yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Çizelge 4.5'de gösterilmiştir. İstanbul ili için yapılan hesaplamalara ait tüm seçeneklerin yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Ek-A'da (Çizelge A.1-A.2-A.3-A.4-A.5-A.6-A.7 ve A.8) detaylı olarak verilmektedir.

İstanbul ili için yönlere, cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak toplam ısıtma ve soğutma enerjisi yüklerindeki değişimi Çizelge 4.6'da radar grafikleri olarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.5: İstanbul ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri

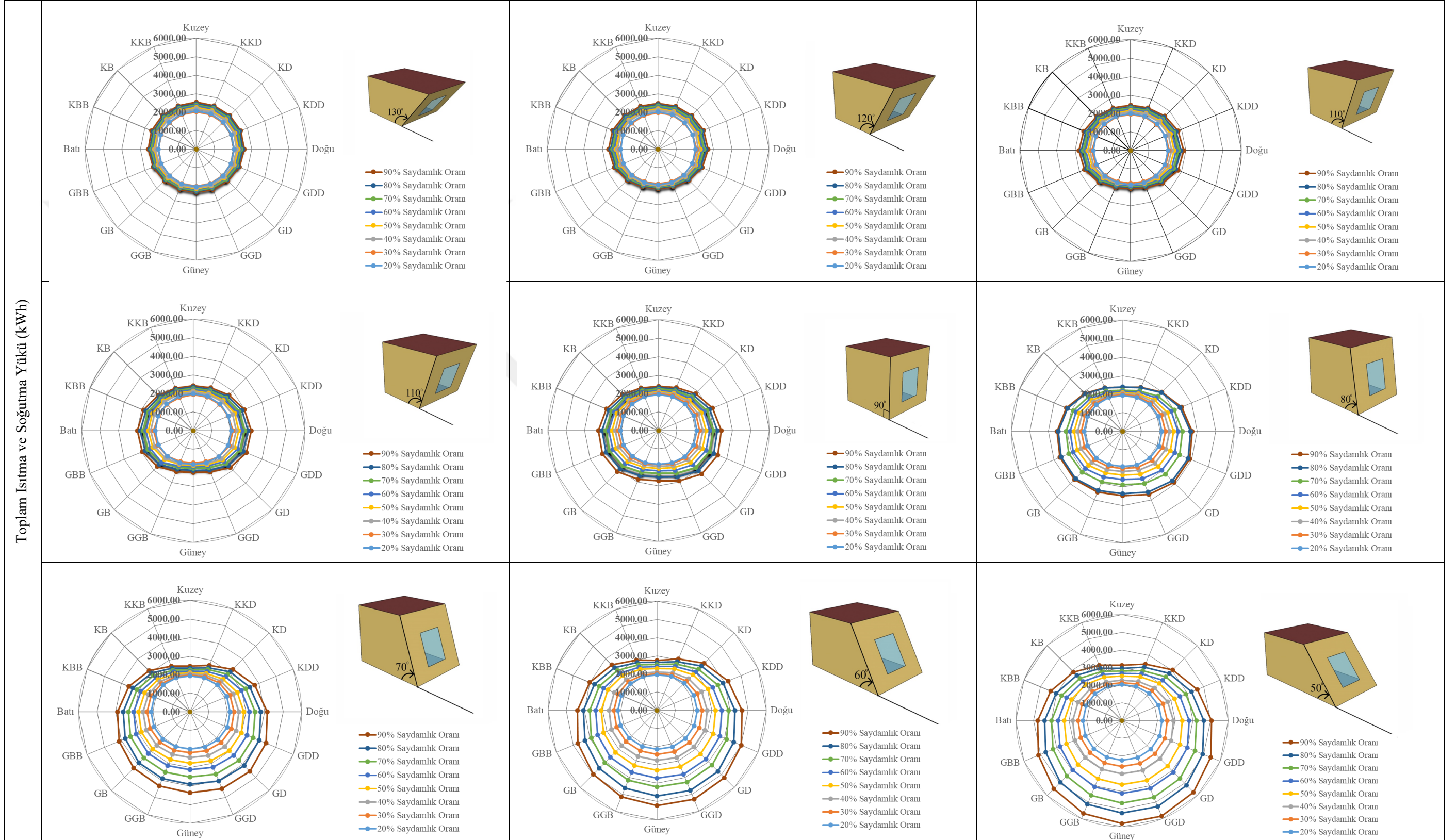
İstanbul İli için Isıtma, Soğutma ve Toplam Enerji Yükleri

Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yük	Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yük
							
							
							
							
							



Çizelge 4.6: İstanbul ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.

İstanbul İli İçin Cephe Eğim Açısına Bağlı Olarak Isıtma Ve Soğutma Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisi





İstanbul ili için oluşturulan tüm seçeneklerde en düşük toplam enerji yükleri güney yönünde ve;

- %20, %30,%40 saydamlık oranı uygulandığında cephe eğiminin 100° açı yapması durumunda,
- %50, %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 110° açı yapması durumunda gerçekleşmektedir.

4.2.7.2 Diyarbakır ili için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Diyarbakır iline de ait Çizelge 4.4’de verilmiş olan katmanlaşma detayları ile ele alınan tek hacimli, farklı yönlere yönlendirilmiş, farklı saydamlık oranına ve farklı cephe eğimine sahip binalar için; yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Diyarbakır ili için hesaplanan tüm seçeneklere ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Ek-B’de (Çizelge B.1-B.2-B.3-B.4-B.5-B.6-B.7 ve B.8) ayrıntılı olarak verilmektedir.

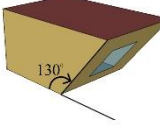
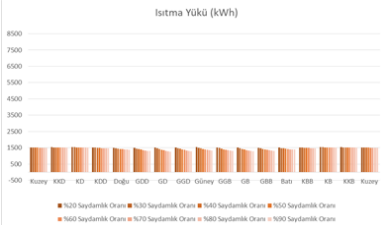
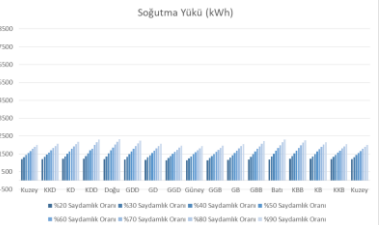
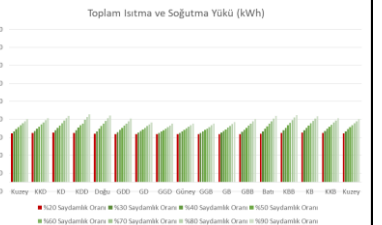
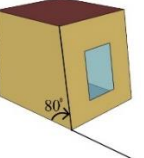
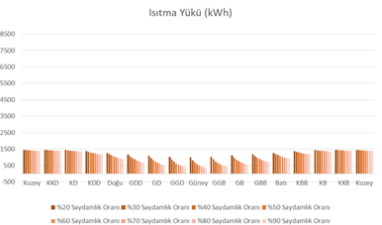
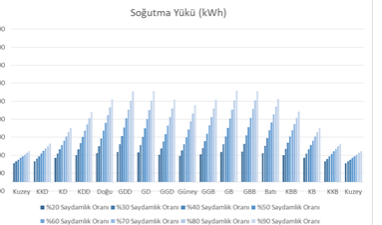
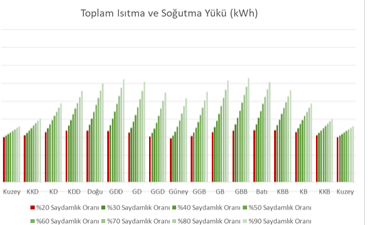
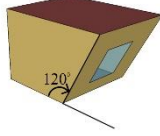
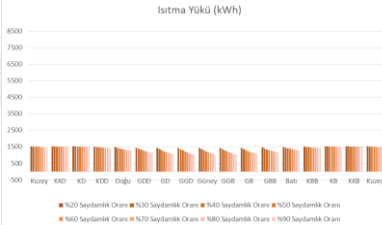
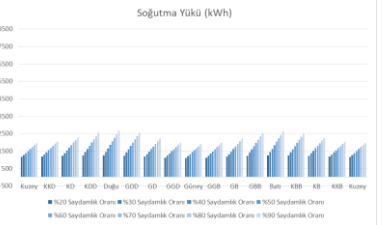
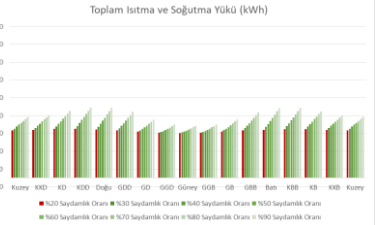
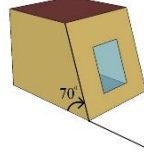
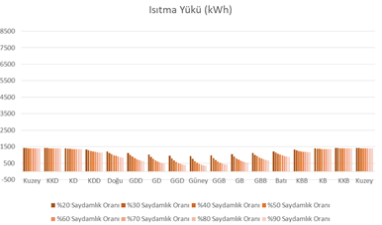
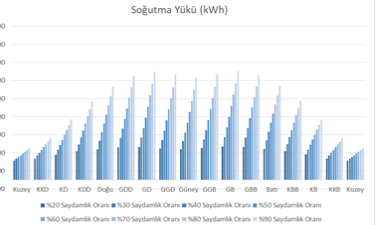
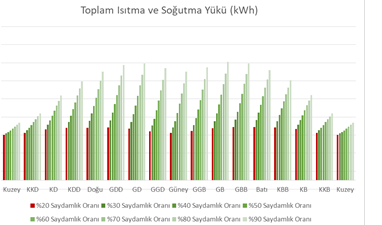
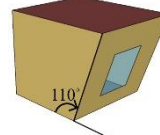
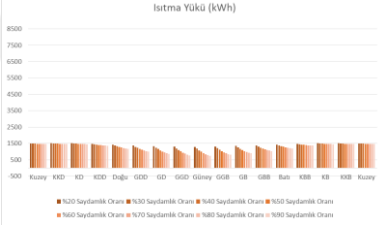
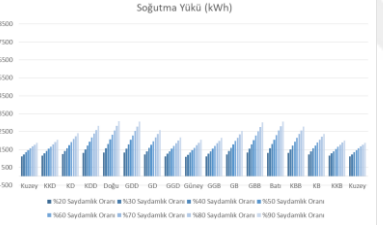
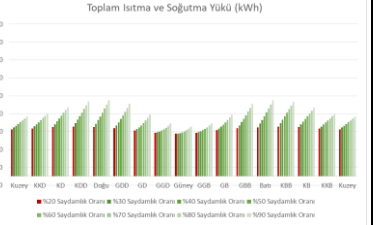
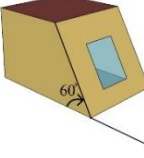
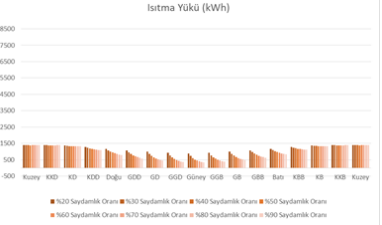
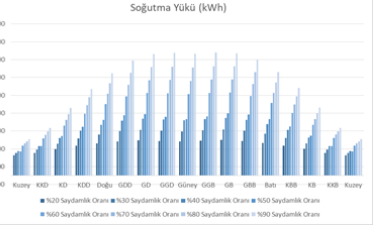
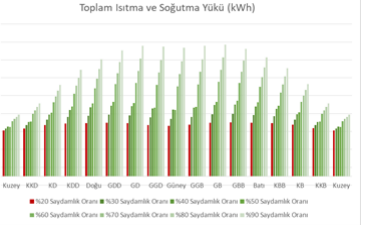
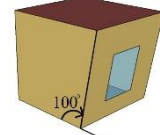
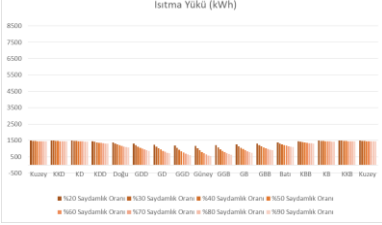
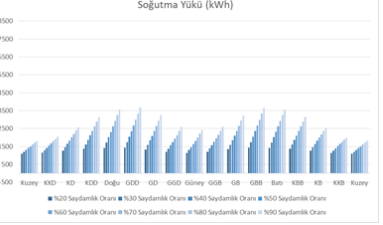
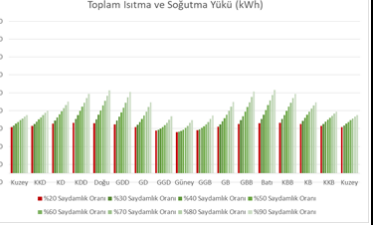
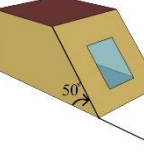
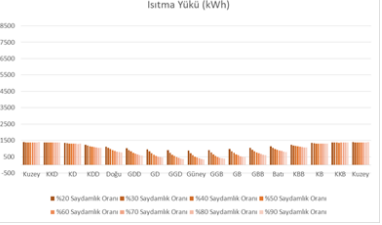
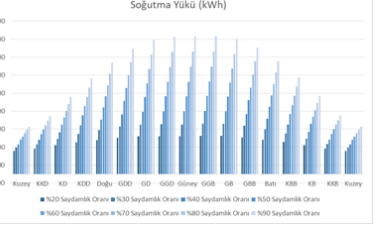
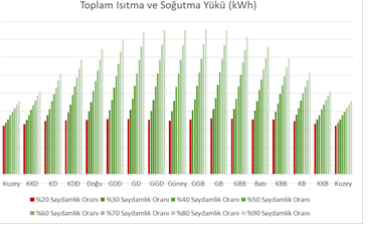
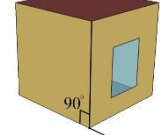
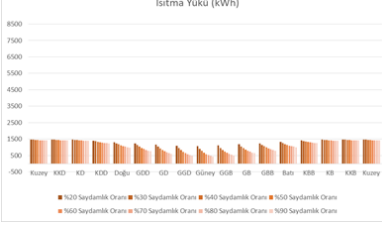
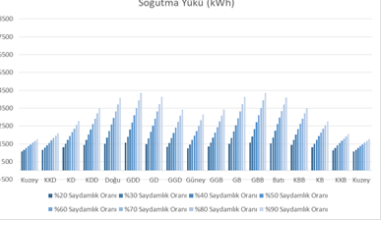
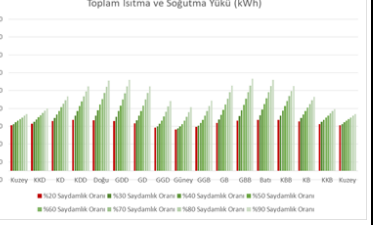
Diyarbakır ili için yönlere, cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak toplam ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimi Çizelge 4.8’de radar grafikleri olarak gösterilmektedir.

Diyarbakır ili için oluşturulan tüm seçeneklerde en düşük toplam enerji yükleri güney yönünde ve;

- %20, %30,%40, %50 saydamlık oranı uygulandığında cephe eğiminin 100° açı yapması durumunda,
- %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 110° açı yapması durumunda gerçekleşmektedir.



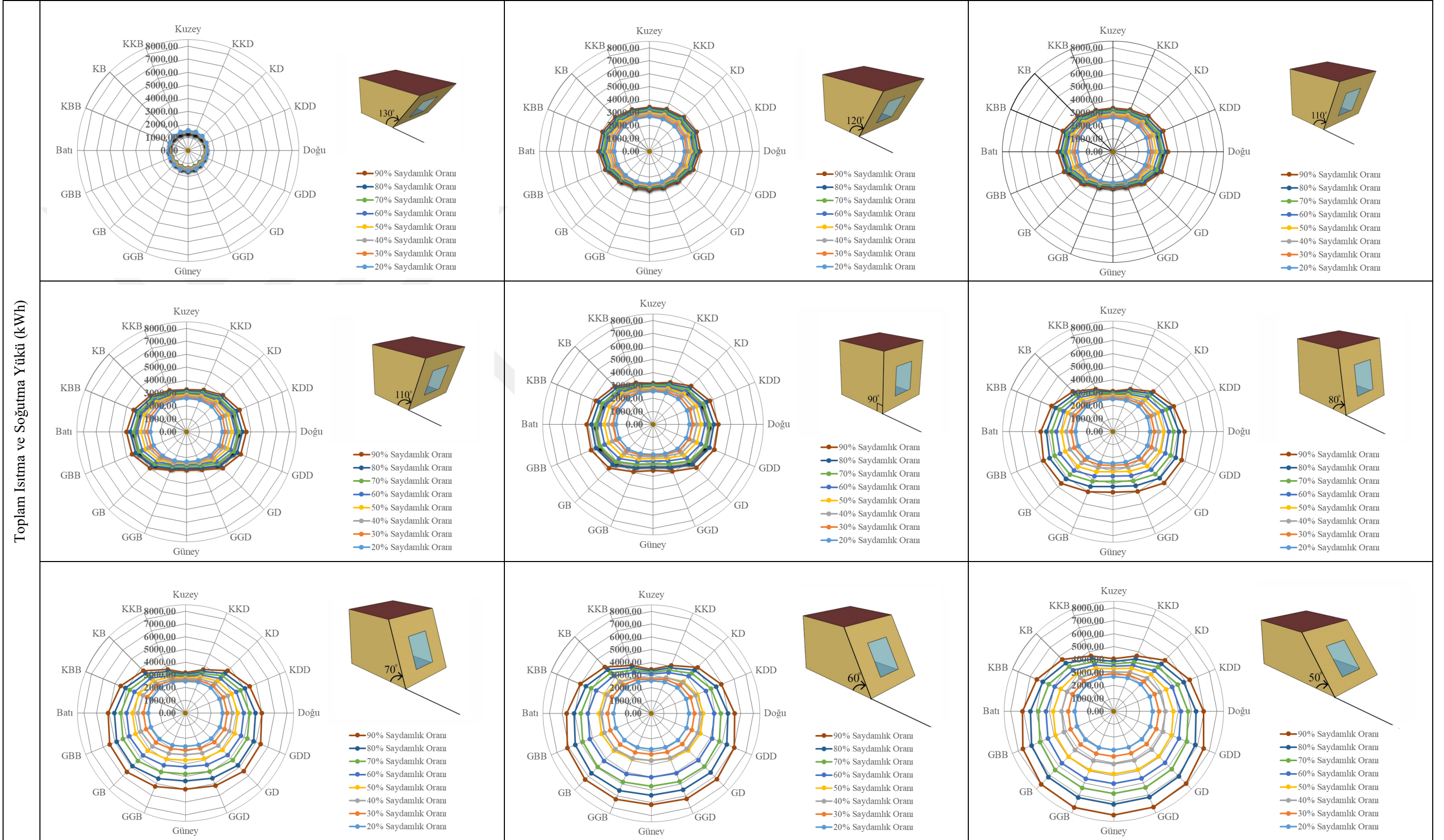
Çizelge 4.7: Diyarbakır ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.

İstanbul İli için Isıtma, Soğutma ve Toplam Enerji Yükleri							•
Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü	Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü
							
							
							
							
							



Çizelge 4.8: Diyarbakır ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.

Diyarbakır İli İçin Cephe Eğim Açısına Bağlı Olarak Isıtma Ve Soğutma Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisi





4.2.7.3 Ankara ili için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Ankara iline de ait Çizelge 4.4’de verilmiş olan katmanlaşma detayları ile ele alınan tek hacimli, farklı yönlere yönlendirilmiş, farklı saydamlık oranına ve farklı cephe eğimine sahip binalar için; yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Ankara ili için hesaplanan tüm seçeneklere ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Ek-C’de (Çizelge C.1-C.2-C.3-C.4-C.5-C.6-C.7 ve C.8) ayrıntılı olarak verilmektedir.

Ankara ili için yönlere, cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak toplam ısıtma ve soğutma yüklerindeki değişimi Çizelge 4.10’da radar grafikleri olarak gösterilmektedir.

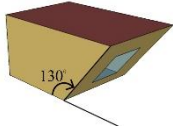
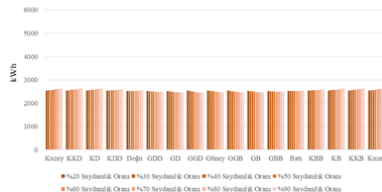
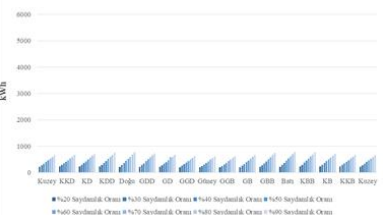
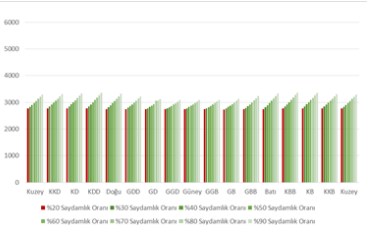
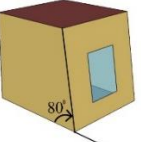
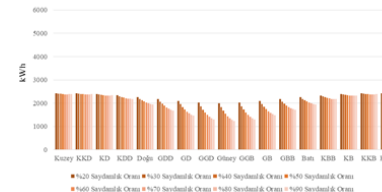
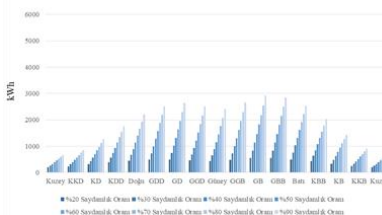
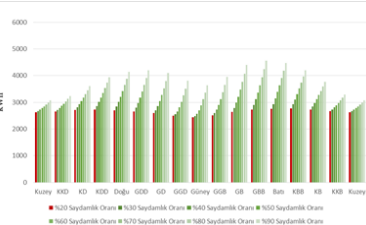
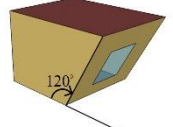
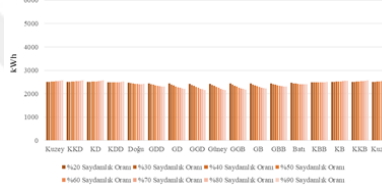
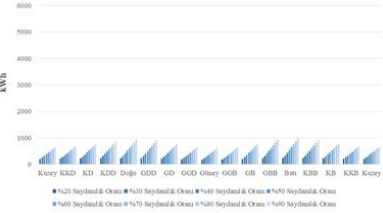
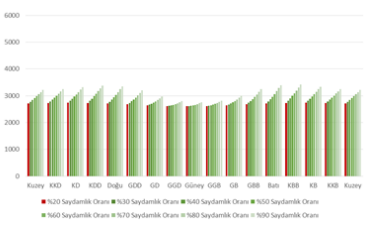
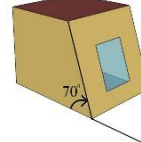
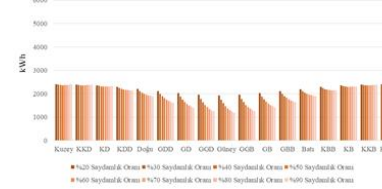
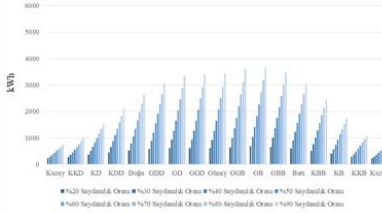
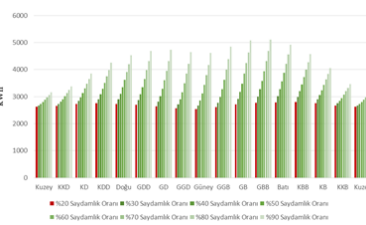
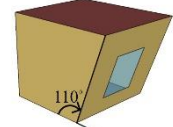
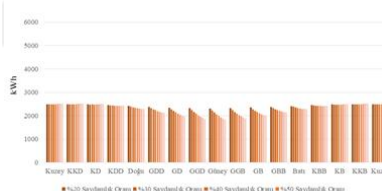
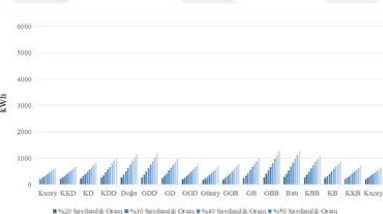
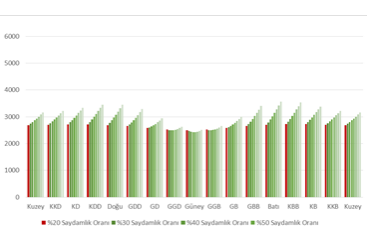
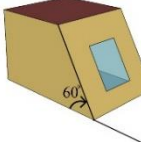
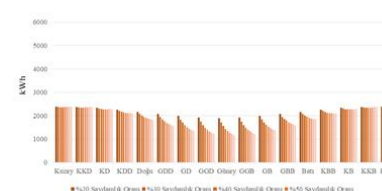
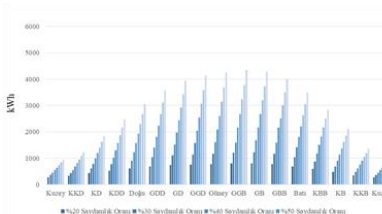
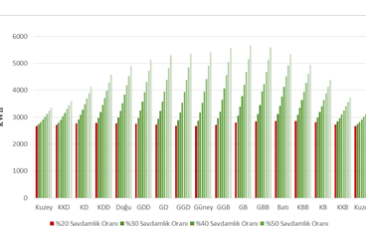
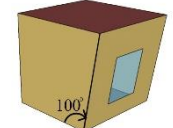
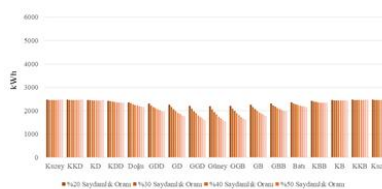
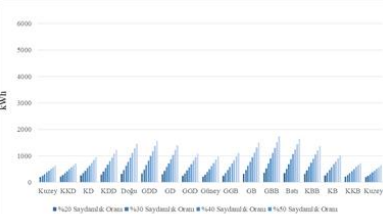
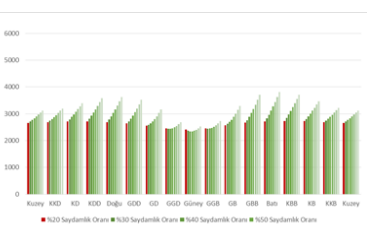
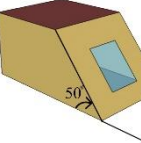
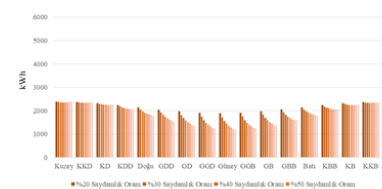
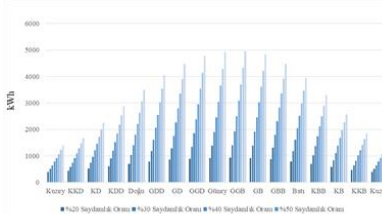
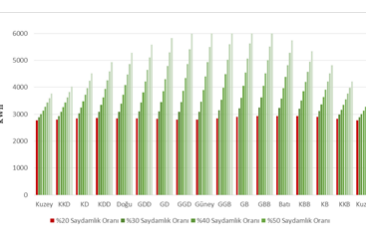
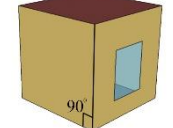
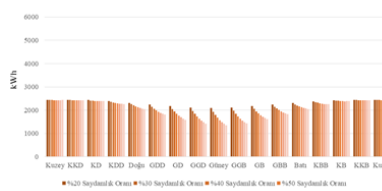
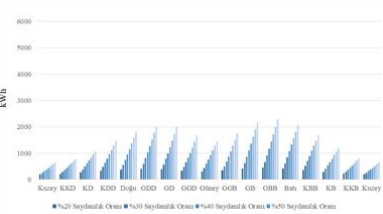
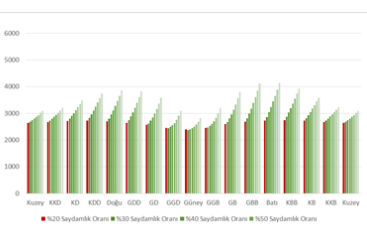
Ankara ili için oluşturulan tüm seçeneklerde en düşük toplam enerji yükleri güney yönünde ve;

- • %20 saydamlık oranı uygulandığında cephe eğiminin 90° açı yapması durumunda,
- • %30, %40, %50, %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 100° açı yapması durumunda gerçekleşmektedir.



Çizelge 4.9: Ankara ili için cephe eğim açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.

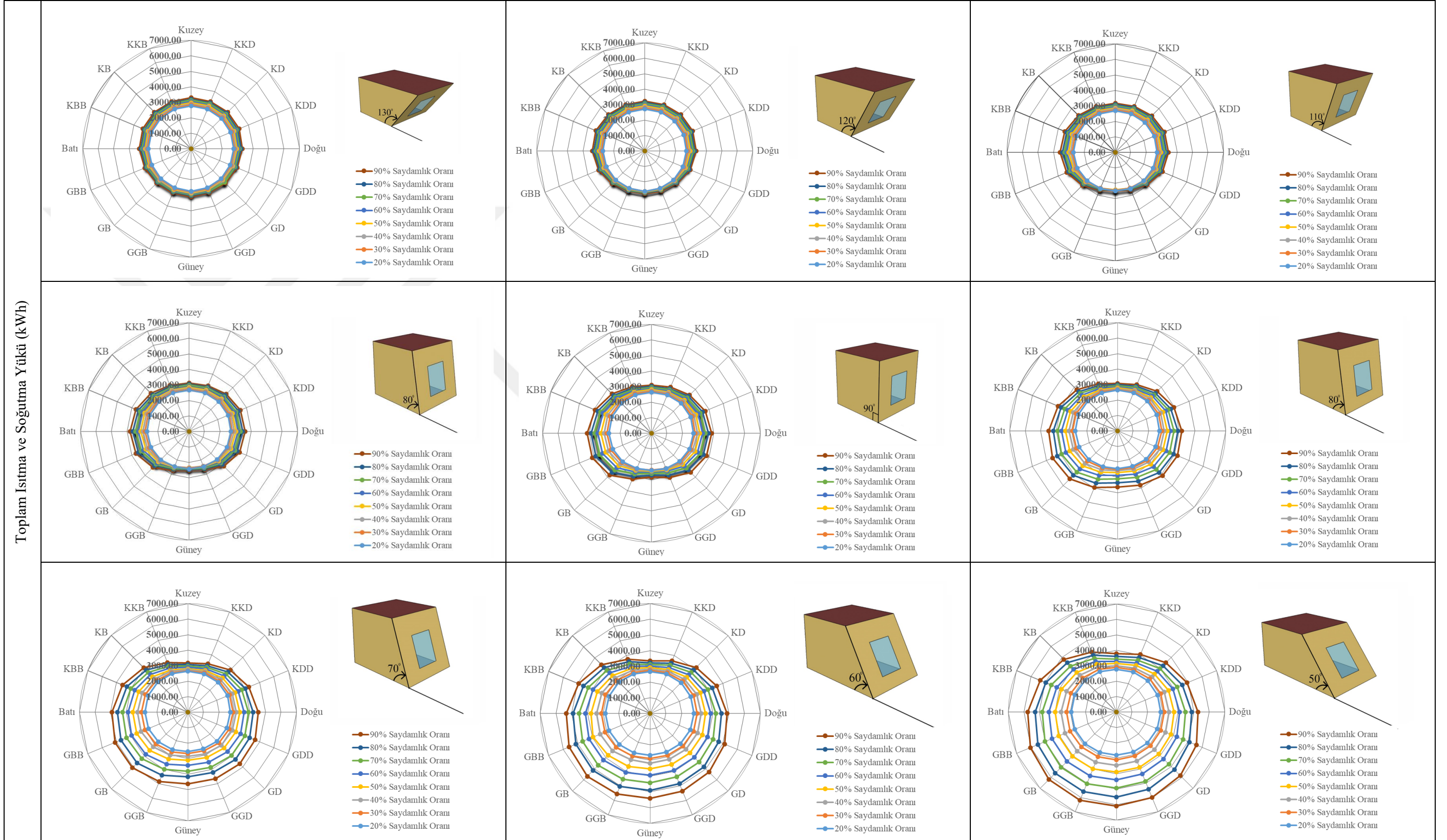
İstanbul İli için Isıtma, Soğutma ve Toplam Enerji Yükleri

Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü	Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü
							
							
							
							
							



Çizelge 4.10: Ankara ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi.

Ankara İli İçin Cephe Eğim Açısına Bağlı Olarak Isıtma Ve Soğutma Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisi





4.2.7.4 Erzurum ili için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Erzurum iline de ait Çizelge 4.4’de verilmiş olan katmanlaşma detayları ile ele alınan tek hacimli, farklı yönlere yönlendirilmiş, farklı saydamlık oranına ve farklı cephe eğimine sahip binalar için; yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Erzurum ili için hesaplanan tüm seçeneklere ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Ek-D’de (Çizelge D.1-D.2-D.3-D.4-D.5-D.6-D.7 ve D8) ayrıntılı olarak verilmektedir.

Erzurum ili için, yönlere, cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerindeki değişim Çizelge 4.12’de radar grafikleri olarak gösterilmektedir.

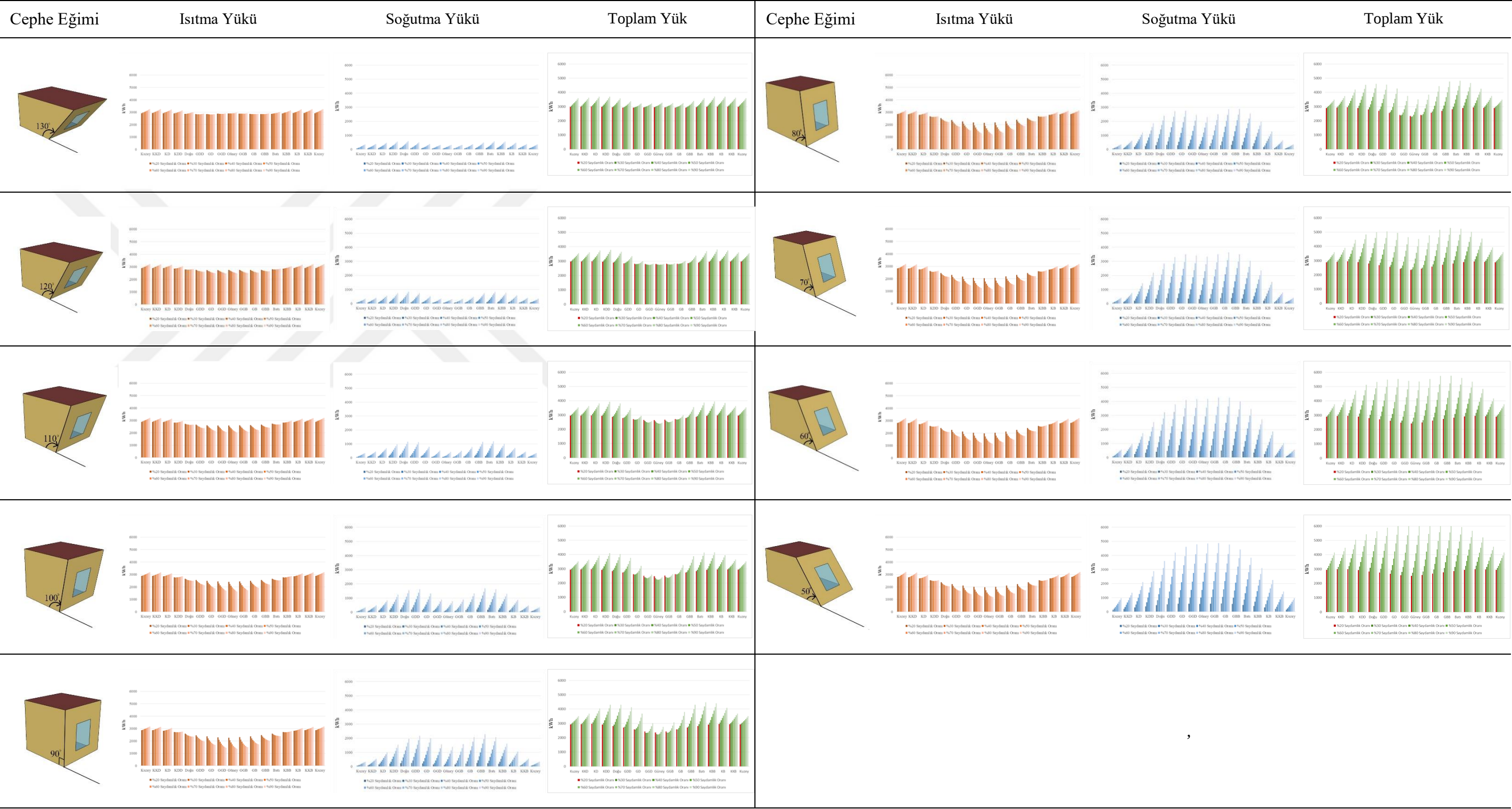
Erzurum ili için oluşturulan tüm seçeneklerde en düşük toplam enerji yükleri güney yönünde ve;

- %20 saydamlık oranı uygulandığında cephe eğimin 80° açısı yapması durumunda,
- %30 ve %40 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 90° açısı yapması durumunda,
- %50, %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 100° açısı yapması durumunda gerçekleşmektedir.



Çizelge 4.11: Erzurum ili için cephe eğimin açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.

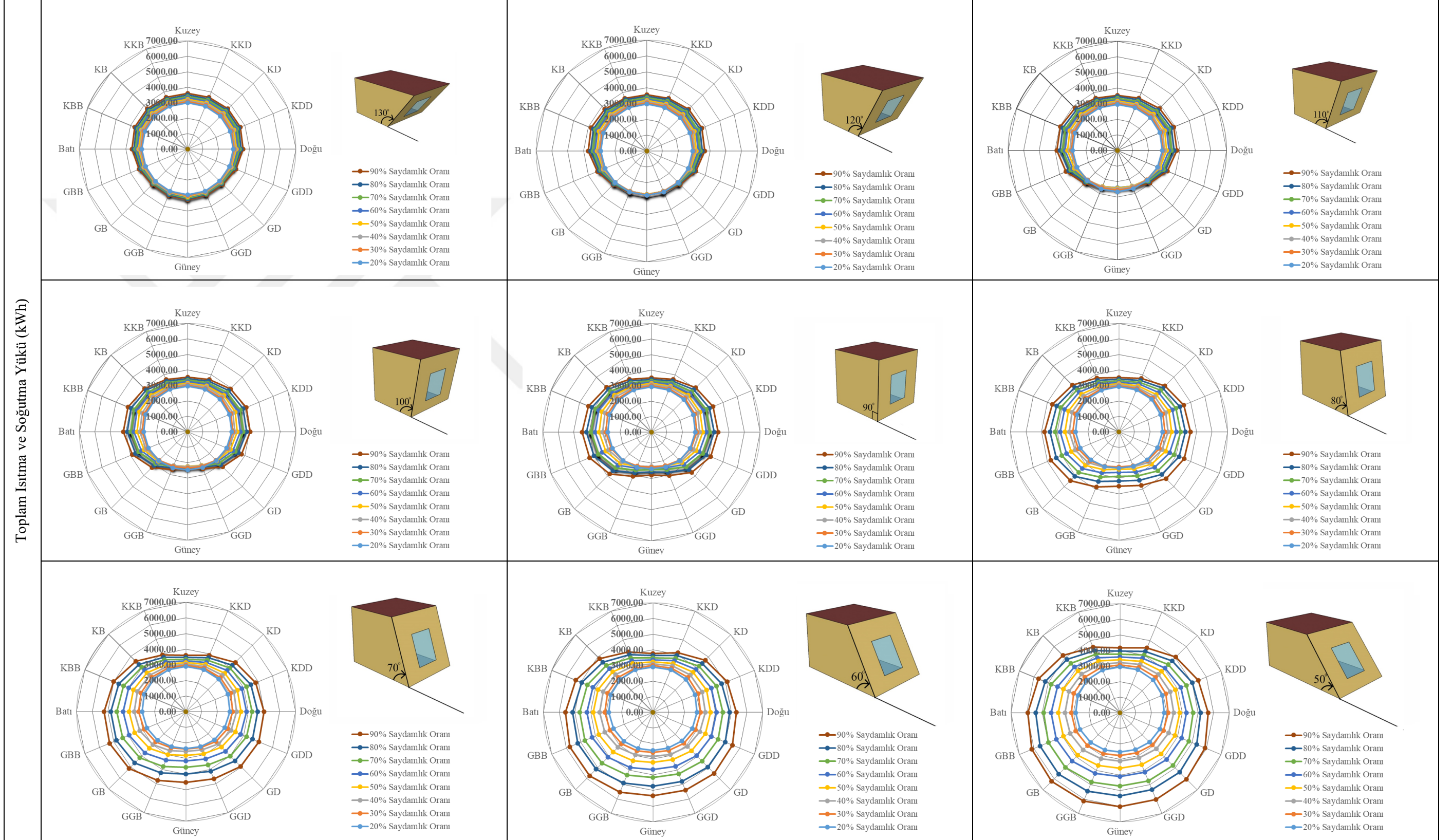
İstanbul İli için Isıtma, Soğutma ve Toplam Enerji Yükleri





Çizelge 4.12: Erzurum ili için yönlere bağlı olarak cephe eğim açısının yaptığı açının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma enerji yükleri üzerindeki etkisi.

Erzurum İli İçin Cephe Eğim Açısına Bağlı Olarak Isıtma Ve Soğutma Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisi





4.2.7.5 Antalya ili için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin hesaplanması

Antalya iline de ait Çizelge 4.4’de verilmiş olan katmanlaşma detayları ile ele alınan tek hacimli, farklı yönlerde yönlendirilmiş, farklı saydamlık oranına ve farklı cephe eğimine sahip binalar için; yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Antalya ili için hesaplanan tüm seçeneklere ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri Ek-E’de (Çizelge E.1-E.2-E.3-E.4-E.5-E.6-E.7 ve E8) ayrıntılı olarak verilmektedir.

Antalya ili için, yönlerde, cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak toplam ısıtma ve soğutma enerjisi yüklerindeki değişim Çizelge 4.14’de radar grafikleri olarak gösterilmektedir.

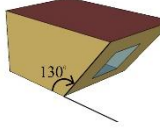
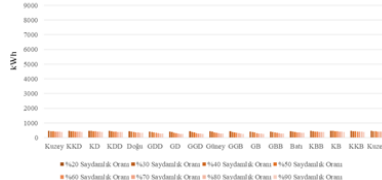
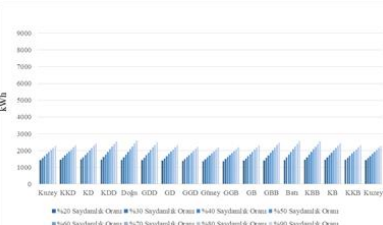
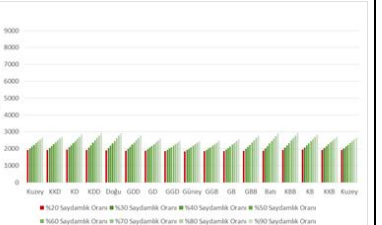
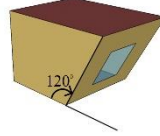
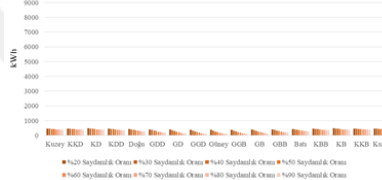
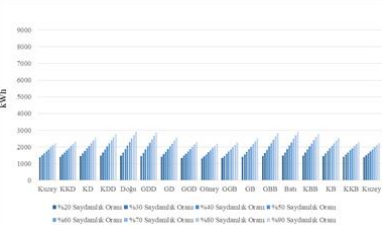
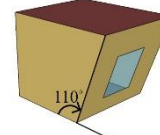
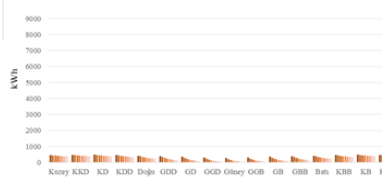
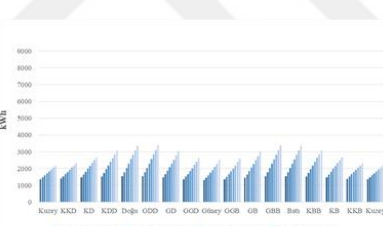
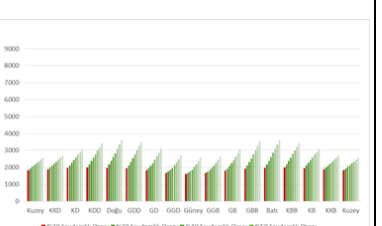
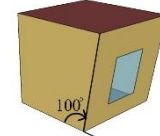
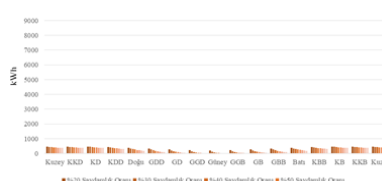
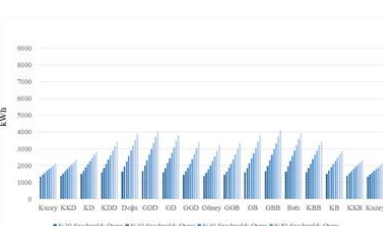
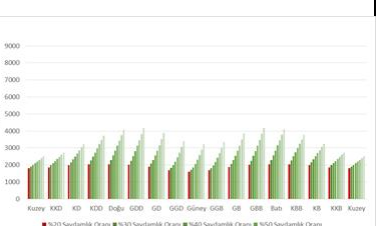
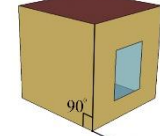
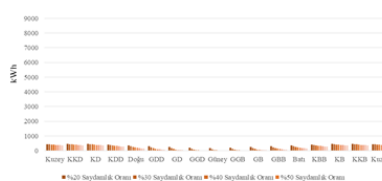
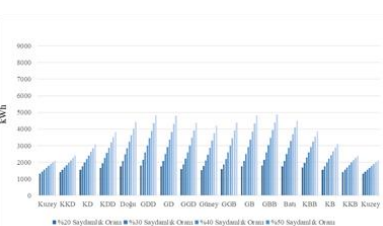
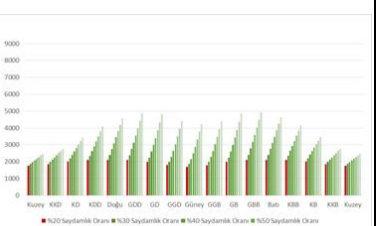
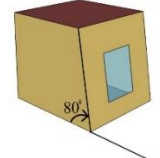
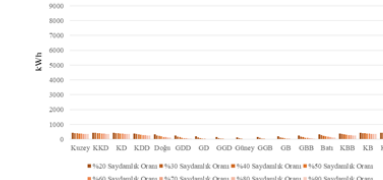
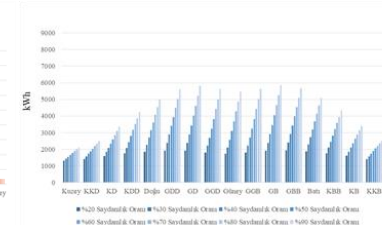
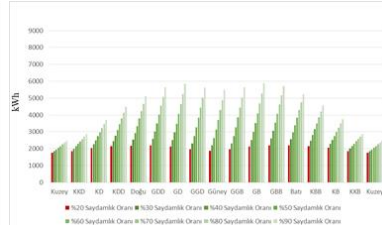
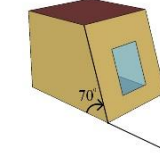
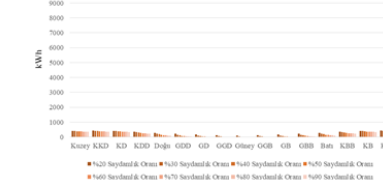
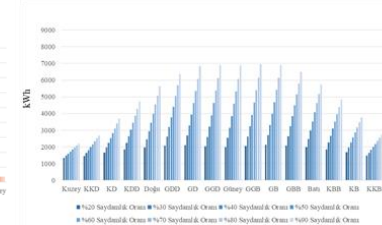
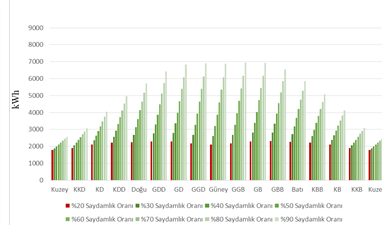
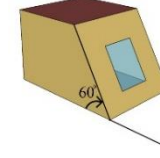
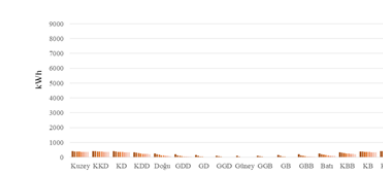
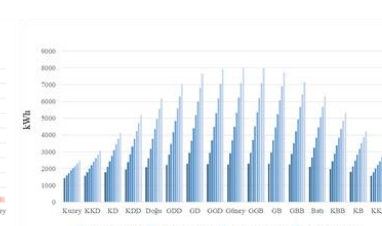
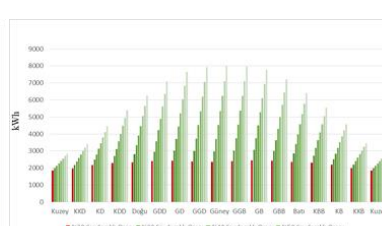
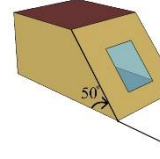
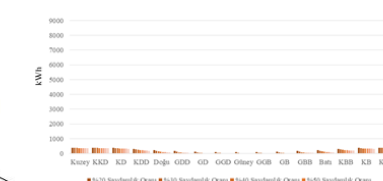
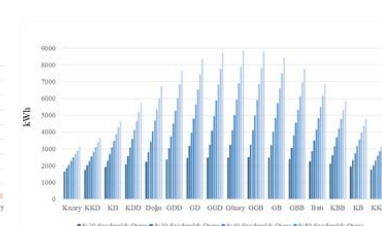
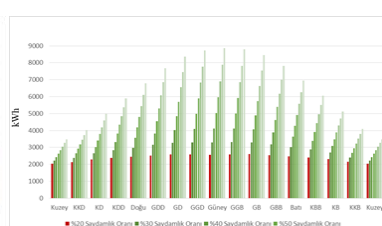
Antalya ili için oluşturulan tüm seçeneklerde en düşük toplam enerji yükleri güney yönünde ve;

- %20 saydamlık oranı uygulandığında cephe eğiminin 100° açı yapması durumunda,
- %30, %40 ve %50 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 110° açı yapması durumunda,
- %60, %70, %80 ve %90 saydamlık oranı uygulandığında ise cephe eğiminin 120° açı yapması durumunda gerçekleşmektedir.



Çizelge 4.13: Antalya ili için cephe eğim açısına göre ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri.

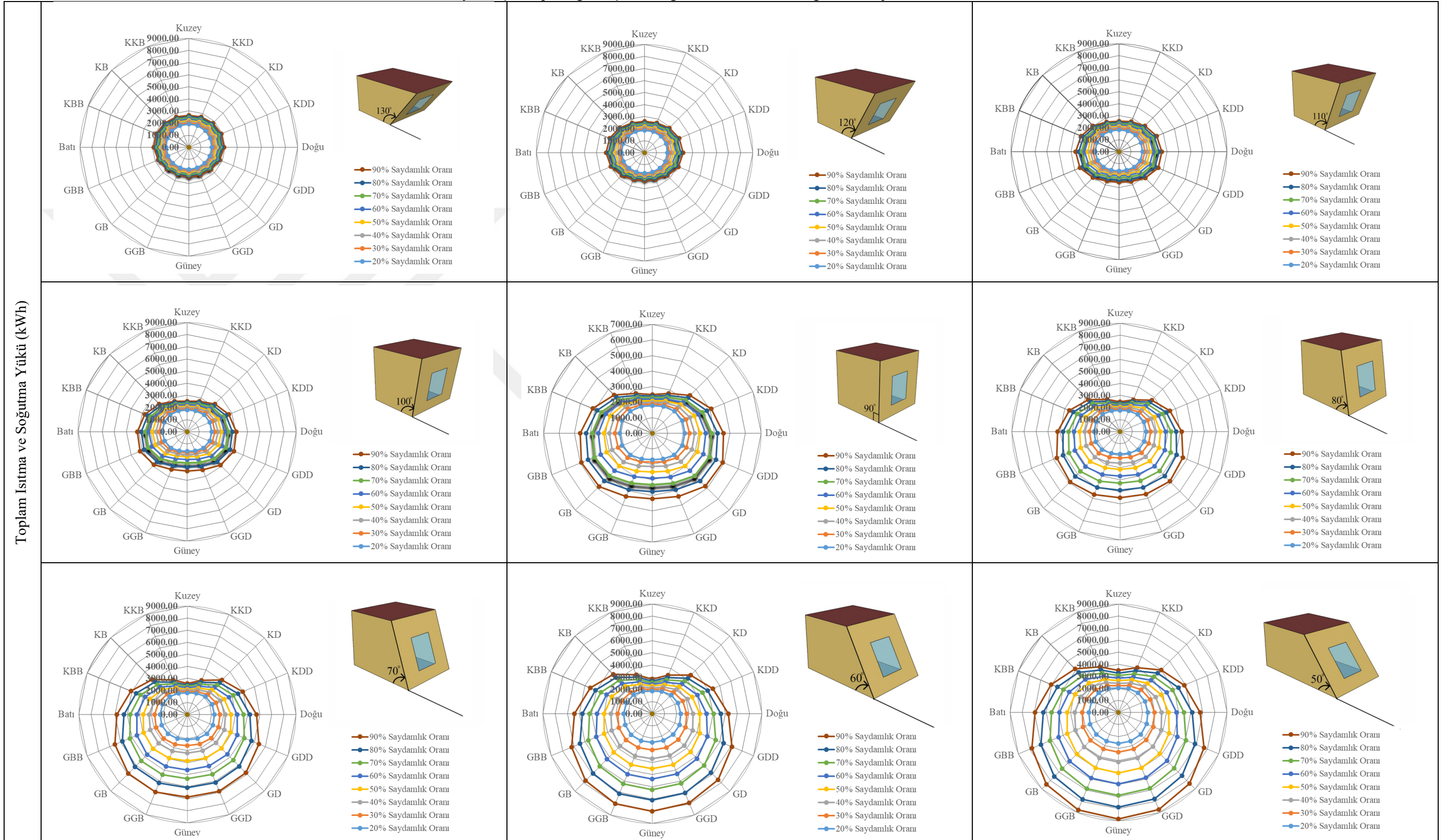
İstanbul İli için Isıtma, Soğutma ve Toplam Enerji Yükleri

Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü	Cephe Eğimi	Isıtma Yüğü	Soğutma Yüğü	Toplam Yüğü	
   	   	   	   	   	   	   	   	   



Çizelge 4.14: Antalya ili için yönlerle bağlı olarak cephe eğim açısının yaptığı açının ve saydamlık oranının toplam ısıtma ve soğutma enerji yükleri üzerindeki etkisi.

Antalya İli İçin Cephe Eğim Açısına Bağlı Olarak Isıtma Ve Soğutma Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisi





4.2.8 İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerine ilişkin bulguların değerlendirilmesi

Farklı cephe eğimine, yönlendiriliş durumuna ve saydamlık oranına sahip tek hacimli binalarının; ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri üzerindeki etkisi Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan iller için değerlendirildiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illerinde değerlendirilmek üzere oluşturulmuş tek hacimli binaların simülasyon sonucuna göre:

- Farklı cephe eğimine sahip, aynı yöne yönlendirilmiş ve aynı saydamlık oranına sahip hacimlerin ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri değişiklik göstermektedir. Cephe eğim açısı azaldıkça ısıtma yükleri azalmakta, soğutma yükleri artmaktadır.
- En düşük toplam enerji yükleri değerlendirildiğinde tüm seçeneklerde güneye yönlendirilmiş hacimlerde elde edilmiştir. Hacimler güney yönünden doğuya veya batıya yönlendirildiğinde ise toplam enerji yükleri artmaktadır.
- İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için farklı saydamlık oranına ve yöne bağlı olarak tek hacimli binanın toplam enerji yüklerinin düşük olduğu durumda yer düzlemi ile yaptığı açılar sırasıyla Ek-F'de (Çizelge F.1-F.2-F.3-F.4 ve F.5) detaylı olarak gösterilmektedir. Farklı saydamlık oranları ile her yönlendiriliş durumu için en düşük toplam enerji yükü farklı cephe eğimi ile elde edilmektedir.
- İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydamlık oranına ve cephe eğim açısına bağlı olarak hacimlerdeki en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler sırasıyla Ek G'de (Çizelge G.1-G.2-G.3-G.4 ve G.5) detaylı olarak gösterilmektedir. Cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak dört ana yön, dört ara yöne ve sekiz ikincil ara yönde minimum enerji yükünü gerçekleştirdiği seçenekler oluşabilmektedir.
- Ek G, Çizelge G.1'de görüldüğü üzere İstanbul ili saydamlık oranının %30, cephe eğim açısının 110° olduğu durumdaki hacimde toplam enerji yüklerinin en düşük olduğu 4 ara yön elde edilebilmiştir (KD, GD, GB, KB). Örneğin İstanbul ili değerlendirildiğinde, cephe eğim açısı 120° iken;

- Saydamlık oranının %30 ve %40 olduğu durumda, 5 farklı yönde (KDD, GDD, GBB, Batı, KBB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde,
- Saydamlık oranının %60 ve %70 olduğu durumda 4 farklı yönde (KD, GD, GB, KB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde, en düşük toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.
- Ek G, Çizelge G.2’de görüldüğü üzere Diyarbakır ili için saydamlık oranının %30, cephe eğim açısının 130° olduğu durumdaki hacimde toplam enerji yüklerinin en düşük olduğu 7 farklı ana yön, ara yön ve ikincil ara yön elde edilebilmiştir (KD, KDD, Doğu, GDD, GBB, Batı, KBB). Örneğin Diyarbakır ili değerlendirildiğinde, cephe eğim açısı 130° iken;
 - Saydamlık oranının %30, %40, %50, %60 ve %70 olduğu durumda 6 farklı yönde (KD, KDD, GDD, GBB, Batı, KBB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde,
 - Saydamlık oranının %80 ve %90 olduğu durumda 7 farklı yönde (KD, KDD, Doğu, GB, GBB, Batı, KBB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde en düşük toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.
- Ek G, Çizelge G.3’de görüldüğü üzere Ankara ili için saydamlık oranının %30, cephe eğim açısının 100° olduğu durumdaki hacimde toplam enerji yüklerinin en düşük olduğu 6 farklı ana yön, ara yön ve ikincil ara yön elde edilebilmiştir (KD, GD, GGD, Güney GGB, GB). Örneğin Ankara ili değerlendirildiğinde, cephe eğim açısı 120° iken;
 - Saydamlık oranının %40, %50 ve %60 olduğu durumda 5 farklı yönde (KDD, Doğu, GBB, Batı, KBB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde en düşük toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.
- Ek G, Çizelge G.4’de görüldüğü üzere Erzurum ili için saydamlık oranının %20, cephe eğim açısının 80° olduğu durumdaki hacimdeki toplam enerji yüklerinin en düşük olduğu 10 farklı ana yön, ara yön ve ikincil ara yön elde edilebilmiştir (Kuzey, KKD, KD, KDD, Doğu, GDD, Batı, KBB, KB, KKB). Örneğin Erzurum ili değerlendirildiğinde, cephe eğim açısı 130° iken;
 - Saydamlık oranının %60, %70, %80 ve %90 olduğu durumda 5 farklı yönde (KDD, KD, Batı, KBB, KB) veya bu yönlerle yönlendirilmiş cepheleri olan bir

hacimde en düşük toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.

- Ek G, Çizelge G.5’de görüldüğü üzere Antalya ili için saydamlık oranının %30, cephe eğim açısının 130° olduğu durumdaki hacimde toplam enerji harcamalarının en düşük olduğu 8 farklı ana yön, ara yön ve ikincil ara yön elde edilebilmiştir (KD, KDD, Doğu, GDD, GBB, Batı, KBB, KB). Örneğin Antalya ili değerlendirildiğinde, cephe eğim açısı 130°iken;
 - Saydamlık oranının %20,%30, %50, %60, %70,%80ve %90 olduğu durumda 6 farklı yönde (KDD, Doğu, GDD, GBB, Batı, KBB) veya bu yönlere yönlendirilmiş cepheleri olan bir hacimde en düşük toplam ısıtma ve soğutma enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.
- Bu seçenekler yardımıyla yönlendiriliş durumu ve saydamlık oranı değeri belirlendiğinde, binanın tüm cephelerinde aynı eğim değeri kullanılabilir. Bunun yanı sıra tek dış cephesi olan mekanlar için en uygun kombinasyon belirlenerek cephe tasarımları enerji performansı açısından en uygun hale getirebilir.
- İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji harcamalarının gerçekleştiği saydamlık oranı değerleri sırasıyla Ek H ‘da (Çizelge H.1-H.2-H.3-H.4 ve H.5) gösterilmektedir. Farklı cephe eğimi ve yönlendiriliş durumuna göre en düşük ısıtma ve soğutma enerji yükleri değerlendirildiğinde;
 - Cephe eğim açısına ve yönlendiriliş durumuna bağlı olarak farklı saydamlık oranlarının en etkin olduğu cephe seçenekleri de değişmektedir.
 - Yönlendiriş durumu ve cephe eğim açısı aynı olduğu farklı saydamlık oranına sahip hacimlerde enerji performansı açısından değerlendirildiğinde, saydamlık oranın daha az olduğu hacimlerin daha etkin olduğu görülmektedir.
- Bu seçenekler yardımıyla etkin cephenin ön plana çıkarıldığı ve bu şekilde minimum enerji harcamalarının gerçekleştiği pratik yaklaşımlar geliştirilebilir.

İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, en yaygın uygulama olan cephenin eğim açısının dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması sırasıyla Ek I’da (Şekil I.1-I.2-I.3-I.4 ve I.5) gösterilmektedir.

İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için farklı yönlerle yönlendirilmiş olan hacimde cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yükünün gerçekleştiği açı ile dik (90°) cephenin karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan toplam ısıtma ve soğutma enerji yükü farkı Çizelge 4.15’de gösterilmiştir. Bu iki farklı cephe eğimi ve yönlendiriliş durumu ısıtma ve soğutma enerji yükü bakımından karşılaştırıldığında;

- İstanbul ili için en düşük toplam enerji yükü farkı, KKD yönüne yönlendirilmiş ve %40 saydamlık oranına sahip hacimde, en yüksek toplam enerji yükü farkı GDD yönüne yönlendirilmiş ve %90 saydamlık oranına sahip hacimde oluşmaktadır.
- Diyarbakır ili için en düşük toplam enerji yükü farkı, KKB yönüne yönlendirilmiş ve %40 saydamlık oranına sahip hacimde, en yüksek toplam enerji yükü farkı GBB yönüne yönlendirilmiş ve %90 saydamlık oranına sahip hacimde oluşmaktadır.
- Ankara ili için en düşük toplam enerji yükü farkı, KKD yönüne yönlendirilmiş ve %50 saydamlık oranına sahip hacimde, en yüksek toplam enerji yükü farkı GBB yönüne yönlendirilmiş ve %90 saydamlık oranına sahip hacimde oluşmaktadır.
- Erzurum ili için en düşük toplam enerji yükü farkı, KBB yönüne yönlendirilmiş ve %30 saydamlık oranına sahip hacimde, en yüksek toplam enerji yükü farkı Batı yönüne yönlendirilmiş ve %90 saydamlık oranına sahip hacimde oluşmaktadır.
- Antalya ili için en düşük toplam enerji yükü farkı, KKB yönüne yönlendirilmiş ve %30 saydamlık oranına sahip hacimde, en yüksek toplam enerji yükü farkı GBB yönüne yönlendirilmiş ve %90 saydamlık oranına sahip hacimde oluşmaktadır.

Elde edilen verilere göre İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illerinde saydamlık oranı arttıkça cephe eğim açısının toplam enerji harcamaları üzerindeki etkinliğinin daha da arttığı görülmektedir. Cephe eğim açısının en etkin olduğu iller sırasıyla Antalya, Diyarbakır, İstanbul, Ankara ve Erzurum olarak sıralanabilir.

Çizelge 4.15: Farklı iller için cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yükünün gerçekleştiği açı ile dik (90°) cephenin karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan toplam ısıtma ve soğutma enerji yükü farkının kıyaslanması.

İl	Saydımlık Oranı	Toplam Enerji Harcamasının En Düşük Olduğu Cephe Eğimi ile Dik (90°) Cephenin Karşılaştırması Sonucu Ortaya Çıkan Enerji Yükü Farkı (%)
İstanbul	%20	0,77-2,56
	%30	0,12-8,60
	%40	0,09-11,06
	%50	1,07-15,58
	%60	0,93-21,09
	%70	0,90-27,04
	%80	0,26-33,07
	%90	3,80-43,67
Diyarbakır	%20	0,61-5,65
	%30	0,20-9,60
	%40	0,04-16,35
	%50	1,20-22,32
	%60	1,91-28,47
	%70	0,07-34,61
	%80	0,16-47,76
	%90	0,30-54,57
Ankara	%20	0,09-1,09
	%30	0,14-3,01
	%40	0,17-6,82
	%50	0,08-10,54
	%60	0,87-14,52
	%70	0,83-18,51
	%80	0,29-22,60
	%90	0,12-27,09
Erzurum	%20	0,48-1,75
	%30	0,04-0,81
	%40	0,09-7,14
	%50	0,09-7,15
	%60	0,46-12,14
	%70	0,43-17,14
	%80	0,14-22,11
	%90	0,08-27,44
Antalya	%20	1,07-11,99
	%30	0,32-20,37
	%40	0,43-32,06
	%50	0,80-42,21
	%60	0,59-53,04
	%70	0,60-65,74
	%80	0,57-77,81
	%90	0,41-88,70



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz dünyasında artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme ile enerji kaynakları hızla tükenmekte ve bu durum yaşanan çevreyi olumsuz etkilemektedir. Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmının ise binaların yapım ve kullanım sürecinde tüketildiği bilinmektedir. Bu nedenle yapı sektöründe enerji etkin tasarım stratejileri ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önemlidir. Yapılarda sonradan yapılacak müdahale yerine tasarım aşamasında enerji yüklerinin azalmasını sağlayacak adımların izlenmesi enerjinin etkin kullanılması için gereklidir. Dolayısıyla, doğru tasarım kararları ile oluşturulan pasif sistemler yapılarda enerji korunumu bakımından büyük ve etkili farklar yaratır.

Farklı iklim bölgelerinde, binalarda harcanan enerjinin büyük bir kısmı dış iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bina cephesinin, güneş ışınlamından faydalanacak ya da korunacak şekilde tasarlanması en önemli pasif tasarım stratejilerinden birisidir. Bu nedenle, bina cephe eğiminin iklim bölgelerine göre değişimi hem bina kabuğunda gerçekleşen ısı geçişini hem de iç mekândaki konfor koşullarını etkilemektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin beş farklı iklim bölgesinde farklı cephe eğimlerinin, bina yönlendiriliş durumunun ve farklı saydamlık oranının iç hacimdeki toplam soğutma ve ısıtma yükleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Saydam bileşenin bulunduğu eğimli cephe alanı sabit tutulmuş, A/V (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) oranı 1,5 olarak belirlenmiş tek hacimli binaların cephe eğim derecesi farklılaştırılarak 9 farklı bina kombinasyonu oluşturulmuştur. Belirlenen tek hacimli bina formları için 8 farklı saydamlık oranı ve 16 farklı bina yönlendiriliş durumunun enerji yükleri üzerinde yarattığı değişiklikler yüksek hesaplama kapasiteli bir enerji simülasyon programı olan EnergyPlus TM 9.0.1 adlı program kullanılarak hesaplanmıştır. Bina kabuğuna ait tüm detaylar TS825'e uygun olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Farklı iklim bölgelerine (İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya), A/V oranı sabit tutulan ve eğimli cephe alanı aynı olan tek hacimli binalarda, cephenin yönüne, yer düzlemi ile cephe arasındaki açıya ve saydamlık oranına göre toplam enerji yüklerinin en az olduğu hacimler değişkenlik göstermektedir.
- A/V oranı sabit tutulan ve eğimli cephe alanı aynı olan tek hacimli binalarda, cephe eğim açısının artması ya da artması bina kabuğuna gelen toplam güneş ışıınım miktarını etkilediğinden, hacimde oluşan enerji yüklerini doğrudan etkilemektedir.
- A/V oranı sabit tutulan ve eğimli cephe alanı aynı olan tek hacimli binalarda, cephe eğim açısının artmasının soğutma enerji yükünü azalttığı gözlenmiştir.
- A/V oranı sabit tutulan ve eğimli cephe alanı aynı olan tek hacimli binalarda, cephe eğim açının azalmasının ise ısıtma enerji yükünü azalttığı gözlenmiştir.
- A/V oranı sabit tutulan, eğimli cephe alanı, cephe eğimi ve yönlendiriliş durumu aynı olan tek hacimli binalarda, saydamlık oranının değişmesinin ısıtma ve soğutma enerji yükleri üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Saydamlık oranının azaldıkça binanın toplam enerji yükleri de azalmaktadır.
- A/V oranı sabit tutulan, eğimli cephe alanı, cephe eğimi ve saydamlık oranı aynı olan tek hacimli binalarda, saydam bileşenin bulunduğu eğimli cephe yönüne bağlı olarak değişen güneş ışıınımı kazancı değeri toplam enerji yüklerini de doğrudan etkilemektedir.
- Her yön için belirlenmiş olan en düşük toplam enerji yükü karşılaştırıldığında, en az ısıtma ve soğutma enerji yükü değerinin her zaman güney yönünde gerçekleştiği görülmüştür. Hacimler güney yönünden doğuya veya batıya yönlendirildiğinde ise toplam enerji yükleri artmaktadır.
- Farklı saydamlık oranları ile her yönlendiriliş durumu için en düşük toplam enerji yükü farklı cephe eğimi ile elde edilmektedir.
- Cephe eğim açısının 90° altında olduğu koşullarda tüm yönler birbiri ile karşılaştırıldığında, eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yükünün kuzey yönünde olduğu durumlarda görülmüştür.
- Erzurum ve Ankara ili hariç, mevcut uygulamalarda (cephe eğiminin 90° olması hali) minimum enerji yüklerinin her zaman sağlanamadığı görülmüştür.
- Cephe eğim açısına ve saydamlık oranına bağlı olarak dört ana yön, dört ara yöne ve sekiz ikincil ara yönde minimum enerji yükünü gerçekleştirdiği benzer seçenekler oluşabilmiştir. Böylece pratik uygulamalarda da, bir hacmin karşılıklı iki cephesi,

komşu cepheleri veya tüm cephelerinde aynı eğim ile minimum enerji yüklerinin gerçekleşmesi sağlanabilir.

- Saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, en yaygın uygulama olan cephenin yer düzlemi ile dik (90°) olması durumu ile karşılaştırıldığında, aradaki enerji yükü farkının saydamlık oranı arttıkça arttığı görülmüştür. İklim bölgeleri açısından değerlendirildiğinde ise; en yüksek enerji yükü farkı sırasıyla, Antalya, Diyarbakır, İstanbul, Ankara ve Erzurum'da görülmüştür. Bu durum uygun eğim, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumu seçeneklerinin sıcak iklim bölgelerinde enerji korunumu açısından daha etkin olduğunu göstermektedir.
- Tasarım aşamasında iklim bölgesine göre, yönlendiriliş durumu, saydamlık oranı ve cephe eğiminin enerji etkinlik açısından optimum kombinasyonunun belirlenmesi ile, hacimlerde meydana gelebilecek toplam enerji yüklerinin azaltılması olanaklıdır.

Çalışmada farklı iklim bölgelerinde yer alan (İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya) illeri için, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumu ve cephe eğimleri ile oluşturulmuş seçenekler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Tasarım aşamasında alınan pasif tasarım kararları ile toplam enerji yüklerinin azaltılabileceği görülmüştür.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda bina cephesi eğimi ile ilgili alınacak farklı tasarım kararları çeşitlendirilip enerji korunumu açısından uygun formlar bulunabilir. Çalışma, farklı bina kabuğu detayları, pencerelerin farklı konumlandırılması ve tüm cephedeki yerinin değiştirilmesi ve daha karmaşık bina formlarının uygulanabilmesi gibi kabullerle enerji etkinlik açısından daha ileri bir düzeye taşınabilir.

Elde edilen veriler doğrultusunda, tasarım sürecinde gerekli analizlerin yapılması ile üretilecek yapma çevrelerde, yapılar daha az enerji harcayarak daha enerji etkin hale dönüşebilir. Bu tez çalışmasında değerlendirilen konunun daha kapsamlı çalışmalar ile desteklenmesiyle enerji etkinlik açısından optimum bina formunu sağlayan tasarımlar yapmak olanaklı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Ak, F.** (1993). *Enerji etkin konut ve yerleşme birimi dizaynında uygulanabilecek bir yaklaşım*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akşit, F.** (2005). Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde enerji etkin bina ve yerleşme birimi tasarımı, *Tasarım*, 157, 124-127.
- ASHRAE Standard 55.** (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, USA.
- ASHRAE Handbook of Fundamentals,** (2017). Thermal Comfort. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chapter 9, Atlanta, USA.
- ASHRAE Standard 55.** (2013). Thermal environment conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- Behbood, K. T., Taleghani, M. ve Heidari, S.** (2010). Energy Efficient Architectural Design Strategies in Hot-Dry Area of Iran: Kashan, *Emirates Journal for Engineering Research*, 15 (2), Sf. 85-91.
- Bekar, M.** (2018). *Sıcak-nemli iklim bölgelerinde avlu boyutlarının binalardaki konfor koşullarına etkisinin değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Berköz, E.** (1969). *Biyoklimatik konfor yönünden tavan yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir metod*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Berköz, E.** (1977). *Eğimli yüzeyleri etkileyen güneş radyasyonu şiddetinin hesaplanmasında kullanılabilecek grafik bir yöntem*. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Berköz, E.** (1983). *Güneş ışıınımı ve yapı dizaynı*. (Profesörlük tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Berköz, E., Zeren, L., Küçükdoğu, M. ve diğerleri** (1987). Türkiyede yeni yerleşmeler ve binalarda enerji tasarrufu amacıyla bir mevzuat modeline ilişkin çalışma, Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi (UYGAR), İTÜ, İstanbul.
- Berköz, B., Yılmaz, Z., Koçlar Oral, G. ve diğ.** (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak-Intag, Proje No: İNTAG 201 Araştırma Raporu, İTÜ, İstanbul.
- Capeluto, I. G.** (2003). Energy performance of the self-shading building envelope. *Energy and buildings*, 35(3), 327-336.

- Chan, A. L. S., & Chow, T. T.** (2014). Thermal performance of air-conditioned office buildings constructed with inclined walls in different climates in China. *Applied energy*, 114, 45-57.
- Chen, D., & Chen, H. W.** (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010, *Environmental Development*, 6, 69-79.
- Christensen, J. E.** (2008). A method for more specific simulation of operative temperature in thermal analysis programmes, *8th Nordic Symposium on Building Physics 2008*, Copenhagen, Denmark: June 16-18.
- Chowdhury, A.A., Rasul, M.G., & Khan, M.M.K.** (2008). Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate, *Applied Energy*, 85 (6), 449-462.
- Duffie, A.J., Beckmann, A.W.** (2013). *Solar Engineering and Thermal Process*, Fourth Edition, 2013 John Wiley and Sons, Inc. Published 2013.
- Evren, F. & Kılış, B.** (2015). İnsan vücudunun ısı taklidi ile oda tipi bir operatif sıcaklık ölçelerin tasarımı, prototip imalatı ve 157 kalibrasyonu. 12. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Isıl Konfor Sempozyumu*, İzmir, Türkiye: 11 Nisan.
- Fanger, P. O.** (1972). Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering, New York: McGraw-Hill Book Company, 244.
- Fountain, M. & Arens, E. A.** (1993). Air movement and thermal comfort, *ASHRAE Journal*, 35 (8), 26-30.
- Goulding, J. R., Lewis, O.J., & Steemers, T.C.** (1992). *Energy conscious design: a primer for architects*, London: Batsford for the Commission of the European Communities.
- Givoni, B.** (1969). *Man, climate and architecture*, Elsevier Company, London.
- Kavak, K.** (2005). *Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayisinde enerji verimliliğinin incelenmesi*. (Uzmanlık tezi). DPT, Yayın no: 2689.
- Kıncay, O.** (t.y.). Güneş Enerjisi Ders Notları.
- Kılıç A., Öztürk A.** (1983): *Güneş Enerjisi*, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, s. 331.
- Koçlar Oral, G. & Manioğlu, G.** (2005). İklimle Dengeli Tasarım: Mardin, Antakya Örnekleri, *Tasarım*, 157, 36-142.
- Koçlar Oral, G.** (2008). *Enerji Verimliliğinde Etkin Bina Yaklaşımı*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi
- Koçlar Oral, G.** (2010). Güneş enerjisi ve yapı, *Diyarch Bülteni*, Sayı 1, Sf. 8-20, TMMOB Mimarlar Odası Diyarbakır Şubesi, Diyarbakır.
- Koçlar Oral, G.** (2018). Güneş Işınımı ve Açıları Ders Notları.
- Kocaaslan, G.** (1991). *Hacimlerin pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yöntem*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Lavafpour, Y., & Sharples, S.** (2014). Impact of the envelope geometry on cooling demand in very airtight UK dwellings under current and future weather projections, *Energy Procedia*, 62.
- Lechner, N.** (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*, (4th ed.). New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Liu, B. Y., & Jordan, R. C.** (1960). The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar energy*, 4(3), 1-19.
- McIntyre, D. A.** (1980). *Indoor Climate*, Essex, UK: Applied Science Publishers.
- Manioğlu, G.** (1995). *İklimsel konfor ve enerji ekonomisi açısından ısıtma sisteminin işletme şekline bağlı olarak bina kabuğunun ısı performansının değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Manioğlu, G.** (2002). *Isıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyeti açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım*. (Doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Manioğlu, G. & Yılmaz, Z.** (2008). Energy efficient design strategies in the hot dry area of Turkey, *Building and Environment*, 43 (7), 1301-1309.
- Manioğlu, G.** (2011). Enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının örneklerle değerlendirilmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (126).
- Ok, V.** (2005). Yapma çevre tasarımında rüzgar etkileri, *Tasarım*, 157, 70-74.
- Orosa, J. A., & Baaliña, A.** (2008). Passive climate control in Spanish office buildings for long periods of time, *Building and Environment*, 43(12), 2005-2012.
- Orosa, J. A. & Oliveira, A. C.** (2012). *Passive Methods as a Solution for Improving Indoor Environment*,. London: Springer-Verlag.
- Özdemir, B.** (2005). *Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Öztürk, H. H.** (2008). *Güneş enerjisi ve uygulamaları*, Birsan Yayınevi.
- Özyurt, G. & Karabalık, K.** (2009). Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye'deki durum, *TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri*, 457(54), 32-34.
- Rahle, U.** (2006). Desiccant Kurutma ile Nem Kontrolü, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (95), 37-42.
- Ramsey WJ.,** (2003). *Thermal Environmental Engineering*, ME 5103, University of Minnesota.
- Rosenlund, H.** (2000). *Climatic design of buildings using passive techniques*, Lund University, Housing Development and Management.
- Schramek, E.** (1999). *Recknagel-Sprenger Schramek-Isıtma ve klima tekniği el kitabı*, Ttmd, Ankara.

- Shaviv, E., Capeluto, I. G., Yeziro, A., Becker, R., & Warszawski, A.** (2002). Thermal Performance of Buildings and the Development of Guidelines for Energy Concious Design, *Part A–Residential buildings (In Hebrew)* Sponsored by the Ministry of National Infrastructures.
- Szokolay, S. V.** (2014). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design* (3rd ed.). New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- Şen, Z.** (2002). *Temiz enerji ve kaynakları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S. & Dobbelsteen, A.** (2013). A review into thermal comfort in buildings, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 26 (C), 201-215.
- Tanabe, S.** (1988). *Thermal comfort requirements in Japan*. (Doktora tezi). Waseda University, Tokyo.
- Tavil, A. Ü.** (1995). *Opak yüzeylerde güneş ışıını etkisinin yüzey pürüzlüğü ile değişimi*. (Doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS-825.** (2013). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 7730.** (2006). Isıl çevrenin ergonomisi-PMV ve PPD indislerinin hesabını ve bölgesel ısı konfor kriterlerini kullanarak ısı konforun analitik olarak belirlenmesi ve yorumu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T.** (2006). Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma, *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23.
- Vellei, M., Herrera, M., Fosas, D., & Natarajan, S.** (2017). The influence of relative humidity on adaptive thermal comfort, *Building and Environment*, 124, 171-185.
- Xin, H. Z., & Rao, S. P.** (2013). Active energy conserving strategies of the Malaysia Energy Commission diamond building, *Procedia Environmental Sciences*, 17, 775-784.
- Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7-15.
- Yılmaz, Z. ve diğerleri.** (2006). Türkiye ve İrlanda’daki binaların enerji etkin tasarım ve yapımı için sürdürülebilirlik stratejileri, Proje No: 30657, Araştırma Fonu, İTÜ, İstanbul.
- Yılmaz, Z.** (2007). Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate, *Energy and Buildings*, 39 (3), 306-316.
- Yılmaz, Z., Koçlar Oral , G., & Manioğlu, G.** (2000). Isıtma enerjisi tasarrufu açısından bina kabuğu ısı yalıtım değerinin bina formuna bağlı olarak belirlenmesi, Proje No: 985, Sonuç Raporu, İTÜ, İstanbul.

Zerefos, S. C., Tassas, C. A., Kotsiopoulos, A. M., Founda, D., & Kokkini, A. (2012). The role of building form in energy consumption: The case of a prismatic building in Athens, *Energy and Buildings*, 48, 97-102.

Zeren, L., ve diğeri, (1980). *New Bioclimatic Chart for Environmental Design*, Portekiz: Proc. Of international Congress on Building Energy Management, 645-657.

Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E. A., & Yu, T. (2005). *Modeling thermal comfort in stratified environments*. Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley.

Url-1 < <https://www.worldbuildingsdirectory.com/projects/1995/> >, erişim tarihi: 26.04.2020.

Url-2 < https://dallascityhall.com/government/citysecretary/archives/Pages/Archives_buildings.aspx >, erişim tarihi: 27.04.2020.

Url-3 < <http://architectuul.com/architecture/slovak-radio-building> >, erişim tarihi: 27.04.2020.

Url-4 < <http://www.bigsight.jp/english/organizer/facilities/> >, erişim tarihi: 27.04.2020.

Url-5 < <https://libeskind.com/work/the-run-shaw-creative-media-centre/> >, erişim tarihi: 27.04.2020.

Url-6 < <https://www.aspe.org/> >, erişim tarihi: 27.04.2020.

Url-7 < <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Sicaklik-2019.pdf> >, erişim tarihi: 29.04.2020.

Url-8 < <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunesspectrumu.pdf> >, erişim tarihi: 30.04.2020.

Url-9 < <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> >, erişim tarihi: 28.04.2020.

Url-10 < https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx >, erişim tarihi: 30.04.2020.



EKLER

EK A: İstanbul iline ait saydamlık oranlarına göre toplam enerji yüklerinin gösterimi.

EK B: Diyarbakır iline ait saydamlık oranlarına göre toplam enerji yüklerinin gösterimi.

EK C: Ankara iline ait saydamlık oranlarına göre toplam enerji yüklerinin gösterimi.

EK D: Erzurum iline ait saydamlık oranlarına göre toplam enerji yüklerinin gösterimi.

EK E: Antalya iline ait saydamlık oranlarına göre toplam enerji yüklerinin gösterimi.

EK F: İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için farklı saydamlık oranına ve yöne bağlı olarak tek hacimli binanın toplam enerji yüklerinin düşük olduğu durumda yer düzlemi ile yaptığı açıların gösterimi.

EK G: İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydamlık oranına ve cephe eğim açısına bağlı olarak hacimlerdeki en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönlerin gösterimi.

EK H: İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji harcamalarının gerçekleştiği saydamlık oranı değerleri.

EK I: İstanbul, Diyarbakır, Ankara, Erzurum ve Antalya illeri için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, en yaygın uygulama olan cephenin eğim açısının dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



Çizelge A. 1: İstanbul ili için %20 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2051.21	2104.66	2184.98	2238.59	2263.57	2286.68	2293.72	2276.97	2257.03	2254.57	2255.58	2241.13	2217.80	2199.25	2156.60	2089.84	2051.21
60	1965.85	2018.20	2110.18	2172.55	2199.41	2213.52	2202.01	2164.26	2133.50	2141.61	2164.25	2168.88	2155.52	2137.04	2086.77	2006.75	1965.85
70	1929.67	1976.74	2064.17	2124.29	2147.92	2150.78	2119.68	2054.55	2009.22	2034.84	2085.29	2109.84	2109.16	2094.48	2045.36	1968.39	1929.67
80	1933.59	1970.85	2043.03	2094.42	2110.37	2101.60	2051.59	1955.34	1898.72	1942.15	2023.63	2067.43	2078.63	2070.76	2028.26	1964.84	1933.59
90	1952.96	1979.98	2035.46	2075.52	2082.66	2064.48	1998.52	1886.34	1829.20	1879.39	1978.89	2038.59	2058.34	2057.16	2024.09	1975.51	1952.96
100	1972.46	1991.32	2030.68	2057.88	2057.47	2033.21	1961.21	1858.69	1811	1857.11	1950.44	2015.26	2039.94	2044.58	2022.53	1988.01	1972.46
110	1994.19	2006.43	2030.63	2044.67	2037.95	2012.91	1952.66	1880.17	1846.76	1880.68	1948.37	2002.25	2026.61	2036.01	2025.38	2003.95	1994.19
120	2021	2028.32	2040.21	2042.58	2031.78	2012.99	1977.66	1938.79	1924.73	1939.96	1976.81	2007.89	2025.49	2037.57	2036.96	2026.41	2021
130	2063.31	2066.63	2068.47	2060.79	2048.21	2041.27	2033.10	2024.03	2021.36	2024.59	2033.26	2039.52	2045.58	2058.50	2066.55	2065.23	2063.31

Çizelge A. 2: İstanbul ili için %30 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2156.25	2246.42	2390.27	2500.37	2564.99	2616.73	2640.5	2626.33	2599.63	2587.99	2576	2540.47	2489.76	2435.59	2343.45	2222.43	2156.25
60	2031.81	2115.53	2272.85	2395.19	2461.25	2499.23	2496.83	2453.49	2410.88	2414.34	2431.95	2424.53	2389.78	2336.4	2233.94	2098.11	2031.81
70	1980.61	2052.34	2196.74	2313.65	2372.81	2391.87	2359.92	2277.23	2213.44	2241.14	2299.71	2324.08	2309.16	2263.34	2165.58	2040.24	1980.61
80	1981.47	2036.21	2151.25	2249.64	2294.83	2291.08	2224.93	2091.23	2007.23	2064.02	2176.00	2234.96	2241.82	2209.43	2128.00	2027.64	1981.47
90	2000.31	2038.74	2124.45	2197.42	2224.97	2200.54	2102.41	1937.56	1854.55	1925.04	2069.50	2157.68	2183.69	2169.49	2110.28	2032.48	2000.31
100	2029.61	2049.43	2098.81	2143.00	2148.66	2096.47	1965.51	1802.63	1731.73	1798.62	1946.29	2066.84	2124.10	2128.67	2092.07	2047.46	2029.61
110	2054.53	2065.43	2093.78	2117.12	2108.78	2050.17	1935.84	1819.52	1771.05	1820.29	1929.62	2034.96	2094.16	2108.78	2090.24	2064.42	2054.53
120	2083.21	2087.99	2100.44	2106.93	2090.32	2038.72	1961.42	1894.76	1874.15	1896.98	1960.97	2032.29	2082.68	2102.89	2098.98	2087.48	2083.21
130	2122.00	2122.16	2122.07	2115.00	2095.31	2061.81	2025.92	2003.39	2000.03	2005.33	2027.69	2060.90	2092.79	2114.00	2121.95	2122.00	2122.00

Çizelge A. 3: İstanbul ili için %40 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2273.42	2403.35	2616.31	2788.58	2903.42	2996.54	3046.54	3040.14	3007.80	2983.54	2952.05	2886.83	2796.58	2698.69	2551.14	2370.77	2273.42
60	2108.75	2228.48	2457.88	2643.39	2757.03	2831.09	2847.70	2804.21	2751.55	2746.71	2752.93	2723.54	2655.57	2560.59	2401.91	2204.66	2108.75
70	2037.07	2135.68	2342.35	2519.42	2620.81	2664.46	2639.40	2541.90	2459.68	2488.71	2551.96	2566.46	2530.19	2448.28	2298.74	2119.49	2037.07
80	2035.50	2108.79	2272.96	2424.24	2504.12	2514.09	2440.67	2273.42	2164.29	2232.67	2367.78	2432.20	2428.65	2367.31	2240.46	2097.61	2035.50
90	2057.79	2108.77	2231.51	2349.31	2403.84	2384.99	2263.56	2049.45	1940.27	2025.71	2211.21	2322.01	2345.48	2305.94	2207.27	2100.86	2057.79
100	2082.19	2116.59	2202	2285.05	2314.72	2272.66	2122.45	1920.43	1833.16	1912.5	2093.37	2229.21	2272.49	2253.83	2185.1	2110.99	2082.19
110	2109.37	2130.94	2183.48	2232.58	2239.79	2186.58	2051.62	1907.49	1844.78	1907.02	2041.16	2161.54	2213	2212.35	2147.77	2126.96	2109.37
120	2140.48	2153.13	2181.2	2202.63	2194.88	2148.53	2063.29	1983.9	1956.17	1984.91	2060.46	2137.5	2180.47	2191.31	2174.81	2150.22	2140.48
130	2187.15	2193.11	2202.51	2202.88	2187.76	2162.05	2128.88	2104.21	2098.25	2105.03	2128.34	2158.04	2181.46	2197.36	2198.91	2191.07	2187.15



Çizelge A. 4: İstanbul ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2520.46	2694.11	2982.34	3227.74	3409.02	3556.10	3639.23	3648.77	3615.10	3573.03	3514.55	3409.34	3266.25	3110.07	2897.32	2651.37	2520.46
60	2306.03	2467.69	2776.33	3037.49	3214.51	3339.81	3383.75	3348.61	3290.83	3270.75	3257.05	3195.02	3079.72	2930.55	2704.70	2436.42	2306.03
70	2103.76	2231.70	2503.88	2743.10	2892.21	2970.74	2959.44	2854.70	2758.42	2781.60	2842.46	2841.21	2773.52	2651.39	2447.02	2211.37	2103.76
80	2092.37	2186.43	2403.30	2608.87	2727.40	2759.46	2686.16	2491.11	2358.09	2433.71	2587.69	2650.23	2628.83	2534.94	2360.54	2172.79	2092.37
90	2114.80	2179.17	2339.99	2502.44	2585.54	2574.24	2434.56	2174.79	2040.49	2141.92	2363.38	2490.10	2508.95	2445.94	2309.28	2169.48	2114.80
100	2140.65	2183.19	2294.28	2409.35	2457.58	2412.33	2229.69	1982	1875.32	1968.85	2189.37	2355.51	2403.52	2369.18	2273.22	2176.42	2140.65
110	2169.78	2196.24	2265.23	2335.38	2353.31	2288.29	2117.52	1937.66	1859.95	1935.25	2101.96	2255.58	2318.38	2309.29	2251.63	2191.52	2169.78
120	2204.05	2219.47	2256.86	2290.83	2287.13	2227.18	2114.34	2013.24	1978.28	2014.35	2110.07	2211.52	2267.36	2275.35	2248.72	2216.1	2204.05
130	2252.17	2259.58	2273.36	2279.00	2263.79	2228.11	2181.04	2147.61	2139.64	2148.58	2180.46	2223.10	2255.47	2271.80	2268.91	2257.23	2252.17

Çizelge A. 5: İstanbul ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2665.55	2878.83	3239.52	3555.77	3801.31	3997.69	4119.08	4154.86	4122.81	4057.37	3960.86	3816.19	3623.69	3408.11	3134.32	2827.70	2665.55
60	2408.74	2606.87	2987.03	3318.54	3557.78	3728.63	3802.42	3787.99	3728.35	3688.82	3644.44	3549.91	3388.33	3186.04	2899.42	2569.30	2408.74
70	2184.27	2343.03	2681.61	2986.83	3190.59	3310.22	3319.11	3223.49	3119.89	3130.70	3171.76	3146.26	3041.10	2872.45	2611.78	2317.60	2184.27
80	2156.55	2272.50	2544.52	2807.56	2970.65	3032.44	2964.63	2752.84	2601.57	2677.72	2838.73	2893.40	2846.51	2715.46	2491.63	2255.73	2156.55
90	2176.59	2254.68	2456.07	2663.58	2778.60	2781.48	2628.50	2327.20	2171.53	2282.74	2536.55	2674.29	2682.86	2593.71	2417.86	2243.52	2176.59
100	2203.84	2254.99	2393.38	2543.12	2612.47	2566.7	2354.3	2062.16	1937.44	2043.38	2403.66	2493.81	2544.6	2493.3	2367.57	2247.25	2203.84
110	2233.27	2265.25	2351.74	2445.64	2475.83	2401.44	2196.5	1981.92	1889.74	1976.5	2174.25	2360.1	2432.33	2412.93	2335.36	2259.81	2233.27
120	2268.09	2286.39	2333.02	2379.25	2380.33	2308.13	2170.59	2048.93	2007.47	2049.77	2164.71	2288.89	2356.18	2360.5	2323.35	2282.54	2268.09
130	2318.00	2326.90	2345.33	2356.85	2342.17	2296.93	2235.91	2193.88	2184.28	2195.00	2235.07	2290.44	2331.35	2347.66	2339.95	2324.21	2318.00

Çizelge A. 6: İstanbul ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2814.56	3068.39	3503.39	3895.06	4206.62	4459.79	4628.99	4696.37	4666.54	4577.53	4433.25	4238.09	3994.06	3716.62	3378.38	3008.77	2814.56
60	2518.76	2754.16	3209.83	3617.50	3922.75	4146.21	4264.87	4276.29	4214.57	4153.47	4066.47	3929.14	3719.50	3456.38	3105.19	2710.11	2518.76
70	2269.71	2458.94	2863.60	3237.66	3501.68	3663.99	3704.77	3622.13	3509.02	3506.05	3520.85	3466.22	3320.09	3101.19	2780.78	2429.15	2269.71
80	2223.99	2361.69	2686.11	3006.36	3217.51	3311.29	3255.87	3040.39	2873.99	2946.94	3102.17	3142.55	3066.84	2896.01	2623.47	2341.87	2223.99
90	2242.51	2334.77	2576.59	2830.02	2979.86	3001.56	2839.38	2507.58	2332.50	2450.59	2725.75	2870.41	2864.01	2746.30	2531.30	2321.64	2242.51
100	2268.65	2328.17	2494.38	2677.07	2768.62	2726.39	2487.73	2154.83	2017.98	2130.02	2421.91	2636.58	2686.46	2617.43	2463.64	2319.54	2268.65
110	2300.29	2337.44	2442.20	2560.29	2603.71	2521.83	2284.91	2037.16	1931.48	2028.71	2255.98	2470.35	2550.97	2521.11	2422.87	2331.43	2300.29
120	2337.32	2358.67	2415.59	2476.41	2483.31	2399.04	2235.08	2091.26	2041.83	2091.52	2227.12	2375.70	2454.47	2453.93	2404.37	2354.40	2337.32
130	2386.56	2396.94	2420.10	2437.70	2424.02	2369.72	2294.90	2243.80	2232.00	2244.86	2293.52	2361.67	2411.08	2426.78	2413.90	2393.97	2386.56



Çizelge A. 7: İstanbul ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2965.36	3263.14	3775.06	4245.09	4627.48	4941.72	5166.18	5263.51	5235.68	5125.20	4935.71	4678.67	4376.45	4035.44	3629.18	3193.96	2965.36
60	2626.55	2897.65	3429.26	3914.75	4289.02	4569.69	4736.84	4771.85	4708.06	4628.11	4502.71	4311.71	4050.62	3725.58	3307.87	2848.23	2626.55
70	2353.23	2572.05	3041.24	3484.89	3810.17	4020.34	4099.77	4029.85	3907.70	3891.98	3880.17	3786.22	3597.96	3325.22	2945.85	2538.18	2353.23
80	2298.47	2456.52	2831.81	3210.02	3471.97	3598.77	3564.58	3342.29	3159.25	3229.96	3378.17	3401.03	3294.60	3082.27	2759.80	2434.08	2298.47
90	2316.00	2422.78	2704.21	3004.48	3193.12	3236.03	3070.84	2716.58	2522.31	2645.07	2934.27	3080.26	3055.86	2906.55	2651.75	2407.78	2316.00
100	2342.04	2411.41	2607.54	2826.53	2944.36	2910.36	2648.88	2279.76	2128.41	2247.99	2567.22	2801.71	2846.12	2756.42	2571.97	2401.59	2342.04
110	2372.06	2414.22	2536.43	2676.86	2733.79	2646.14	2379.60	2102.57	1987.11	2091.12	2344.10	2583.86	2671.82	2631.44	2514.25	2407.67	2372.06
120	2411.35	2435.71	2503.16	2578.17	2591.05	2496.00	2307.62	2142.94	2085.35	2141.65	2296.66	2468.40	2557.53	2552.18	2490.39	2431.07	2411.35
130	2460.41	2472.19	2500.18	2524.35	2512.02	2448.48	2360.18	2300.46	2286.24	2301.26	2358.33	2439.10	2497.16	2511.88	2493.24	2468.98	2460.41

Çizelge A. 8: İstanbul ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3121.14	3465.48	4055.06	4605.19	5059.26	5437.94	5720.26	5847.74	5824.01	5691.05	5457.50	5136.82	4769.73	4363.69	3887.26	3386.49	3121.14
60	2744.19	3051.87	3660.33	4225.24	4669.73	5012.01	5233.03	5294.11	5231.11	5130.48	4964.10	4714.57	4394.73	4006.68	3521.48	2996.06	2744.19
70	2450.24	2699.79	3238.14	3755.43	4146.83	4411.98	4538.71	4487.42	4360.93	4328.59	4282.77	4139.07	3900.98	3570.71	3128.36	2661.55	2450.24
80	2378.75	2557.90	2985.18	3424.32	3739.47	3905.08	3899.91	3674.35	3476.05	3542.27	3681.22	3675.27	3535.15	3277.37	2903.45	2532.56	2378.75
90	2388.89	2509.61	2829.88	3177.82	3407.13	3472.96	3315.49	2939.44	2727.60	2854.18	3152.34	3292.98	3248.00	3065.92	2770.62	2492.87	2388.89
100	2414.17	2492.74	2716.51	2970.69	3116.16	3091.99	2811.41	2413.39	2247.76	2373.08	2713.85	2964.77	3001.99	2890.02	2675.91	2481.58	2414.17
110	2447.05	2494.71	2635.22	2799.35	2871.58	2780.42	2484.15	2180.64	2056.70	2164.37	2441.34	2706.72	2799.68	2747.37	2610.00	2487.41	2447.05
120	2484.82	2512.11	2589.86	2678.87	2698.42	2593.47	2382.45	2198.48	2133.18	2195.25	2367.82	2560.90	2659.62	2649.23	2575.45	2507.05	2484.82
130	2534.59	2547.82	2580.59	2611.14	2600.00	2528.10	2427.24	2358.94	2342.64	2359.81	2424.71	2517.38	2583.41	2597.10	2572.88	2544.34	2534.59



Çizelge B. 1: Diyarbakır ili için %20 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2688.70	2791.68	2945.46	3006.55	3017.83	3061.43	3069.28	3016.83	2986.27	3037.86	3100.91	3093.08	3051.14	3036.56	2965.21	2805.12	2688.70
60	2550.32	2671.62	2862.63	2945.10	2958.00	2984.29	2958.64	2862.18	2810.45	2886.69	2992.69	3015.91	2989.05	2970.76	2878.03	2678.56	2550.32
70	2501.07	2615.99	2812.93	2900.26	2908.01	2912.99	2852.83	2699.30	2622.05	2727.01	2886.61	2942.45	2935.61	2920.64	2822.86	2616.15	2501.07
80	2508.07	2613.27	2789.78	2869.10	2865.68	2849.12	2752.53	2537.06	2445.68	2570.46	2783.77	2874.97	2888.47	2883.88	2793.30	2608.76	2508.07
90	2546.45	2632.33	2780.69	2845.09	2828.32	2793.89	2661.43	2426.91	2325.12	2455.98	2690.68	2815.39	2845.85	2854.22	2771.79	2624.69	2546.45
100	2585.86	2653.31	2769.99	2816.36	2787.51	2739.45	2587.35	2393.42	2308.09	2404.13	2614.5	2755.19	2799.33	2817.86	2757.66	2644.41	2585.86
110	2626.42	2676.09	2756.52	2783.81	2746.17	2690.14	2567.67	2431.68	2376.9	2439.76	2575.1	2698.8	2741.44	2779.46	2747.3	2667.3	2626.42
120	2669.62	2703.92	2754.53	2756.51	2713.61	2665.93	2600.09	2532.08	2511.65	2536.18	2603.36	2664.8	2703.09	2745.33	2745.71	2696.28	2669.62
130	2726.51	2747.22	2770.01	2747.92	2703.05	2686.13	2676.75	2666.50	2666.61	2667.42	2675.25	2681.53	2696.77	2741.39	2762.99	2741.44	2726.51

Çizelge B. 2: Diyarbakır ili için %30 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2865.01	3031.01	3283.77	3423.25	3490.67	3568.92	3585.36	3521.83	3485.65	3550.61	3629.31	3615.46	3536.39	3464.95	3309.77	3043.31	2865.01
60	2656.52	2849.40	3149.50	3315.76	3383.19	3436.63	3405.13	3279.69	3211.38	3311.22	3451.74	3482.75	3426.35	3351.80	3167.35	2856.35	2656.52
70	2585.09	2761.47	3062.05	3231.22	3287.23	3307.97	3224.84	3019.38	2909.96	3052.53	3271.75	3350.84	3325.81	3259.73	3071.98	2758.05	2585.09
80	2587.19	2740.17	3003.63	3155.36	3188.74	3172.11	3029.88	2731.76	2594.58	2767.19	3073.02	3208.40	3220.11	3174.40	3005.97	2734.94	2587.19
90	2627.20	2746.93	2964.13	3083.16	3086.15	3033.48	2838.26	2495.46	2377.36	2537.86	2876.03	3062.45	3106.84	3090.61	2952.35	2740.48	2627.20
100	2674.08	2764.96	2941.05	3032.7	3017.82	2944.92	2715.92	2424.07	2323.31	2455.71	2741.48	2964.65	3032	3035.6	2929.39	2760.69	2674.08
110	2721.37	2786.36	2912.68	2968.13	2933.78	2846.47	2640.99	2464.95	2391.41	2475.61	2667.81	2849.83	2937.52	2961.74	2900.05	2782.76	2721.37
120	2768.6	2812.76	2893.04	2919.39	2873.87	2790.39	2665.48	2579.68	2553.46	2585.31	2683.17	2796.97	2867.89	2908.77	2884.24	2811.48	2768.6
130	2830.62	2892.62	2887.02	2836.61	2836.61	2788.61	2761.66	2743.60	2747.15	2745.86	2762.56	2795.82	2834.81	2881.63	2890.91	2856.76	2830.62

Çizelge B. 3: Diyarbakır ili için %40 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3041.13	3273.16	3633.50	3868.73	4004.86	4132.26	4179.90	4124.58	4087.97	4156.60	4232.65	4191.63	4065.82	3922.06	3668.91	3290.07	3041.13
60	2766.42	3032.94	3446.83	3710.67	3845.49	3939.50	3924.52	3791.47	3715.33	3827.36	3981.13	3997.89	3901.77	3755.26	3469.87	3039.30	2766.42
70	2668.75	2906.88	3312.38	3572.67	3690.04	3736.30	3646.99	3402.61	3268.46	3440.24	3703.79	3791.12	3738.71	3607.61	3324.25	2904.06	2668.75
80	2669.32	2873.42	3225.79	3456.85	3541.46	3535.63	3361.54	2986.56	2805.36	3024.64	3413.24	3581.84	3580.15	3481.03	3227.33	2862.81	2669.32
90	2723.73	2877.51	3166.74	3357.06	3401.81	3348.93	3093.48	2646.20	2489.66	2690.40	3135.69	3384.72	3429.94	3370.14	3160.50	2863.72	2723.73
100	2775.97	2888.51	3115.67	3258.76	3264.97	3173.1	2870.69	2499.31	2366.11	2528.48	2902.64	3197.37	3282.84	3261.85	3101.94	2876.39	2775.97
110	2829.28	2900.88	3069.41	3161.28	3136.44	3019.8	2736.48	2504.48	2412.04	2517.91	2769.78	3029.7	3142.18	3155.82	3051.63	2896.06	2829.28
120	2882.42	2933.22	3037.25	3084.06	3039.24	2927.2	2753.45	2630.27	2598.19	2637.82	2765.57	2929.57	3028.1	3069.14	3020.82	2923.94	2882.42
130	2948.17	3021.44	3033.01	2978.93	2978.93	2906.71	2847.13	2820.21	2827.00	2824.08	2850.17	2909.05	2970.54	3020.64	3016.75	2970.40	2948.17



Çizelge B. 4: Diyarbakır ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3283.00	3584.03	4062.68	4401.77	4618.85	4820.34	4916.73	4883.92	4850.59	4915.43	4971.23	4884.88	4690.15	4462.08	4101.58	3602.32	3283.00
60	2943.56	3280.98	3819.18	4193.75	4408.75	4568.49	4589.25	4462.83	4380.38	4497.72	4648.36	4633.17	4475.68	4245.61	3845.89	3287.73	2943.56
70	2757.54	3058.08	3571.80	3930.51	4114.62	4205.08	4128.44	3865.16	3711.55	3904.18	4193.33	4269.30	4174.82	3972.26	3586.35	3054.54	2757.54
80	2759.67	3004.92	3448.76	3766.57	3906.22	3924.78	3737.42	3306.54	3090.76	3345.91	3797.05	3979.25	3954.43	3794.88	3451.34	2990.77	2759.67
90	2812.53	3001.19	3362.49	3623.13	3709.42	3660.21	3359.15	2821.02	2627.70	2862.82	3406.72	3702.86	3742.93	3638.52	3354.99	2982.64	2812.53
100	2869.89	3008.75	3287.73	3483.89	3516.86	3411.7	3039.23	2582.5	2432.38	2617.56	3073.92	3439.68	3536.68	3487.58	3273.13	2990.08	2869.89
110	2928.19	3020.08	3224.28	3355.21	3343.3	3200.85	2849.64	2558.9	2449.51	2574.74	2881.86	3213.08	3349.55	3347.78	3201.75	3007.68	2928.19
120	2989.82	3050.24	3182.68	3254.21	3212.81	3071.43	2841.55	2687.96	2648.63	2697.01	2856.74	3071.8	3205.85	3236.18	3161.17	3039.01	2989.82
130	3059.33	3157.39	3180.55	3124.12	3124.12	3023.28	2935.42	2897.75	2906.65	2903.08	2940.17	3027.10	3111.47	3163.37	3145.40	3085.43	3059.33

Çizelge B. 5: Diyarbakır ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3472.62	3838.09	4435.90	4879.19	5183.59	5461.48	5613.75	5610.61	5587.77	5646.32	5674.71	5534.05	5264.13	4949.22	4480.75	3860.38	3472.62
60	3066.65	3474.59	4133.55	4614.32	4913.59	5142.86	5207.13	5096.27	5016.34	5134.20	5271.58	5214.10	4989.46	4674.16	4164.21	3482.36	3066.65
70	2865.44	3220.55	3846.80	4308.26	4568.32	4717.51	4670.09	4399.72	4233.73	4438.66	4737.41	4788.07	4638.30	4356.36	3862.74	3215.63	2865.44
80	2847.60	3140.50	3680.53	4092.10	4296.69	4355.12	4168.77	3690.65	3441.08	3728.19	4231.85	4415.09	4352.37	4124.86	3682.91	3122.25	2847.60
90	2902.05	3124.81	3560.56	3897.39	4030.57	3997.85	3663.23	3048.27	2812.32	3085.38	3713.22	4042.85	4069.79	3913.96	3551.79	3102.11	2902.05
100	2965.63	3129.68	3463.74	3718.37	3783.25	3670.87	3235.89	2693.08	2530.69	2732.59	3269.60	3701.13	3804.86	3721.21	3446.81	3105.71	2965.63
110	3028.92	3140.60	3383.28	3556.45	3562.98	3398.45	2977.49	2630.22	2503.88	2647.45	3007.04	3410.13	3567.78	3547.04	3356.66	3121.6	3028.92
120	3095.12	3164.27	3322.55	3419.38	3383.03	3214.63	2934.61	2753.74	2708.52	2764.25	2952.07	3212.90	3375.88	3401.47	3296.53	3151.19	3095.12
130	3169.82	3210.33	3290.51	3257.33	3268.36	3140.62	3027.81	2979.52	2990.17	2985.95	3033.63	3146.85	3252.14	3304.38	3272.44	3199.55	3169.82

Çizelge B. 6: Diyarbakır ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3662.99	4094.07	4814.75	5365.58	5764.22	6125.60	6345.63	6377.99	6365.27	6416.22	6412.39	6206.93	5852.29	5446.09	4864.92	4119.31	3662.99
60	3192.52	3673.31	4460.68	5055.87	5450.05	5757.17	5878.80	5790.06	5712.86	5830.24	5948.60	5836.31	5531.77	5124.04	4495.34	3682.33	3192.52
70	2966.99	3382.96	4124.33	4693.56	5040.55	5253.62	5243.23	4967.65	4789.87	5007.87	5312.84	5328.84	5115.33	4747.94	4141.83	3376.72	2966.99
80	2933.01	3272.23	3906.76	4411.44	4686.47	4790.58	4617.15	4102.02	3826.81	4139.17	4680.57	4854.24	4747.74	4447.87	3908.38	3250.53	2933.01
90	2992.20	3249.08	3760.21	4175.47	4361.69	4353.64	3996.41	3309.78	3034.59	3342.92	4046.57	4400.82	4404.54	4193.75	3749.39	3222.29	2992.20
100	3058.93	3246.89	3635.61	3950.3	4049.4	3939.18	3449.04	2819.14	2652.1	2868.37	3480.35	3966.23	4071.22	3950.31	3615.4	3218.35	3058.93
110	3131.17	3261.44	3543.14	3760.4	3788	3605.44	3117.91	2717.58	2578.5	2735.33	3142.80	3615.98	3791.24	3748.13	3516.14	3236.59	3131.17
120	3204.27	3283.09	3469.96	3595.44	3567.54	3371.99	3037.21	2826.24	2772.02	2836.82	3056.97	3366.58	3558.04	3575.44	3439.35	3267.85	3204.27
130	3280.97	3326.43	3423.56	3472.16	3414.62	3267.07	3123.37	3064.40	3076.21	3071.79	3130.26	3269.25	3394.94	3446.72	3400.13	3314.18	3280.97



Çizelge B. 7: Diyarbakır ili için %80 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GGB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3854.05	4354.97	5200.06	5861.36	6360.28	6819.53	7113.36	7181.54	7179.65	7223.12	7184.36	6906.89	6458.35	5952.20	5256.36	4380.22	3854.05
60	3311.98	3864.25	4781.13	5492.00	5984.46	6380.69	6562.99	6494.99	6420.88	6538.47	6637.06	6464.83	6074.70	5568.45	4819.55	3874.33	3311.98
70	3063.02	3538.02	4393.15	5070.89	5507.66	5793.86	5825.49	5546.17	5356.92	5587.28	5898.03	5870.54	5587.15	5131.07	4412.76	3530.78	3063.02
80	3023.89	3407.57	4135.87	4735.19	5086.81	5240.64	5082.52	4527.93	4225.14	4564.19	5146.99	5306.11	5149.81	4775.22	4136.86	3386.10	3023.89
90	3087.14	3378.18	3965.80	4460.87	4706.60	4727.69	4356.11	3600.49	3291.54	3631.11	4403.94	4775.81	4751.86	4480.76	3952.50	3347.40	3087.14
100	3158.85	3372.65	3821.45	4201.02	4341.69	4241.26	3705.79	3000.11	2809.38	3040.66	3732.86	4267.19	4364.46	4200.78	3798.43	3340.33	3158.85
110	3234.63	3381.53	3700.95	3961.14	4010.38	3815.37	3268.13	2818.56	2669.1	2835.35	3283.71	3821.71	4012.69	3945.82	3671.28	3351.97	3234.63
120	3315.41	3403.72	3618.15	3772.10	3754.19	3533.60	3146.75	2907.55	2844.14	2917.74	3168.10	3524.25	3741.55	3748.39	3583.42	3386.31	3315.41
130	3395.82	3446.40	3559.77	3622.81	3566.02	3566.02	3398.23	3224.73	3154.97	3167.83	3163.10	3232.17	3396.85	3542.99	3593.69	3531.79	3432.53

Çizelge B. 8: Diyarbakır ili için %90 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GGB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	4052.56	4624.94	5592.13	6364.06	6969.71	7535.26	7904.38	8009.55	8017.31	8053.09	7979.56	7626.38	7075.72	6465.11	5654.65	4650.57	4052.56
60	3440.09	4066.03	5112.90	5939.18	6534.31	7030.79	7279.97	7237.70	7166.96	7282.94	7357.54	7117.89	6632.12	6024.19	5155.74	4076.22	3440.09
70	3169.37	3707.14	4682.99	5474.62	6007.14	6381.90	6467.74	6196.97	6001.57	6239.50	6542.29	6459.91	6092.82	5540.69	4705.21	3699.61	3169.37
80	3116.54	3545.97	4371.08	5069.32	5501.42	5717.81	5583.84	4994.55	4663.25	5029.03	5647.59	5781.63	5566.77	5112.40	4372.23	3523.72	3116.54
90	3178.83	3503.20	4166.73	4742.82	5051.92	5109.91	4730.82	3910.63	3565.81	3937.84	4777.13	5156.27	5096.74	4764.29	4151.26	3468.46	3178.83
100	3254.72	3492.66	3999.73	4443.52	4628.88	4540.95	3964.51	3189.56	2976.92	3223.68	3987.26	4563.57	4650.69	4442.1	3971.93	3456.04	3254.72
110	3341.7	3505.90	3865.55	4172.28	4246.86	4044.13	3439.13	2938.54	2779.48	2953.55	3445.13	4045.08	4247.42	4154.09	3832.09	3471.68	3341.7
120	3424.4	3522.17	3763.34	3946.70	3939.73	3697.56	3259.64	2993.84	2920.94	3003.26	3282.10	3683.86	3924.06	3918.89	3724.78	3502.53	3424.40
130	3510.26	3566.01	3694.27	3771.94	3716.86	3716.86	3529.29	3328.52	3247.97	3261.69	3256.59	3335.90	3525.06	3690.08	3739.10	3662.60	3550.49



Çizelge C. 1: : Ankara ili için %20 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2770.21	2802.44	2851.20	2861.72	2846.26	2840.91	2829.54	2804.74	2803.60	2845.93	2899.96	2926.68	2929.95	2932.53	2905.16	2833.57	2770.21
60	2670.65	2708.79	2775.73	2793.68	2775.71	2759.15	2727.78	2678.69	2665.13	2720.61	2797.91	2841.97	2852.85	2854.82	2817.43	2730.67	2670.65
70	2626.38	2663.43	2730.93	2750.45	2727.63	2698.38	2646.62	2572.46	2539.04	2607.63	2711.80	2772.57	2793.40	2798.30	2760.88	2677.23	2626.38
80	2626.02	2657.77	2714.55	2731.74	2703.28	2662.20	2595.01	2492.41	2441.33	2516.56	2645.11	2721.95	2754.36	2765.43	2734.88	2665.84	2626.02
90	2644.34	2668.27	2713.06	2725.06	2694.92	2647.71	2566.57	2449.29	2393.22	2461.46	2599.13	2689.61	2729.26	2747.08	2726.12	2673.20	2644.34
100	2663.35	2681.19	2714.65	2720.44	2689.93	2643.10	2560.33	2457.44	2409.21	2459.37	2576.05	2667.87	2709.98	2733.00	2721.68	2683.97	2663.35
110	2685.42	2698.21	2720.94	2720.75	2691.82	2651.68	2587.75	2522.17	2493.33	2520.88	2591.17	2661.14	2700.08	2725.62	2723.59	2699.51	2685.42
120	2714.9	2723.77	2737.65	2732.57	2707.38	2680.32	2647.24	2620.44	2612.36	2619.39	2647.06	2681.65	2708.37	2732.49	2737.69	2724.17	2714.90
130	2766.35	2771.87	2778.06	2768.96	2749.47	2740.14	2737.14	2738.24	2740.19	2736.56	2735.17	2738.07	2746.94	2766.28	2776.68	2771.74	2766.35

Çizelge C. 2: Ankara ili için %30 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2880.73	2934.46	3033.68	3085.40	3093.33	3103.27	3102.53	3084.85	3090.91	3149.72	3218.04	3245.73	3235.13	3205.28	3123.26	2986.48	2880.73
60	2737.41	2802.23	2920.67	2980.45	2985.79	2977.51	2944.61	2890.98	2878.66	2958.09	3061.91	3117.53	3118.82	3085.08	2991.92	2837.56	2737.41
70	2674.47	2734.87	2849.16	2906.92	2904.87	2876.04	2811.20	2711.49	2670.57	2774.21	2920.51	3003.04	3019.77	2991.53	2902.72	2756.51	2674.47
80	2670.67	2719.23	2813.30	2861.68	2848.27	2800.01	2702.00	2549.39	2481.23	2594.48	2790.03	2902.31	2936.98	2924.14	2849.64	2732.44	2670.67
90	2688.96	2724.37	2796.65	2829.44	2802.30	2738.71	2618.00	2446.83	2367.01	2469.29	2676.96	2811.55	2861.73	2868.69	2818.20	2732.24	2688.96
100	2714.41	2740.14	2793.48	2816.01	2785.35	2717.61	2590.29	2433.88	2363.79	2441.48	2620.70	2764.79	2825.68	2842.35	2807.36	2745.18	2714.41
110	2742.15	2759.63	2794.78	2804.48	2771.76	2709.26	2605.02	2504.32	2462.48	2504.56	2614.67	2729.54	2790.72	2816.82	2800.99	2761.98	2742.15
120	2775.5	2787.11	2808.21	2808.28	2777.84	2731.74	2671.21	2625.65	2614.17	2625.97	2672.31	2736.58	2783.54	2812.18	2810.36	2788.05	2775.50
130	2831.83	2838.62	2847.93	2840.12	2815.33	2793.72	2777.55	2773.96	2777.36	2773.35	2776.07	2791.90	2814.00	2839.01	2847.42	2838.69	2831.83

Çizelge C. 3: Ankara ili için %40 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3002.87	3085.70	3241.37	3344.26	3387.85	3430.28	3452.36	3446.27	3461.81	3534.92	3610.71	3627.46	3586.42	3514.68	3370.44	3161.00	3002.87
60	2816.53	2907.54	3086.08	3197.51	3236.08	3252.04	3231.92	3179.37	3170.87	3203.56	3393.06	3447.13	3424.58	3350.00	3190.39	2959.10	2816.53
70	2730.68	2814.71	2980.85	3083.95	3109.23	3092.61	3024.14	2907.37	2859.33	2993.90	3176.72	3272.03	3276.07	3209.93	3058.51	2845.93	2730.68
80	2724.40	2791.22	2927.21	3012.22	3019.34	2971.15	2853.86	2658.77	2563.41	2727.16	2982.08	3121.45	3153.83	3106.94	2981.07	2810.00	2724.40
90	2747.49	2795.73	2899.78	2964.28	2953.81	2882.90	2724.16	2495.03	2393.64	2530.43	2814.64	2995.43	3051.60	3030.61	2935.63	2807.14	2747.49
100	2774.04	2807.81	2882.73	2926.32	2901.98	2818.71	2644.15	2436.26	2345.12	2449.60	2693.35	2890.79	2964.73	2968.59	2904.66	2814.75	2774.04
110	2805.4	2827.76	2876.79	2899.26	2866.29	2783.08	2638.09	2497.17	2440.22	2500.13	2654.65	2817.51	2899.10	2921.28	2887.94	2831.44	2805.40
120	2843.27	2857.82	2886.28	2892.87	2858.89	2794.28	2705.92	2642.01	2626.29	2643.98	2710.17	2804.11	2870.55	2901.48	2890.88	2859.18	2843.27
130	2903.72	2912.08	2924.90	2919.13	2890.41	2856.66	2827.18	2818.15	2822.61	2818.74	2826.63	2855.62	2891.10	2920.39	2925.24	2912.19	2903.72



Çizelge C. 4: Ankara ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Cephe Eğim Açısı	Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3138.39	3256.14	3472.71	3629.70	3721.61	3807.10	3857.12	3871.90	3902.96	3984.60	4058.33	4056.01	3975.46	3849.29	3636.38	3351.92	3138.39
60	2910.85	3033.27	3274.59	3444.17	3526.00	3578.64	3577.25	3534.17	3534.29	3650.15	3782.75	3950.25	3769.30	3642.31	3411.51	3100.32	2910.85
70	2798.80	2906.46	3129.67	3285.66	3346.02	3354.22	3291.55	3165.15	3113.40	3273.86	3485.44	3583.25	3562.02	3451.49	3233.94	2948.87	2798.80
80	2780.36	2865.84	3046.07	3174.87	3208.29	3170.07	3041.86	2813.56	2700.49	2901.67	3207.36	3365.43	3386.15	3304.12	3120.10	2891.40	2780.36
90	2805.30	2866.07	3003.03	3100.34	3107.14	3032.85	2844.36	2553.04	2436.13	2601.02	2964.53	3182.60	3240.72	3192.64	3052.38	2881.84	2805.30
100	2834.93	2876.93	2974.20	3040.11	3025.19	2928.94	2707.72	2455.39	2344.87	2474.92	2777.56	3027.16	3113.20	3099.94	3004.55	2886.16	2834.93
110	2869.87	2897.38	2960.58	2998.16	2968.32	2867.35	2681.13	2501.92	2429.47	2507.83	2707.37	2917.21	3015.84	3030.78	2977.17	2902.41	2869.87
120	2912.35	2929.52	2966.99	2981.49	2945.45	2862.93	2745.45	2660.43	2640.32	2664.07	2752.70	2879.33	2965.18	2995.93	2974.42	2931.97	2912.35
130	2976.06	2985.50	3002.48	3000.29	2967.56	2921.01	2877.25	2862.23	2867.53	2864.03	2877.71	2922.07	2970.82	3003.65	3004.45	2986.37	2976.06

Çizelge C. 5: Ankara ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Cephe Eğim Açısı	Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3277.63	3437.50	3718.12	3935.02	4084.41	4216.64	4305.28	4350.99	4399.90	4486.61	4548.27	4517.47	4389.40	4202.89	3918.65	3553.22	3277.63
60	3012.96	3167.56	3474.02	3702.87	3838.38	3932.13	3959.27	3937.10	3951.47	4077.49	4206.96	4231.45	4132.02	3946.93	3641.01	3250.60	3012.96
70	2882.69	3018.12	3299.96	3512.85	3618.80	3658.61	3612.34	3490.02	3442.29	3622.06	3847.62	3937.03	3882.99	3719.12	3430.46	3070.27	2882.69
80	2843.36	2947.64	3177.17	3355.75	3423.44	3404.82	3272.72	3018.19	2886.44	3123.87	3475.32	3644.00	3644.08	3518.35	3271.87	2981.03	2843.36
90	2868.01	2941.22	3112.87	3247.56	3276.06	3205.02	2991.76	2631.11	2501.03	2701.13	3138.88	3389.96	3443.32	3365.94	3176.83	2961.35	2868.01
100	2901.15	2951.07	3072.27	3164.75	3162.02	3056.19	2796.63	2491.75	2364.11	2517.23	2883.10	3180.33	3275.80	3243.02	3112.29	2963.06	2901.15
110	2937.64	2970.23	3049.14	3103.61	3079.19	2961.72	2734.20	2518.21	2430.37	2527.70	2770.76	3027.56	3142.85	3148.30	3070.87	2976.87	2937.64
120	2982.41	3002.28	3047.61	3071.58	3035.85	2935.78	2793.03	2687.91	2663.66	2693.42	2803.84	2960.15	3062.87	3091.42	3058.02	3005.52	2982.41
130	3049.85	3060.72	3081.87	3083.22	3047.84	2989.88	2931.57	2910.66	2917.01	2914.13	2933.66	2992.80	3054.25	3089.33	3085.25	3061.96	3049.85

Çizelge C. 6: Ankara ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Cephe Eğim Açısı	Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3435.41	3627.83	3974.58	4257.66	4468.29	4650.50	4786.50	4865.94	4935.32	5026.13	5071.80	5004.96	4824.27	4569.11	4211.31	3763.49	3435.41
60	3123.29	3312.51	3689.06	3984.47	4179.83	4319.00	4385.06	4387.95	4417.84	4553.65	4676.89	4672.68	4523.11	4272.59	3887.99	3410.50	3123.29
70	2972.68	3136.14	3479.24	3751.88	3910.11	3985.82	3961.70	3846.97	3802.67	4001.17	4237.82	4313.28	4220.47	3998.52	3633.81	3198.97	2972.68
80	2910.78	3035.94	3312.45	3541.22	3649.17	3653.30	3527.02	3255.74	3112.57	3377.96	3763.81	3934.49	3909.49	3736.54	3426.76	3075.01	2910.78
90	2934.82	3020.30	3228.61	3403.28	3458.42	3396.70	3164.78	2754.92	2585.87	2835.32	3337.67	3615.22	3658.19	3546.50	3306.88	3045.57	2934.82
100	2968.43	3026.04	3171.47	3291.20	3302.57	3191.04	2895.96	2539.57	2400.00	2570.20	2997.95	3338.76	3439.29	3386.56	3220.81	3040.74	2968.43
110	3008.71	3046.14	3141.39	3214.44	3196.46	3065.03	2795.60	2545.36	2443.60	2558.35	2843.13	3145.60	3276.52	3270.84	3169.26	3054.42	3008.71
120	3057.13	3079.82	3134.80	3169.59	3135.28	3018.39	2846.12	2719.45	2688.59	2726.87	2862.06	3050.71	3171.24	3196.66	3148.12	3084.04	3057.13
130	3125.65	3137.83	3163.09	3169.06	3131.83	3062.76	3062.76	2962.44	2969.76	2967.30	2993.63	3067.92	3141.77	3177.84	3168.09	3139.56	3125.65



Çizelge C. 7: Ankara ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3599.37	3825.71	4239.90	4593.87	4869.11	5108.20	5295.05	5412.45	5504.90	5598.04	5623.02	5514.68	5278.28	4949.78	4512.05	3981.05	3599.37
60	3231.05	3456.94	3904.34	4269.61	4526.60	4716.10	4823.64	4854.05	4901.96	5045.51	5157.73	5121.76	4920.40	4597.10	4133.70	3568.29	3231.05
70	3060.13	3250.52	3655.34	3990.04	4202.63	4316.67	4320.24	4215.78	4178.41	4393.87	4636.65	4692.99	4556.40	4272.82	3834.11	3323.33	3060.13
80	2987.05	3131.56	3455.91	3735.76	3887.91	3917.84	3799.44	3512.90	3357.87	3651.01	4069.18	4239.58	4185.88	3962.94	3587.56	3176.14	2987.05
90	3010.70	3110.34	3354.43	3570.51	3657.38	3607.47	3364.68	2911.18	2691.79	3000.12	3562.85	3859.90	3888.94	3738.98	3447.20	3138.90	3010.70
100	3045.29	3111.29	3284.11	3434.63	3465.05	3353.44	3024.89	2609.58	2458.67	2646.05	3141.53	3525.65	3626.20	3549.21	3343.83	3129.69	3045.29
110	3085.92	3127.94	3239.18	3330.23	3319.40	3175.87	2864.24	2585.34	2470.62	2601.06	2922.78	3269.62	3414.39	3397.32	3273.08	3137.94	3085.92
120	3138.03	3163.38	3228.52	3273.85	3241.11	3109.53	2908.10	2761.31	2724.46	2770.73	2928.15	3148.35	3285.93	3308.01	3244.44	3168.57	3138.03
130	3208.13	3221.55	3251.03	3263.03	3224.88	3143.16	3056.75	3021.87	3029.72	3028.07	3061.80	3151.12	3237.17	3273.91	3257.79	3223.80	3208.13

Çizelge C. 8: Ankara ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3773.28	4033.23	4513.72	4943.05	5283.25	5585.13	5824.68	5986.40	6101.17	6194.16	6196.85	6042.84	5746.53	5342.79	4821.35	4208.05	3773.28
60	3348.07	3613.69	4131.70	4569.13	4889.60	5135.69	5289.60	5357.08	5423.91	5571.62	5668.48	5592.27	5334.76	4937.42	4391.61	3739.33	3348.07
70	3162.20	3381.96	3852.59	4254.33	4524.82	4686.43	4726.78	4646.13	4621.78	4847.45	5084.98	5111.70	4926.01	4572.73	4057.78	3464.89	3162.20
80	3071.57	3236.13	3611.07	3945.65	4144.60	4204.23	4101.13	3805.82	3643.68	3961.46	4405.05	4567.45	4479.18	4202.88	3761.16	3288.18	3071.57
90	3085.83	3199.21	3479.90	3738.01	3859.84	3826.41	3577.46	3087.91	2819.13	3183.70	3799.39	4110.89	4121.72	3931.83	3585.92	3230.72	3085.83
100	3120.61	3195.57	3393.50	3575.22	3627.19	3517.07	3161.24	2684.84	2524.60	2727.16	3291.67	3712.64	3810.94	3707.28	3462.84	3215.67	3120.61
110	3165.5	3212.16	3340.49	3451.09	3449.82	3295.98	2939.66	2633.54	2506.31	2650.58	3006.78	3402.85	3559.79	3529.67	3380.00	3224.09	3165.50
120	3217.43	3245.44	3320.83	3377.09	3346.39	3200.85	2970.89	2804.91	2762.81	2816.30	2995.82	3246.36	3399.37	3417.61	3338.83	3251.68	3217.43
130	3289.88	3304.49	3337.93	3356.12	3317.32	3223.19	3124.35	3082.68	3090.82	3090.23	3131.15	3234.39	3331.78	3368.86	3346.51	3307.23	3289.88



Çizelge D. 1: Erzurum ili için %20 saydırlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğuş	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2946.16	2981.66	2991.82	2927.44	2830.43	2750.99	2668.97	2573.33	2531.26	2587.39	2692.59	2777.96	2852.28	2940.69	2992.06	2973.21	2946.16
60	2903.86	2940.20	2964.26	2906.37	2806.42	2713.53	2608.62	2486.35	2430.44	2499.25	2630.48	2737.24	2824.20	2915.69	2957.91	2928.73	2903.86
70	2893.94	2923.30	2952.71	2898.10	2795.25	2691.42	2568.42	2425.10	2358.66	2433.83	2585.18	2708.70	2807.20	2901.59	2941.93	2913.38	2893.94
80	2908.25	2930.46	2957.93	2907.11	2802.08	2692.81	2561.13	2404.69	2333.98	2411.66	2569.66	2701.99	2808.22	2904.46	2945.98	2923.16	2908.25
90	2928.05	2945.62	2968.27	2923.17	2820.54	2713.04	2581.83	2434.97	2374.81	2442.98	2587.13	2715.22	2821.95	2916.29	2957.55	2940.30	2928.05
100	2942.25	2956.61	2974.32	2935.44	2841.96	2742.40	2627.08	2519.18	2478.52	2528.61	2634.59	2744.73	2841.43	2928.19	2965.72	2953.01	2942.25
110	2953.98	2965.76	2979.20	2946.98	2869.52	2787.51	2709.43	2655.19	2638.17	2665.32	2719.69	2792.42	2868.61	2941.02	2973.49	2963.52	2953.98
120	2967.1	2977.07	2987.24	2961.76	2903.86	2848.23	2811.37	2802.62	2807.68	2809.82	2821.16	2854.13	2904.11	2958.34	2983.92	2975.38	2967.10
130	2995.49	3003.26	3010.82	2992.69	2955.92	2930.12	2928.93	2947.55	2962.91	2951.79	2935.88	2935.16	2957.00	2991.75	3009.37	3002.07	2995.49

Çizelge D. 2: Erzurum ili için %30 saydırlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğuş	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3073.18	3146.27	3210.25	3181.61	3089.99	3017.15	2917.46	2793.96	2742.91	2824.16	2971.79	3079.97	3148.15	3223.79	3231.87	3146.95	3073.18
60	2991.80	3060.26	3144.38	3125.34	3030.13	2934.91	2799.43	2632.49	2559.67	2662.03	2851.69	2993.68	3082.77	3159.57	3156.15	3051.21	2991.80
70	2963.71	3020.44	3101.22	3082.87	2982.81	2864.32	2697.85	2486.34	2390.74	2512.20	2742.46	2913.87	3027.10	3108.65	3103.18	3008.62	2963.71
80	2971.24	3016.25	3082.16	3058.51	2952.46	2813.47	2621.50	2379.07	2276.23	2396.65	2652.09	2850.13	2984.19	3074.52	3075.98	3005.58	2971.24
90	2987.88	3022.03	3070.58	3036.39	2921.31	2770.61	2570.29	2344.28	2253.18	2356.86	2585.14	2792.86	2938.22	3041.58	3061.25	3014.07	2987.88
100	3005.93	3032.00	3072.14	3038.70	2928.52	2784.27	2596.10	2416.97	2349.85	2430.18	2606.42	2793.60	2935.68	3037.59	3061.81	3026.46	3005.93
110	3020.27	3039.09	3068.34	3036.42	2935.99	2812.03	2672.35	2578.70	2551.89	2592.67	2684.28	2817.00	2937.57	3030.51	3059.99	3035.63	3020.27
120	3035.15	3048.83	3068.71	3042.16	2961.68	2867.47	2792.72	2771.01	2777.92	2781.95	2807.51	2875.68	2961.95	3036.53	3063.25	3046.62	3035.15
130	3066.01	3075.69	3087.26	3066.27	3012.45	2962.51	2945.85	2967.94	2990.74	2974.19	2956.74	2970.19	3013.21	3063.36	3084.63	3074.37	3066.01

Çizelge D. 3: Erzurum ili için %40 saydırlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğuş	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3223.21	3341.94	3469.03	3486.85	3433.14	3377.90	3279.23	3151.27	3101.37	3199.65	3366.39	3482.17	3531.33	3563.70	3514.33	3356.03	3223.21
60	3092.93	3206.45	3361.06	3392.35	3328.07	3243.35	3094.87	2909.01	2830.98	2958.20	3182.55	3345.13	3419.54	3458.71	3393.68	3205.09	3092.93
70	3042.64	3132.32	3281.29	3311.57	3231.79	3112.06	2913.37	2657.37	2544.50	2701.51	2992.28	3201.79	3310.25	3363.19	3300.56	3121.92	3042.64
80	3046.32	3116.00	3239.59	3257.90	3160.34	3007.90	2764.05	2443.02	2310.66	2473.97	2822.54	3077.17	3221.18	3293.39	3246.87	3104.81	3046.32
90	3065.71	3118.08	3214.09	3217.23	3106.25	2932.10	2656.70	2339.32	2220.24	2360.61	2691.89	2978.18	3148.76	3239.33	3212.08	3108.29	3065.71
100	3081.12	3120.06	3190.32	3179.77	3063.52	2881.60	2613.87	2362.41	2270.68	2379.29	2631.00	2907.28	3088.03	3190.70	3182.86	3112.94	3081.12
110	3096.26	3124.04	3171.24	3150.77	3039.33	2869.79	2664.81	2519.11	2475.76	2534.65	2678.89	2878.93	3046.38	3150.97	3162.98	3119.70	3096.26
120	3112.61	3132.04	3162.61	3137.94	3041.57	2912.37	2794.02	2754.00	2761.06	2767.82	2810.64	2919.47	3043.12	3133.59	3155.79	3129.60	3112.61
130	3145.13	3157.94	3175.63	3153.80	3085.23	3009.65	2974.04	2997.30	3027.21	3005.75	2988.03	3019.76	3086.57	3150.15	3172.33	3156.63	3145.13



Çizelge D. 4: Erzurum ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3395.20	3559.41	3755.09	3832.73	3825.11	3799.90	3729.02	3608.03	3562.30	3672.51	3844.26	3943.38	3968.45	3945.80	3819.42	3584.64	3395.20
60	3213.35	3377.61	3608.74	3700.88	3680.53	3617.59	3483.98	3288.75	3207.37	3355.62	3601.21	3760.83	3815.71	3799.41	3660.72	3386.71	3213.35
70	3134.47	3265.02	3486.04	3572.95	3529.23	3418.48	3214.15	2927.00	2796.56	2987.81	3322.73	3548.39	3645.14	3651.52	3522.65	3260.14	3134.47
80	3123.29	3223.39	3408.75	3476.59	3403.50	3246.39	2967.98	2589.09	2426.29	2633.92	3057.64	3351.46	3494.43	3534.71	3431.51	3213.53	3123.29
90	3142.47	3216.20	3361.85	3405.05	3304.28	3111.26	2775.46	2374.89	2233.71	2404.90	2832.31	3186.15	3369.92	3444.11	3373.04	3206.80	3142.47
100	3158.05	3211.39	3319.14	3337.01	3219.60	3007.49	2664.03	2343.19	2233.73	2367.03	2691.68	3051.97	3262.11	3360.22	3320.45	3203.85	3158.05
110	3174.69	3211.49	3284.41	3282.11	3163.16	2955.51	2680.45	2485.65	2423.28	2504.79	2697.52	2974.91	3183.99	3292.37	3279.21	3206.40	3174.69
120	3193.69	3218.27	3263.12	3248.62	3141.73	2971.66	2806.71	2743.48	2750.12	2760.01	2824.24	2979.79	3145.21	3248.17	3257.32	3215.23	3193.69
130	3227.95	3243.35	3266.86	3246.01	3164.85	3064.54	3006.61	3029.16	3065.60	3039.58	3023.69	3075.40	3167.07	3243.55	3263.05	3241.76	3227.95

Çizelge D. 5: Erzurum ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3578.43	3782.77	4059.73	4209.34	4247.54	4271.95	4235.87	4135.59	4097.99	4212.25	4378.36	4450.22	4431.34	4357.15	4145.98	3821.78	3578.43
60	3340.30	3556.30	3867.57	4031.25	4055.96	4034.18	3924.62	3736.97	3657.67	3817.21	4070.18	4211.40	4231.74	4161.58	3935.10	3575.72	3340.30
70	3243.64	3418.21	3716.96	3869.62	3867.63	3784.44	3590.99	3288.47	3151.16	3364.68	3727.34	3947.78	4023.14	3975.37	3767.26	3421.99	3243.64
80	3207.39	3342.54	3595.81	3721.67	3683.52	3533.89	3244.99	2812.89	2622.73	2870.62	3357.73	3671.92	3808.31	3801.14	3631.43	3337.65	3207.39
90	3224.14	3322.64	3521.05	3610.85	3531.50	3327.03	2945.65	2467.61	2298.28	2503.36	3023.24	3429.22	3620.59	3666.13	3543.72	3314.98	3224.14
100	3241.24	3311.52	3459.26	3513.19	3403.47	3165.40	2749.91	2363.22	2238.07	2391.94	2790.55	3229.70	3461.78	3548.47	3471.50	3304.95	3241.24
110	3256.56	3304.70	3407.05	3428.20	3306.37	3063.61	2717.68	2471.07	2393.42	2493.50	2739.52	3095.88	3339.45	3447.27	3409.32	3299.78	3256.56
120	3274.85	3305.71	3368.44	3366.69	3252.73	3048.13	2835.87	2747.13	2753.83	2766.05	2854.38	3058.02	3263.60	3372.95	3364.86	3302.72	3274.85
130	3311.41	3329.88	3362.16	3346.82	3255.99	3128.79	3047.75	3067.85	3110.27	3079.81	3066.46	3138.34	3257.69	3345.70	3358.99	3328.28	3311.41

Çizelge D. 6: Erzurum ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3767.81	4011.36	4378.62	4601.80	4693.50	4777.17	4793.35	4721.05	4694.72	4808.04	4957.54	4988.84	4914.56	4784.32	4489.36	4065.01	3767.81
60	3478.03	3744.80	4145.97	4388.56	4465.54	4497.31	4428.62	4255.79	4182.46	4349.01	4598.42	4708.77	4678.81	4551.53	4231.15	3774.84	3478.03
70	3358.97	3579.25	3959.31	4186.81	4230.43	4186.15	4012.55	3701.99	3557.43	3790.52	4173.65	4380.97	4420.81	4320.00	4021.47	3591.31	3358.97
80	3296.60	3466.49	3788.45	3976.63	3974.63	3847.17	3555.46	3088.09	2877.85	3157.30	3690.69	4012.25	4132.00	4077.03	3833.51	3468.78	3296.60
90	3310.68	3434.95	3688.97	3828.68	3775.58	3571.74	3160.81	2610.13	2409.16	2650.60	3253.27	3697.25	3890.85	3899.27	3720.75	3431.80	3310.68
100	3325.66	3413.78	3601.93	3693.57	3597.02	3338.99	2864.41	2407.85	2269.34	2440.98	2915.12	3421.84	3670.51	3738.96	3622.21	3409.24	3325.66
110	3343.33	3403.54	3535.46	3584.70	3465.33	3190.73	2774.96	2482.15	2392.71	2508.38	2801.85	3233.78	3507.24	3610.83	3545.76	3399.93	3343.33
120	3363.2	3401.60	3484.68	3499.01	3378.45	3139.51	2875.34	2756.70	2758.61	2776.49	2895.31	3156.37	3398.79	3511.75	3486.47	3399.16	3363.20
130	3398.48	3420.86	3463.76	3455.53	3357.29	3202.36	3095.81	3111.34	3159.20	3124.88	3114.72	3211.18	3359.88	3457.73	3462.42	3419.45	3398.48



Çizelge D. 7: Erzurum ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3960.71	4246.36	4708.58	5005.97	5160.82	5316.65	5393.69	5351.92	5343.47	5455.20	5577.72	5555.33	5418.49	5223.34	4843.58	4312.24	3960.71
60	3615.83	3929.64	4424.07	4745.76	4883.41	4977.51	4956.77	4802.41	4741.47	4911.91	5148.34	5217.45	5131.96	4940.40	4528.24	3969.30	3615.83
70	3468.16	3732.62	4195.90	4497.74	4592.71	4595.75	4452.01	4137.83	3993.80	4242.69	4634.78	4819.03	4815.67	4657.64	4270.31	3752.50	3468.16
80	3392.99	3597.60	3988.74	4243.09	4281.59	4182.31	3894.88	3393.21	3168.73	3474.39	4049.45	4372.27	4466.67	4364.55	4041.66	3606.54	3392.99
90	3406.91	3557.33	3868.88	4062.42	4037.95	3844.30	3408.98	2798.73	2567.33	2845.18	3517.55	3991.13	4179.29	4147.82	3907.12	3560.31	3406.91
100	3422.2	3529.74	3763.39	3895.97	3817.51	3549.24	3023.35	2487.55	2330.39	2522.85	3081.73	3648.14	3909.50	3952.31	3790.70	3529.54	3422.20
110	3437.93	3510.20	3671.08	3748.24	3634.32	3331.03	2853.62	2519.60	2418.53	2547.86	2884.51	3384.65	3684.38	3780.94	3687.59	3508.92	3437.93
120	3459.9	3506.24	3609.14	3641.00	3516.89	3244.12	2930.81	2783.86	2778.95	2805.43	2952.84	3268.58	3543.51	3659.21	3616.42	3505.32	3459.90
130	3495.32	3521.94	3576.08	3576.28	3470.88	3290.07	3156.17	3166.20	3219.42	3181.25	3175.88	3299.43	3477.49	3582.07	3577.47	3521.31	3495.32

Çizelge D. 8: Erzurum ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	4163.18	4494.74	5048.74	5422.02	5648.94	5885.99	6024.18	6021.03	6028.91	6139.45	6232.61	6148.83	5937.94	5673.01	5207.92	4564.76	4163.18
60	3763.54	4124.19	4716.36	5116.43	5321.76	5490.36	5523.74	5398.18	5348.76	5523.15	5740.26	5755.16	5602.59	5342.53	4840.12	4174.81	3763.54
70	3594.65	3903.78	4456.02	4835.32	4991.56	5055.07	4953.41	4651.58	4514.05	4772.59	5160.60	5303.41	5245.45	5023.61	4545.54	3931.31	3594.65
80	3497.73	3738.09	4202.27	4525.25	4609.92	4549.28	4275.79	3748.39	3513.71	3844.05	4449.68	4761.49	4821.68	4668.38	4263.79	3753.42	3497.73
90	3500.60	3677.97	4047.50	4298.05	4306.32	4129.84	3679.93	3017.11	2762.12	3072.26	3802.86	4295.46	4469.57	4399.16	4090.91	3686.39	3500.60
100	3515.67	3642.45	3920.97	4096.19	4037.64	3767.27	3198.04	2594.95	2411.07	2630.96	3263.12	3879.59	4148.60	4162.07	3952.38	3646.66	3515.67
110	3534.5	3619.83	3813.35	3920.95	3815.50	3487.93	2951.01	2570.86	2456.95	2600.60	2984.11	3550.96	3874.93	3959.39	3834.08	3621.50	3534.50
120	3555.56	3609.85	3732.65	3783.90	3659.20	3355.02	2993.17	2819.37	2806.67	2841.92	3017.67	3384.70	3689.49	3806.21	3744.20	3610.87	3555.56
130	3592.31	3623.19	3688.50	3697.67	3586.15	3382.08	3222.20	3224.81	3282.88	3241.02	3241.75	3392.13	3597.38	3707.30	3692.55	3623.74	3592.31



Çizelge E. 1: Antalya ili için %20 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2028.15	2134.32	2296.47	2385.77	2437.97	2527.42	2588.72	2585.11	2571.30	2594.13	2605.21	2549.72	2462.55	2409.29	2315.97	2147.00	2028.15
60	1855.46	1979.15	2179.30	2288.03	2339.18	2407.74	2432.05	2385.36	2349.02	2393.94	2447.90	2427.84	2360.43	2308.73	2196.69	1989.74	1855.46
70	1775.08	1892.19	2099.24	2210.23	2252.92	2294.71	2277.41	2173.06	2106.33	2179.17	2290.23	2310.11	2269.55	2227.30	2112.12	1899.46	1775.08
80	1755.19	1861.68	2046.18	2146.97	2174.42	2188.86	2127.26	1962.16	1870.70	1962.39	2133.91	2197.77	2186.11	2158.66	2053.79	1864.73	1755.19
90	1773.92	1858.67	2011.35	2094.11	2104.76	2096.16	1996.36	1797.99	1698.73	1792.49	1994.83	2099.10	2111.18	2100.58	2014.75	1858.76	1773.92
100	1799.5	1864.57	1982.71	2042.02	2036.57	2011.45	1891.4	1701.75	1605.67	1694.84	1884.29	2009.32	2038.72	2044.39	1983.23	1862.94	1799.5
110	1828.79	1875.99	1958.32	1990.1	1970.2	1935.46	1827.6	1682.44	1612.1	1674.82	1819.17	1930.25	1968.69	1989.21	1956.46	1873.13	1828.79
120	1864.24	1896.48	1946.58	1951.39	1920.35	1889.71	1824.34	1743.31	1709.28	1737.71	1816.85	1883.35	1916.28	1948.13	1943.06	1893	1864.24
130	1913.64	1932.57	1952.96	1931.84	1893.06	1880.78	1869.60	1848.50	1839.55	1844.55	1863.29	1874.25	1887.50	1927.12	1948.58	1928.94	1913.64

Çizelge E. 2: Antalya ili için %30 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2226.97	2389.05	2657.21	2842.62	2979.48	3145.01	3260.88	3288.87	3287.99	3304.38	3289.79	3183.45	3024.81	2886.01	2688.21	2408.97	2226.97
60	1989.56	2173.16	2482.87	2692.08	2823.81	2958.18	3024.71	2996.39	2966.62	3011.62	3053.18	2994.86	2864.42	2728.68	2508.81	2189.20	1989.56
70	1884.95	2053.81	2361.84	2569.34	2683.63	2775.75	2781.78	2672.08	2598.83	2683.92	2805.44	2806.61	2716.38	2597.53	2381.81	2064.16	1884.95
80	1854.60	2001.10	2269.12	2452.32	2537.52	2580.47	2512.52	2303.83	2187.84	2306.85	2526.49	2601.47	2560.00	2471.35	2282.30	2005.55	1854.60
90	1871.24	1984.33	2201.42	2344.88	2391.84	2385.94	2247.37	1986.84	1868.30	1980.14	2248.99	2393.19	2399.59	2353.51	2206.75	1984.83	1871.24
100	1899.3	1985.58	2155.32	2265.35	2286.58	2252.44	2072.3	1822.9	1709.79	1812.5	2065.49	2252.19	2291.81	2271.9	2157.7	1984.21	1899.3
110	1930.44	1991.52	2109.34	2176.73	2169.11	2112.33	1945.56	1753.15	1666.6	1743.18	1933.63	2105.94	2169.16	2177.71	2108.2	1988.65	1930.44
120	1966.33	2007.71	2081.77	2110.85	2084.22	2027.85	1915.87	1804.1	1760.84	1796.6	1905.81	2019.9	2080.47	2108.22	2078.43	2004.13	1966.33
130	2017.26	2041.28	2075.27	2067.59	2028.08	1995.15	1957.75	1925.86	1917.70	1922.01	1951.06	1988.13	2022.50	2062.94	2070.82	2037.54	2017.26

Çizelge E. 3: Antalya ili için %40 saydımlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2425.56	2648.17	3029.18	3324.93	3565.71	3827.77	4020.12	4103.41	4121.72	4122.59	4060.84	3886.76	3632.12	3390.40	3078.71	2677.25	2425.56
60	2125.29	2371.27	2799.03	3117.77	3348.32	3571.85	3704.63	3722.26	3708.10	3741.41	3744.86	3627.19	3408.03	3173.04	2835.86	2392.85	2125.29
70	1991.32	2211.05	2626.21	2935.59	3137.40	3300.15	3350.80	3261.16	3191.61	3276.13	3385.99	3347.16	3186.96	2978.40	2652.18	2224.85	1991.32
80	1955.39	2142.24	2500.17	2773.93	2931.19	3022.49	2970.02	2746.07	2620.58	2750.50	2994.30	3055.57	2966.61	2802.67	2516.91	2148.62	1955.39
90	1972.81	2116.70	2407.00	2632.04	2739.14	2763.70	2607.95	2291.10	2150.55	2282.89	2613.79	2781.02	2759.48	2649.11	2417.14	2118.34	1972.81
100	2000.36	2107.89	2330.38	2499.02	2557.01	2525.34	2298.2	1989.33	1865.28	1976.89	2289.89	2528.73	2565.74	2507.61	2335.37	2106.82	2000.36
110	2031.98	2107.72	2263.35	2371.16	2385.18	2313.1	2087.17	1851.41	1751.57	1838.58	2073.89	2305.91	2385.19	2374.16	2263.61	2104.91	2031.98
120	2069.56	2120.01	2218.29	2272.91	2254.39	2175.48	2019.63	1877.96	1825.25	1868.18	2006.89	2165.56	2250.74	2271.52	2215.54	2116.37	2069.56
130	2122.01	2151.07	2198.78	2205.24	2166.63	2114.18	2050.67	2006.42	1998.58	2002.70	2042.65	2105.89	2160.90	2201.04	2194.49	2147.24	2122.01



Çizelge E. 4: Antalya ili için %50 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2632.87	2918.83	3412.78	3824.28	4179.48	4547.36	4835.11	4980.97	5023.10	5006.13	4884.69	4622.05	4265.38	3907.37	3476.18	2952.30	2632.87
60	2265.42	2576.22	3124.02	3562.12	3903.34	4227.94	4445.94	4515.31	4518.94	4540.91	4496.53	4300.05	3983.31	3635.87	3174.87	2602.19	2265.42
70	2100.70	2373.00	2898.17	3318.23	3618.19	3867.12	3983.42	3926.18	3862.76	3945.82	4028.46	3930.54	3685.19	3376.83	2933.21	2390.18	2100.70
80	2055.37	2283.45	2734.55	3104.32	3343.20	3498.81	3484.93	3264.63	3133.27	3270.17	3516.43	3547.16	3392.92	3145.30	2755.87	2291.99	2055.37
90	2071.93	2245.50	2609.06	2912.68	3081.66	3144.00	2987.91	2642.56	2490.32	2631.35	2998.74	3171.01	3112.61	2936.80	2620.84	2248.39	2071.93
100	2099.95	2228.15	2503.98	2732.93	2832.76	2813.03	2550.6	2190.21	2058.62	2173.56	2541.61	2820.38	2846.44	2744.75	2509.91	2227.68	2099.95
110	2132.47	2222.61	2416.35	2569.15	2608.45	2527.83	2248.64	1971.53	1863.58	1957.16	2232.44	2520.1	2608.98	2571.84	2417.6	2219.95	2132.47
120	2175.15	2234.97	2358.69	2442.07	2436.38	2337.01	2134.99	1964.58	1903.09	1954.13	2120.98	2324.88	2431.13	2441.06	2356.74	2231.38	2175.15
130	2228.08	2262.46	2324.89	2347.10	2311.04	2239.60	2149.19	2090.05	2080.28	2085.73	2139.00	2229.79	2305.10	2343.42	2320.89	2258.62	2228.08

Çizelge E. 5: Antalya ili için %60 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	2841.25	3189.64	3800.60	4332.81	4808.25	5296.61	5686.74	5891.87	5956.59	5924.90	5746.85	5385.80	4914.87	4434.02	3880.25	3231.77	2841.25
60	2405.61	2781.15	3448.49	4007.59	4464.79	4901.99	5213.31	5331.57	5352.32	5364.42	5273.25	4988.31	4564.50	4098.33	3513.16	2811.66	2405.61
70	2216.40	2543.87	3182.32	3718.70	4126.76	4476.85	4673.80	4650.00	4595.93	4675.72	4726.12	4552.14	4211.51	3792.84	3228.47	2563.67	2216.40
80	2158.50	2429.42	2977.75	3452.80	3785.13	4021.31	4062.19	3846.77	3712.26	3854.88	4098.15	4079.23	3849.28	3506.37	3005.76	2439.80	2158.50
90	2171.43	2374.87	2813.81	3202.23	3441.66	3554.52	3415.80	3051.67	2890.00	3037.62	3427.53	3590.96	3482.51	3235.52	2828.49	2378.94	2171.43
100	2200.77	2349.74	2682.01	2976.49	3125.9	3127.22	2842.38	2446.35	2302.27	2421.36	2831.43	3139.31	3146.05	2992.87	2688.47	2349.92	2200.77
110	2235.41	2340.24	2574.65	2775.38	2846.01	2763.96	2438.66	2118.36	2002.71	2099.39	2417.61	2756.46	2848.33	2779.2	2575.94	2337.92	2235.41
120	2278.3	2346.62	2494.34	2607.08	2615.44	2500.57	2256.2	2061.08	1991.29	2049.29	2240.82	2485.7	2609.15	2605.24	2492.66	2343.08	2278.3
130	2333.19	2372.51	2449.08	2487.50	2456.07	2366.89	2251.29	2178.20	2165.46	2172.60	2239.70	2355.12	2448.40	2483.67	2445.26	2368.63	2333.19

Çizelge E. 6: Antalya ili için %70 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3051.50	3462.24	4192.64	4848.78	5450.48	6070.03	6557.42	6822.19	6908.07	6861.84	6630.96	6171.97	5575.47	4968.19	4288.34	3513.72	3051.50
60	2549.73	2992.82	3786.62	4473.89	5057.36	5622.57	6025.16	6195.25	6233.06	6235.04	6098.26	5720.77	5174.92	4581.09	3864.85	3028.39	2549.73
70	2331.51	2714.54	3468.38	4125.65	4648.90	5110.26	5382.83	5389.10	5341.39	5420.89	5445.91	5195.43	4750.04	4213.69	3525.06	2736.54	2331.51
80	2257.97	2571.18	3214.49	3793.88	4222.67	4546.93	4644.73	4433.80	4296.88	4446.11	4687.05	4613.10	4300.56	3859.03	3250.35	2582.66	2257.97
90	2271.30	2505.22	3020.24	3496.58	3812.15	3986.72	3873.83	3489.03	3320.00	3474.24	3885.77	4027.18	3863.12	3538.48	3039.25	2509.99	2271.30
100	2299.24	2468.79	2857.03	3219	3421.19	3451.89	3156.64	2732.72	2575.29	2699.68	3140.66	3466.3	3445.16	3239.4	2864.07	2469.32	2299.24
110	2339.14	2458.42	2734.04	2984.95	3090.21	3011.91	2648.35	2289.32	2170.88	2263.84	2620.71	3004.48	3095.37	2991.32	2735.39	2456.34	2339.14
120	2385.46	2463.17	2638.06	2783.82	2810.69	2682.75	2395.56	2171	2092.18	2158.07	2376.99	2665.99	2803.96	2781.82	2636.38	2459.7	2385.46
130	2438.91	2483.22	2574.38	2630.28	2604.58	2499.12	2357.30	2270.22	2254.36	2263.44	2344.55	2485.08	2595.27	2625.66	2570.47	2479.28	2438.91



Çizelge E. 7: Antalya ili için %80 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3264.09	3738.05	4590.14	5374.37	6111.98	6866.42	7452.45	7774.72	7881.88	7821.84	7537.92	6982.94	6252.34	5512.30	4701.62	3798.85	3264.09
60	2687.71	3197.17	4116.52	4932.85	5648.27	6341.95	6833.53	7050.59	7104.05	7097.88	6918.63	6453.95	5780.30	5055.77	4207.88	3238.63	2687.71
70	2443.94	2881.13	3748.60	4525.40	5168.15	5743.19	6088.15	6122.82	6080.40	6160.87	6162.47	5839.60	5282.36	4626.13	3814.98	2905.86	2443.94
80	2361.32	2715.22	3452.79	4137.08	4666.87	5083.40	5229.41	5019.34	4876.63	5034.61	5279.76	5155.56	4756.18	4211.97	3495.73	2727.72	2361.32
90	2374.70	2639.40	3231.73	3797.42	4193.79	4436.78	4350.37	3944.30	3769.53	3931.23	4365.34	4481.28	4254.23	3847.35	3255.96	2644.70	2374.70
100	2403.97	2596.41	3045.82	3480.93	3743.81	3816.49	3521.48	3067.09	2900.8	3029.34	3500.57	3830.52	3774.07	3507.41	3056.22	2597.7	2403.97
110	2441.9	2575	2889.97	3189.74	3330.23	3259.44	2867.37	2477.61	2351.49	2442.37	2832.13	3252.17	3337.93	3198.9	2891.65	2572.99	2441.9
120	2493.01	2579.94	2781.55	2960.56	3006.9	2869.11	2543.47	2288.99	2202.46	2274.34	2520.36	2851.06	3000.87	2959.2	2779.77	2576.45	2493.01
130	2547.02	2596.28	2702.06	2775.99	2757.31	2636.95	2468.87	2367.17	2348.28	2359.90	2455.02	2620.11	2746.36	2770.84	2698.21	2592.26	2547.02

Çizelge E. 8: Antalya ili için %90 saydamlık oranına sahip eğimli cephelerde toplam enerji yükleri.

Toplam Isıtma ve Soğutma Yüğü (kWh)																	
Cephe Eğim Açısı	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
50	3483.75	4019.89	4992.11	5906.03	6784.06	7672.40	8356.48	8734.50	8862.09	8789.09	8454.24	7805.23	6939.09	6062.13	5118.58	4089.83	3483.75
60	2837.30	3413.26	4457.93	5404.45	6256.63	7080.25	7663.90	7929.03	7998.71	7984.14	7761.36	7207.64	6401.84	5543.42	4562.44	3461.34	2837.30
70	2566.93	3061.96	4048.59	4949.90	5720.62	6416.66	6842.95	6912.88	6879.39	6958.26	6928.50	6526.02	5846.18	5063.89	4125.54	3090.10	2566.93
80	2466.12	2862.29	3696.79	4489.00	5126.77	5641.49	5839.69	5631.74	5482.97	5651.45	5898.08	5721.44	5224.90	4572.87	3746.41	2876.16	2466.12
90	2476.22	2771.34	3440.32	4095.36	4576.14	4893.50	4830.80	4404.76	4223.23	4393.90	4849.71	4939.70	4644.04	4151.75	3469.21	2777.18	2476.22
100	2505.55	2719.91	3228.55	3735.23	4059.82	4177.7	3881.55	3398.01	3225.97	3357.61	3857.96	4190.76	4094.95	3765.81	3240.84	2720.82	2505.55
110	2551.02	2698.85	3055.88	3408.15	3588.16	3532.49	3117.93	2696.5	2556.85	2650.98	3073.04	3522.86	3597.88	3420.06	3058.51	2696.86	2551.02
120	2600.13	2696	2924.35	3137.16	3204.44	3059.32	2699.42	2414.95	2317.92	2396.39	2669.6	3039.51	3198.53	3136.88	2922.42	2692.47	2600.13
130	2656.13	2710.1	2830.21	2922.11	2911.25	2777.47	2585.02	2468.66	2446.30	2460.94	2570.04	2758.10	2899.27	2916.49	2826.31	2706.04	2656.13



EK F**Çizelge F. 1:**İstanbul ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.

Saydamlık Oranları	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
%20 Saydamlık Oranı	70	80	110	120	120	110	110	100	100	100	110	110	120	110	100	80	70
%30 Saydamlık Oranı	70	80	110	120	120	120	110	100	100	100	110	120	120	120	110	80	70
%40 Saydamlık Oranı	80	80	120	120	130	120	110	110	100	110	110	120	120	120	110	80	80
%50 Saydamlık Oranı	80	90	120	130	130	120	120	110	110	110	110	120	130	130	120	90	80
%60 Saydamlık Oranı	80	90	120	130	130	130	120	110	110	110	120	120	130	130	120	90	80
%70 Saydamlık Oranı	80	100	120	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	120	100	80
%80 Saydamlık Oranı	80	100	130	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	120	100	80
%90 Saydamlık Oranı	80	100	130	130	130	130	120	110	110	110	110	130	130	130	130	100	80

Çizelge F. 2: Diyarbakır ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.

Saydamlık Oranları	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
%20 Saydamlık Oranı	70	80	120	130	130	120	110	100	100	100	110	120	130	130	120	80	70
%30 Saydamlık Oranı	70	80	130	130	130	130	110	100	100	100	110	130	130	130	120	80	70
%40 Saydamlık Oranı	70	80	130	130	130	130	110	100	100	110	120	130	130	130	130	80	80
%50 Saydamlık Oranı	70	90	130	130	120	130	120	110	100	110	120	130	130	130	130	90	80
%60 Saydamlık Oranı	80	90	130	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	120	90	80
%70 Saydamlık Oranı	80	90	130	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	120	90	80
%80 Saydamlık Oranı	80	100	130	130	130	120	120	110	110	110	130	130	130	130	120	100	80
%90 Saydamlık Oranı	80	100	130	130	130	120	120	110	110	110	110	130	130	130	130	100	80

Çizelge F. 3: Ankara ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.

Saydamlık Oranları	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
%20 Saydamlık Oranı	80	80	90	100	100	100	100	90	90	100	100	110	110	110	100	80	80
%30 Saydamlık Oranı	80	80	100	110	110	110	100	100	100	100	100	110	120	120	110	80	80
%40 Saydamlık Oranı	80	80	110	120	120	110	110	100	100	100	110	120	120	120	110	90	80
%50 Saydamlık Oranı	80	80	110	120	120	120	110	100	100	100	110	120	120	120	110	90	80
%60 Saydamlık Oranı	80	80	120	120	120	120	110	100	100	100	110	120	120	120	120	90	80
%70 Saydamlık Oranı	80	90	120	130	130	120	110	100	100	110	110	120	130	130	120	100	80
%80 Saydamlık Oranı	80	90	120	130	130	120	110	110	100	110	110	120	130	130	120	100	80
%90 Saydamlık Oranı	80	100	120	130	130	120	110	110	100	110	120	120	130	130	120	100	80

Çizelge F. 4: Erzurum ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.

Saydamlık Oranları	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
%20 Saydamlık Oranı	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	70	70	70	70	70
%30 Saydamlık Oranı	70	80	110	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	110	110	80	70
%40 Saydamlık Oranı	70	80	120	120	110	110	100	90	90	90	100	110	120	120	120	80	70
%50 Saydamlık Oranı	80	100	120	130	120	110	100	100	100	100	100	110	120	130	120	100	80
%60 Saydamlık Oranı	80	110	130	130	120	120	110	100	100	100	110	120	130	130	130	110	80
%70 Saydamlık Oranı	80	120	130	130	120	120	110	100	100	100	110	120	130	130	130	110	80
%80 Saydamlık Oranı	80	120	130	130	130	120	110	100	100	100	110	120	130	130	130	120	80
%90 Saydamlık Oranı	80	120	130	130	130	120	110	110	100	110	110	120	130	130	130	120	80

Çizelge F. 5: Antalya ili için saydamlık oranı ve yöne bağlı olarak en düşük enerji yüklerinin gerçekleştiği durumda cephe eğim açısı.

Saydamlık Oranları	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
%20 Saydamlık Oranı	70	90	120	130	130	130	120	110	100	110	120	130	130	130	120	90	110
%30 Saydamlık Oranı	80	90	130	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	130	90	100
%40 Saydamlık Oranı	80	100	130	130	130	130	120	110	110	110	120	130	130	130	130	110	100
%50 Saydamlık Oranı	80	110	130	130	130	130	120	120	110	120	120	130	130	130	130	110	100
%60 Saydamlık Oranı	80	110	130	130	130	130	130	120	120	120	130	130	130	130	130	110	100
%70 Saydamlık Oranı	80	110	130	130	130	130	130	120	120	120	130	130	130	130	130	110	100
%80 Saydamlık Oranı	80	110	130	130	130	130	130	120	120	120	130	130	130	130	130	110	100
%90 Saydamlık Oranı	80	120	130	130	130	130	130	120	120	120	130	130	130	130	130	120	100



EK G

Çizelge G. 1: İstanbul ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.

Saydamlık Oranları	Cephe Eğim Açısı (°)								
	130	120	110	100	90	80	70	60	50
%20	-	KDD DOĞU BATI	KD GDD GD GB GBB KBB	GGD GÜNEY GGB KB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-
%30	-	KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	KD GD GB KB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-
%40	DOĞU	KD KDD GDD GBB BATI KBB	GD GGD GGB GB KB	GÜNEY	-	KUZEY KKD KKB	-	-	-
%50	KDD DOĞU BATI KBB	KD GDD GD GBB KB	GGD GÜNEY GGB GB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-	-
%60	KDD DOĞU GDD BATI KBB	KD GD GB GBB KB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-	-
%70	KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	KD GD GB KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-	-
%80	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	GD GB KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-	-
%90	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-	-

Çizelge G. 2: Diyarbakır ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.

Saydamlık Oranları	Cephe Eğim Açısı (°)								
	130	120	110	100	90	80	70	60	50
%20	KDD DOĞU BATI KBB	KD GDD KB GBB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-
%30	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	KB	GB GD	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-
%40	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GB	GD GGB	GÜNEY GGB GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-
%50	KD KDD GDD GBB BATI KBB KB	GD DOĞU GBB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-	-
%60	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-	-
%70	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	KKB	KKD	KUZEY	-	-	-
%80	KD KDD DOĞU GB GBB BATI KBB	GD GDD KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-	-
%90	KD KDD DOĞU GB GBB BATI KBB	GD GDD KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	KUZEY	-	-	-

Çizelge G. 3: Ankara ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.

Saydamlık Oranları	Cephe Eğim Açısı (°)								
	130	120	110	100	90	80	70	60	50
%20	-	-	GBB BATI KBB	KDD DOĞU GDD GD GBB GB KB	KD GGD GÜNEY	KKD KKB KUZEY	-	-	-
%30	-	BATI KBB	KDD DOĞU GDD GBB KB	KD GD GGD GÜNEY GGB GB	-	KKD KKB KUZEY	-	-	-
%40	-	KDD DOĞU GBB BATI KBB	KD GDD GD GB KB	GGD GÜNEY GGB	KKB	KKD KUZEY	-	-	-
%50	-	KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	KD GD GB KB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KUZEY KKB	-	-	-
%60	-	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	KKB	KKD KUZEY	-	-	-
%70	KDD DOĞU BATI KBB	KD GDD GBB KB	GD GGB GB	GGD GÜNEY KKB	KKD	KUZEY	-	-	-
%80	KDD DOĞU BATI KBB	KD GDD GBB KB	GD GDD GGB GB	GÜNEY KKB	KKD	KUZEY	-	-	-
%90	KDD DOĞU BATI KBB	KD GDD GB GBB KB	GD GDD GGB	KKD GÜNEY KKB	-	KUZEY	-	-	-

Çizelge G. 4: Erzurum ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.

Saydamlık Oranları	Cephe Eğim Açısı (°)								
	130	120	110	100	90	80	70	60	50
%20	-	-	-	-	-	KUZEY KKD KD KDD DOĞU GDD BATI KBB KB KKB	GD GGD GÜNEY GGB GB GBB	-	-
%30	-	-	KD KBB KB	-	KDD DOĞU GDD GD GGD GÜNEY GGB GB GBB BATI	KKD KKB	KUZEY	-	-
%40	-	KD KDD BATI KBB KB	DOĞU GDD GBB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	KUZEY	-	-
%50	KDD KBB	KD DOĞU BATI KB	GDD GBB	KKD GD GGD GÜNEY GGB GB KKB	-	KUZEY	-	-	-
%60	KD KDD BATI KBB KB	DOĞU GDD GBB	KKD GD GB KKB	GGD GÜNEY GGB	-	KUZEY	-	-	-
%70	KD KDD BATI KBB KB	KKD DOĞU GDD GBB KKB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	-	KUZEY	-	-	-
%80	KD KDD DOĞU BATI KBB KB	KKD GDD GBB KKB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	-	KUZEY	-	-	-
%90	KD KDD DOĞU BATI KBB KB	KKD GDD GBB KKB	GD GGD GGB GB	GÜNEY	-	KUZEY	-	-	-

Çizelge G .5: Antalya ili için saydamlık oranı ve cephe eğim açısının değişmesiyle en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği yönler.

Saydamlık Oranları	Cephe Eğim Açısı (°)								
	130	120	110	100	90	80	70	60	50
%20	KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB	KD GD GB KB	GGD GGB	GÜNEY	KKD KKB	-	KUZEY	-	-
%30	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GB	GGD GÜNEY GGB	-	KKD KKB	KUZEY	-	-	-
%40	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GB	GGD GÜNEY GGB KKB	KKD	-	KUZEY	-	-	-
%50	KD KDD DOĞU GDD GBB BATI KBB KB	GD GGD GGB GB	KKD GÜNEY KKB	-	-	KUZEY	-	-	-
%60	KD KDD DOĞU GDD GD GB GGB BATI KBB KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	-	KUZEY	-	-	-
%70	KD KDD DOĞU GDD GD GB GGB BATI KBB KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	-	KUZEY	-	-	-
%80	KD KDD DOĞU GDD GD GB GGB BATI KBB KB	GGD GÜNEY GGB	KKD KKB	-	-	KUZEY	-	-	-
%90	KD KDD DOĞU GDD GD GB GGB BATI KBB KB	KKD GGD GÜNEY GGB KKB	-	-	-	KUZEY	-	-	-



Çizelge H. 1: İstanbul ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.

Cephe Eğim Açısı	Hacimdeki Saydam Bileşenin Bulunduğu Yön																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
130	-	%90	%90 %80	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60 %50 %40	%90 %80 %70 %60	-	-	-	-	-	%90 %80 %70	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60 %50	%90	-	-
120	-	-	%70 %60 %50 %40	%40 %30 %20	%30 %20	%50 %40 %30	%90 %80 %70 %60 %50	-	-	-	%90 %80 %70 %60	%60 %50 %40 %30	%40 %30 %20	%40 %30	%80 %70 %60 %50 %40 %30	-	-
110	-	-	%30 %20	-	-	%20	%40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60 %50 %40	%40 %30 %20	%20 -	-	%20	-	-	-
100	-	%90 %80 %70	-	-	-	-	-	%30 %20	%40 %30 %20	%30 %20	-	-	-	-	%20	%90 %80 %70	-
90	-	%60 %50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%60 %50	-
80	%90 %80 %70 %60 %50 %40	%40 %30 %20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40
70	%30 %20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%30 %20
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Çizelge H. 2: Diyarbakır ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.

Cephe Eğim Açısı	Hacimdeki Saydam Bileşenin Bulunduğu Yön																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
130	-		%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%70 %60 %50 %40 %30	-	-	-	-	%90 %80	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%70 %50 %40	-	-
120	-	-	%20			%90 %80 %20	%90 %80 %70 %60 %50	-	-	-	%90 %80 %70 %60	%20	%40 %30 %20	%40 %30	%90 %80 %60 %30 %20	-	-
110	-	-		-	-		%40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60	%90 %80 %70 %60 %50	%40 %30 %20	%20 -	-	%20	-	-	-
100	-		-	-	-	-	-	%40 %30 %20	%50 %40 %30 %20	%30 %20	-	-	-	-			-
90	-	%70 %60 %50		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%70 %60	-
80	%90 %80 %70 %60	%40 %30 %20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%40 %30 %20	%90 %80 %70 %60
70	%50 %40 %30 %20	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%50 %40 %30 %20
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Çizelge H. 3: Ankara ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.

Cephe Eğim Açısı	Hacimdeki Saydam Bileşenin Bulunduğu Yön																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
130	-	-	-	%90 %80 %70	%90 %80 %70	-	-	-	-	-	-	-	%90 %80 %70	%90 %80 %70	-	-	-
120	-	-	%90 %80 %70 %60	%60 %50 %40	%60 %50 %40	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60 %50	-	-	-	%90	%20	%60 %50 %40 %30	%60 %50 %40 %30	%90 %80 %60	-	-
110	-	-	%50 %40	%30	%30	%40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40	%90 %80	-	%90 %80 %70 %60 %30	%80 %70 %50 %40	%20 -	%20	%30 %20	%50 %40	-	-
100	-	-	%30	%20	%20	%60 %50 %40 %20	%60 %50 %40 %30 %20	%70 %60 %50 %40 %30	%90 %80 %70 %60 %40 %30	%60 %50 %40 %30 %20	-	-	-	-	-	%80 %70	-
90	-	%80 %70	%20	-	-	-	-	%20	%20	-	-	-	-	-	-	%60 %50	-
80	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%60 %50 %40 %30 %20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Çizelge H. 4: Erzurum ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.

Cephe Eğim Açısı	Hacimdeki Saydam Bileşenin Bulunduğu Yön																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
130	-	-	%90 %80 %70 %60	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80	-	-	-	-	-	-	-	%90 %80 %70 %60	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60	-	-
120	-	%90 %80 %70	%50 %40	%40	%70 %60 %50	%90 %80 %70 %60	-	-	-	-	-	-	%50 %40	%40	%50 %40	%90 %80	-
110	-	%60	%30	-	%40	%50 %40	%90 %80 %70 %60	%90	-	%90	%90 %80 %70 %60	%90 %80 %70 %60	-	%30	%30	%70 %60	-
100	-	%50	-	-	-	-	%50 %40	%80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60 %50	%80 %70 %60 %50	%50 %40	%50 %40	-	-	-	%50	-
90	-	-	-	%30	%30	%30	%30	%40 %30	%40 %30	%40 %30	%30	%30	%30	-	-		-
80	%90 %80 %70 %60 %50	%40 %30	-	-	-	-	%20	%20	%20	%20	%20	%20	-	-	-	%40 %30	%90 %80 %70 %60 %50
70	%40 %30 %20	%20	%20	%20	%20	%20	-	-	-	-	-	-	%20	%20	%20	%20	%40 %30 %20
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Çizelge H. 5: Antalya ili için saydam bileşenin bulunduğu cephenin eğim açısına ve yönüne bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği saydamlık oranları değerleri.

Cephe Eğim Açısı	Hacimdeki Saydam Bileşenin Bulunduğu Yön																
	Kuzey	KKD	KD	KDD	Doğu	GDD	GD	GGD	Güney	GGB	GB	GBB	Batı	KBB	KB	KKB	Kuzey
130	-		%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60	-	-	-	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30 %20	-	-	
120	-	%90	%20	-	-	-	%50 %40 %30 %20	%90 %80 %70 %60 %50	%90 %80 %70 %60	%90 %80 %70 %60 %50	%50 %40 %30 %20	-	-	-	%20	%90	-
110	-	%80 %70 %60 %50		-	-	-	-	%40 %30 %20	%50 %40 %30	%40 %30 %20		-	-		-	%80 %70 %60 %50 %40	-
100	-	%40	-	-	-	-	-	-	%20		-	-	-	-	-	-	-
90	-	%30 %20		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%30 %20	-
80	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%90 %80 %70 %60 %50 %40 %30
70	%20	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%20
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



EK I



Şekil I. 1: İstanbul ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



Şekil I. 2: Diyarbakır ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



Şekil I. 3: Ankara ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



Şekil I. 4: Erzurum ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



Şekil I .5: Antalya ili için saydam bileşenin bulunduğu cephe eğim açısına bağlı olarak en düşük toplam enerji yüklerinin gerçekleştiği seçeneğin, cephe eğiminin dik (90°) olması durumu ile karşılaştırılması.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ebru YÜKSEL
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.01.1992- Ankara
E-posta : ebruyukseleytu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2016-2020 yılları arasında çeşitli mimari ofislerde çalıştı.
- 14. Batı Akdeniz Mimarlık Sergisi ve Ödülleri kapsamında ödül alan projede tasarımcı mimar olarak görev almıştır.

