

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI
HEDEFLEYEN BİNA DIŞ KABUĞU ALTERNATİFLERİNİN
BELİRLENMESİ**

127767

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Müh. Durul YOLAÇAN

502991163

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Mayıs 2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gül Koçlar ORAL

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Gülay Zorer GEDİK (Y.T.Ü.)

MAYIS 2002

127767

ÖNSÖZ

Bu tezde, yıllık enerji harcamalarını minimize eden bina kabuğunun seçilmesinde kullanılabilecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın hazırlanmasında, beni yönlendiren ve zamanını esirgemeyen, değerli hocam, Sayın Doç. Dr. Gül Koçlar ORAL'a, teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bana yüksek lisans sürecinde yardımcı olan ve tezin son kontrol aşamasını gerçekleştiren Ş. Filiz AKŞİT'e ve tez boyunca bana desteklerini esirgemeyen değerli aileme teşekkür ederim.

Mayıs, 2002

Durul YOLAÇAN



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI ZORUNLU KILAN FAKTÖRLER	2
3. YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINDA ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER	4
3.1. Binanın Bulunduğu Yer	4
3.2. Bina Aralıkları	4
3.3. Binanın Yönlendiriliş Durumu	5
3.4. Bina Biçimi	5
3.5. Bina Dış Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri	6
4. YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN MEVZUAT	8
4.1. Türkiye’de Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Mevzuat	8
4.2. Türkiye’de Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Mevzuatın Dayandırıldığı Yurtdışı Mevzuat	15
5. YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI HEDEFLEYEN DIŞ KABUK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM	20
5.1. Hesaplamaların Yapılacağı Dizayn Günlerinin Seçilmesi ve Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi	20
5.2. İç Dizayn Koşullarının Belirlenmesi	20
5.3. Yıllık Enerji Harcamalarında Etkili Olan Yapma Çevre Değişkenlerinin Belirlenmesi	21
5.3.1. Binanın Yerinin Belirlenmesi	21
5.3.2. Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi	21

5.3.3. Binanın Boyutları ve Biçim Faktörünün Belirlenmesi	22
5.3.4. Binanın Yönlendiriliş Durumunun Belirlenmesi	22
5.3.5. Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonlarının Belirlenmesi	22
5.3.5.1. Dış Kabuk Elemanını Etkileyen Sol-Air Sıcaklıkların Hesaplanması	23
5.3.5.2. Opak Bileşenin İç Yüzey Sıcaklığının Isısal Konfor Açısından İzin Verilebilir Sınır Değerinin Hesaplanması	25
5.3.5.3. Opak Bileşenin İstenen Toplam Isı Geçirme Katsayısının (U_o) Belirlenmesi	27
5.3.6. Opak Bileşen Katmanlaşma Seçeneklerinin Önerilmesi	27
5.4. Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesi	28
5.4.1. Isıtma ve Soğutmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi	28
5.4.2. Tüm Bina Kabuğundan Isıtmanın İstendiği Dönemde Kaybedilen ve Soğutmanın İstendiği Dönemde Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması	30
5.4.2.1. Hesaplamaların Zamana Bağlı Olmayan Rejimde (Denge Rejimi) Yapılması (1. Hesap Yöntemi)	30
5.4.2.2. Hesaplamaların Zamana Bağlı Rejimde Yapılması (2. Hesap Yöntemi)	32
5.4.2.3. Hesaplamaların 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı TS-825'in Önerdiği Yönteme Bağlı Olarak Yapılması (3. Hesap Yöntemi)	33
5.4.3. Yakıt ve Elektrik Enerjisi Miktarlarının Hesaplanması	35
5.4.4. Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	35
6. YÖNTEMİN UYGULANMASI	36
6.1. Hesaplamaların Yapılacağı Dizayn Günlerinin Seçilmesi ve Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi	36
6.2. İç Dizayn Koşullarının Belirlenmesi	36
6.3. Yıllık Enerji Harcamalarında Etkili Olan Yapma Çevre Değişkenlerinin Belirlenmesi	37
6.3.1. Binanın Yerinin Belirlenmesi	37
6.3.2. Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi	37
6.3.3. Binanın Boyutları ve Biçim Faktörünün Belirlenmesi	37
6.3.4. Binanın Yönlendiriliş Durumunun Belirlenmesi	37
6.3.5. Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonlarının Belirlenmesi	37
6.3.6. Opak Bileşen Katmanlaşma Seçeneklerinin Önerilmesi	39
6.4. Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesi	42
6.4.1. Isıtma ve Soğutmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi	43
6.4.2. Tüm Bina Kabuğundan Isıtmanın İstendiği Dönemde Kaybedilen ve Soğutmanın İstendiği Dönemde Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması	45
6.4.2.1. Hesaplamaların Zamana Bağlı Olmayan Rejimde (Denge Rejimi) Yapılması (1. Hesap Yöntemi)	45
6.4.2.2. Hesaplamaların Zamana Bağlı Rejimde Yapılması (2. Hesap Yöntemi)	45
6.4.2.3. Hesaplamaların 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı' TS-825'in Önerdiği Yönteme Bağlı Olarak Yapılması (3. Hesap Yöntemi)	45
6.4.3. Yakıt ve Elektrik Enerjisi Miktarlarının Hesaplanması	46
6.4.4. Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması	46
7. BULGULAR	47
8. SONUÇLAR	55

KAYNAKLAR	57
EK-A	59
EK-B	76
ÖZGEÇMİŞ	97



TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. Bölgelere göre $A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$ oranlarına bağlı olarak Q' 'nün hesaplanması	14
Tablo 4.2. Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri.....	15
Tablo 4.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Üst Sınır Değerleri (Alman Yönetmeliği) ...	16
Tablo 6.1. Malzeme Listesi.....	38
Tablo 6.2. İstanbul ve Diyarbakır Yöreleri İçin $U_o=0,60 \text{ W/m}^2\text{°C}$ Olması Durumunda Belirlenmiş Saydamlık Oranları	39
Tablo 6.3. Bina Kabuğu Katmanlaşma Alternatifleri.....	41



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 5.1.	İklimsel Konfor Grafiği	29
Şekil 6.1.a.	İstanbul Yöresinde Gerçek Atmosfer Koşullarında, Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonları	40
Şekil 6.1.b.	Diyarbakır Yöresinde Gerçek Atmosfer Koşullarında, Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonları.....	40
Şekil 6.2.a.	Çatının Katmanlaşma Detayı.....	42
Şekil 6.2.b.	Döşemenin Katmanlaşma Detayı	42
Şekil 6.3.	Isıtmanın İstendiği Dönem.....	44
Şekil 6.4.	Soğutmanın İstendiği Dönem	44
Şekil 7.1.	İstanbul Yöresi - Toplam Isı Kayıpları	47
Şekil 7.2.	Diyarbakır Yöresi - Toplam Isı Kayıpları	48
Şekil 7.3.	İstanbul Yöresi - Toplam Isı Kazançları	48
Şekil 7.4.	Diyarbakır Yöresi - Toplam Isı Kazançları.....	49
Şekil 7.5.	İstanbul Yöresi – Isıtma ve Soğutma Enerjisi Giderleri	49
Şekil 7.6.	Diyarbakır Yöresi – Isıtma ve Soğutma Enerjisi Giderleri.....	50
Şekil 7.7.	İstanbul Yöresi – Yıllık Isı Kayıpları	51
Şekil 7.8.	Diyarbakır Yöresi – Yıllık Isı Kayıpları.....	51
Şekil 7.9.	İstanbul Yöresi – Yıllık Isı Kazançları.....	52
Şekil 7.10.	Diyarbakır Yöresi – Yıllık Isı Kazançları	52
Şekil 7.11.	İstanbul Yöresi – Yıllık Enerji Harcamaları.....	53
Şekil 7.12.	Diyarbakır Yöresi – Yıllık Enerji Harcamaları	53
Şekil A.1.	İstanbul – 21 Ocak – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	60
Şekil A.2.	İstanbul – 21 Ocak – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	61
Şekil A.3.	İstanbul – 21 Ocak – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	62
Şekil A.4.	İstanbul – 21 Ocak – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	63
Şekil A.5.	Diyarbakır – 21 Ocak – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	64
Şekil A.6.	Diyarbakır – 21 Ocak – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	65
Şekil A.7.	Diyarbakır – 21 Ocak – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	66
Şekil A.8.	Diyarbakır – 21 Ocak – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	67
Şekil A.9.	İstanbul – 21 Temmuz – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	68
Şekil A.10.	İstanbul – 21 Temmuz – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	69
Şekil A.11.	İstanbul – 21 Temmuz – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	70
Şekil A.12.	İstanbul – 21 Temmuz – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	71

Şekil A.13.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri.....	72
Şekil A.14.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri.....	73
Şekil A.15.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri.....	74
Şekil A.16.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri	75
Şekil B.1.	İstanbul – 21 Ocak – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	77
Şekil B.2.	İstanbul – 21 Ocak – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	78
Şekil B.3.	İstanbul – 21 Ocak – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	79
Şekil B.4.	İstanbul – 21 Ocak – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	80
Şekil B.5.	Diyarbakır – 21 Ocak – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	81
Şekil B.6.	Diyarbakır – 21 Ocak – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	82
Şekil B.7.	Diyarbakır – 21 Ocak – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	83
Şekil B.8.	Diyarbakır – 21 Ocak – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri	84
Şekil B.9.	İstanbul – 21 Temmuz – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	85
Şekil B.10.	İstanbul – 21 Temmuz – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	86
Şekil B.11.	İstanbul – 21 Temmuz – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	87
Şekil B.12.	İstanbul – 21 Temmuz – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	88
Şekil B.13.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	89
Şekil B.14.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	90
Şekil B.15.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	91
Şekil B.16.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri.....	92
Şekil B.17.	İstanbul – 21 Ocak – Günlük Isı Kaybı Değişimleri	93
Şekil B.18.	Diyarbakır – 21 Ocak – Günlük Isı Kaybı Değişimleri	94
Şekil B.19.	İstanbul – 21 Temmuz – Günlük Isı Kazancı Değişimleri	95
Şekil B.20.	Diyarbakır – 21 Temmuz – Günlük Isı Kazancı Değişimleri	96

SEMBOL LİSTESİ

U_o	: Opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2°C$
U_c	: Saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2°C$
ρ	: Yoğunluk, kg/m^3
c	: Özgül ısı, $kg/kg°C$
a_o	: Yutuculuk katsayısı
r_o	: Yansıtıcılık katsayısı
τ_o	: Geçirgenlik katsayısı
λ	: Opak bileşeni oluşturan katmanların ısı iletkenlik katsayıları, $W/m°C$
d	: Opak bileşeni oluşturan katmanların kalınlıkları, m
x	: Saydamlık oranı
t_i	: İç hava sıcaklığı, $°C$
t_d	: Dış hava sıcaklığı, $°C$
α_i	: İç yüzeysel ısı iletkenlik katsayıları, $W/m^2°C$
α_d	: Dış yüzeysel ısı iletkenlik katsayıları, $W/m^2°C$
$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
H	: Binanın özgül ısı kaybı, W/K
T_i	: Aylık ortalama iç sıcaklıklar, $°C$
T_d	: Aylık ortalama dış sıcaklıklar, $°C$
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç kazançlar, W
$\Phi_{g,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W
t	: Zaman, s
H	: Binanın özgül ısı kaybı, W/K
H_i	: İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K
H_h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K
H_l	: İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K
A_D	: Dış duvar alanı, m^2
A_p	: Pencere alanı, m^2
A_T	: Tavan alanı, m^2
A_t	: Döşeme alanı, m^2
A_d	: Dış hava ile temas eden döşeme alanı, m^2
A_{dsic}	: Daha düşük iç sıcaklıklara sahip bölgelere sınır oluşturan yapı elemanı yüzeyleri alanı, m^2
U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K
U_t	: Zemine oturan tabanın / döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_{dsic}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K
IU_1	: Varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı
l	: Isı köprüsünün uzunluğu, m
U_1	: Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği, W/mK
V^1	: Hacimsel hava değişim hızı, m^3/h
n_h	: Hava değişim sayısı, h^{-1}
V_n	: Havalandırılan hacim, m^3
A_n	: Faydalı bina kullanım alanı
$r_{i,ay}$	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
$g_{i,ay}$	: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$I_{i,ay}$	: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti, W/m^2
A_i	: i yönündeki toplam pencere alanı, m^2
$g_{\perp}$	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
$T_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, $^{\circ}C$
$T_{d,ay}$	: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, $^{\circ}C$
I_T	: Opak bileşenin dış yüzeyini etkileyen toplam güneş ışıınımı şiddeti, W/m^2 .
t_{eci}	: Tek cam tabakalı saydam bileşenleri herhangi bir anda etkileyen sol-air sıcaklıklar, $^{\circ}C$
t_{ecii}	: Çift cam tabakalı saydam bileşenleri herhangi bir anda etkileyen sol-air sıcaklıklar, $^{\circ}C$
I_D, I_y	: Saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen direkt ve toplam yaygın (yaygın gök yerden yansımış) ışıınım yeğnilikleri, W/m^2 .
U_{ci}	: Saydam bileşenin tek camlı olması durumunda toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2^{\circ}C$
U_{cii}	: Saydam bileşenin çift camlı olması durumunda toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2^{\circ}C$
α_s	: Çift cam tabaka arasındaki havanın kondüktansı, $W/m^2^{\circ}C$
a_D, a_y	: Tek cam tabakasının direkt ve yaygın güneş ışıınımına karşı yutuculuğu, boyutsuz
τ_D, τ_y	: Tek cam tabakasının direkt ve yaygın güneş ışıınımına karşı geçirgenliği, boyutsuz
τ_{12D}, τ_{12y}	: Çift cam tabakasının direkt ve yaygın güneş ışıınımına karşı geçirgenliği, boyutsuz
a_{dD}, a_{dy}	: Çift tabakalı camda, dıştaki tabakanın direkt ve yaygın ışıınıma karşı yutuculuklarının içteki tabakadan etkilenecek aldıkları değerler, boyutsuz
a_{iD}, a_{iy}	: Çift tabakalı camda, içteki tabakanın direkt ve yaygın ışıınıma karşı yutuculuklarının dıştaki tabakadan etkilenecek aldıkları değerler, boyutsuz
t_{iyo}	: Kabuk elemanına ait (ağırlıklı ortalama) günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$
t_{olo}	: Opak bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$
t_{clo}	: Saydam bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$
t_{ci}	: Saydam bileşenin herhangi bir andaki iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$
F_s	: Camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı
t_{eo}	: Opak bileşeni etkileyen sol-air sıcaklık, $^{\circ}C$
t_{ec}	: Saydam bileşeni etkileyen sol-air sıcaklık, $^{\circ}C$
t_{eoo}	: Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, $^{\circ}C$
t_{eco}	: Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, $^{\circ}C$

$1/\Lambda$	: Yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direnci
$1/\alpha_i$	: İç hava yüzeysel ısı iletim direnci, $m^2\text{°C}/W$
$1/\alpha_d$	: Dış hava yüzeysel ısı iletim direnci, $m^2\text{°C}/W$
q	: Kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m^2
Q	: Kabuk elemanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W
t_{oi}^*	: Opak bileşen iç yüzey sıcaklığının herhangi bir T anındaki değeri, $^{\circ}C$
a_1	: Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı yayılım katsayısı, m^2/s
λ_1	: Bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenliği, $W/m^{\circ}C$
b	: Bileşenin iç yüzeyinin hacmin saydam bileşenlerinden geçen güneş ışıını yutuculuk katsayısı, boyutsuz
S_i	: Hacimdeki tüm saydam bileşenlerden geçen güneş ışıınının, ele alınan kabuk elemanının iç yüzeyini etkileyen yeğinliği, W/m^2
t_2	: Bileşen içinde, bileşenin iç yüzeyinden (Δx) metre kadar içerdeki noktanın ($T-\Delta T$) anındaki sıcaklığı, $^{\circ}C$
t_{oi}	: Bileşenin iç yüzey sıcaklığının ($T-\Delta T$) anındaki değeri, $^{\circ}C$
t_{ci}	: Saydam bileşenin iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}C$
m	: Bir ısıtma mevsimi için gerekli olan yakıt ihtiyacı, m^3
Q_h	: Binanın ısıtma yükü, W
z	: Tesisin günlük çalışma süresi, h
Z	: İklim koşullarına göre tesisatın yıllık çalışma süresi, gün
H_u	: Tesiste yakılacak yakıtın alt ısı değeri, kJ/kg
η_k	: Isı üreticisinin toplam verimi

YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI HEDEFLEYEN BİNA DIŞ KABUĞU ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, binalarda yıllık enerji harcamalarını minimize eden dış kabuk detaylarının belirlenmesi ve ülkemizde yıllık enerji harcamalarını hesaplayan yürürlükteki mevzuatın irdelenerek, eksik taraflarının ortaya konulmasıdır.

Çalışmada, dış iklim koşullarına ait verilerden yararlanılarak ve binada ek yapma ısıtma ve soğutma sistemleri olduğu koşullarda yıllık enerji harcamaları hesaplanmaktadır. Hesaplamalar zamana bağlı olmayan rejimde (denge rejimi), zamana bağlı rejimde ve TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nın önerdiği hesaplama yöntemine göre yapılarak karşılaştırılmaktadır.

Çalışma, ülkemizde yürürlükte olan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nın önerdiği 2. bölgede yer alan, ılımlı-nemli iklim bölgesinin pilot şehri kabul edilen İstanbul yöresinde ve sıcak-kuru iklim bölgesinin pilot şehri kabul edilen Diyarbakır yöresinde uygulanmıştır. Çalışma, 8 ana bölümden oluşmaktadır.

1. Bölüm'de, çalışmanın amacı açıklanmıştır.
2. Bölüm'de, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasını zorunlu kılan nedenler belirtilerek, enerji ekonomisinin gerekliliğinden bahsedilmiştir.
3. Bölüm'de, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasında etkili olan faktörler anlatılmıştır.
4. Bölüm'de, ülkemizde yıllık enerji harcamalarının belirlenmesi konusunda yürürlükte olan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı ve standardın önerdiği hesap yöntemine değinilmiştir.
5. Bölüm'de, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasını hedefleyen dış kabuk alternatiflerinin belirlenmesinde kullanılabilecek yöntem açıklanmıştır.
6. Bölüm'de, yöntemin İstanbul ve Diyarbakır yörelerine uygulanması ve bu uygulamanın adımları açıklanmıştır.
7. Bölüm'de, yöntemin uygulanması sonucunda ortaya çıkan bulgular yer almaktadır.
8. Bölüm'de ise çalışmanın sonuçları yer almaktadır.

Ekler bölümünde, uygulama sonuçlarına ilişkin grafikler verilmiştir.

A METHOD FOR THE DETERMINATION OF EXTERNAL BUILDING ENVELOPE ALTERNATIVES AIMING THE DECREASE OF ENERGY CONSUMPTION

SUMMARY

The aim of this study is to determine details of external building envelope alternatives which enable to minimize annual energy consumption in buildings. Besides, this study exposes the lacks in the standard regarding the calculation of annual cost of energy in our country.

In the study, annual energy consumption and energy cost are calculated by means of meteorological data when artificial heating and cooling systems are operated. Calculations have been made in three different methods; steady-state conditions, unsteady-state conditions and a method proposed by TS-825 Standard, (Thermal Insulation Rules in Buildings).

The method has been carried out Istanbul and Diyarbakır which are representative cities of Turkey for temperate-humid and hot-dry zones respectively in the 2nd zone proposed in the standard of TS-825 (Thermal Insulation Rules in Buildings).

This study consists of 8 main chapters.

Chapter 1: The aim of this study has been explained.

Chapter 2: By mentioning the reasons which make the reduction on annual energy usage mandatory, the necessity of economies of energy has been discussed.

Chapter 3: Factors which are effective on the decrease of annual cost of energy have been described.

Chapter 4: The standard of TS-825 (Thermal Insulation Requirements in Buildings) which is valid regarding the determination of annual cost of energy in our country has been mentioned.

Chapter 5: The approach in determination of external building envelope alternatives aiming the decrease on annual cost of energy has been explained .

Chapter 6: The practice of the improved approach in Istanbul and Diyarbakır regions and explanation of applied steps.

Chapter 7: The findings as a consequence of the use of improved approach have been mentioned.

Chapter 8: The results of this study has been explained.

Attachments: The graphics regarding to the results of the practices have been presented.

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Dış çevre iklim koşulları, bölgelere ve zamana bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden, yılın belirli dönemlerinde iklimsel konfor koşullarını doğal yollarla sağlamak olanaklı olamamakta ve ek yapma ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapma ısıtmada ve soğutmada kullanılan enerji kaynaklarının yetersiz ve pahalı oluşu, kullanılan enerji kaynaklarının çevreye kirlilik yayması ve insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşması, yapma ısıtma ve soğutmaya harcanan enerji miktarlarının minimum düzeyde tutulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu yüzden iklimsel konforu etkileyen yapma çevre değişkenlerine, yapma ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının kontrol altında tutulmasını olanaklı kılacak uygun değerler kazandırılmalıdır.

Dış çevredeki iklimsel koşulların etkilerini kontrol altına alarak yapma çevreye aktarılmasında rol oynayan en önemli değişkenlerden birisinin bina kabuğu olduğu bilinmektedir. Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri ile tanımlanmaktadır. Optik ve termofiziksel özelliklerine bağlı olarak bina kabuğunun iklim kontrolünde gösterdiği performans, yıllık enerji harcamalarını etkilemektedir.

Bu çalışma, yıllık enerji harcamalarını azaltan, bina kabuğu alternatiflerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Çalışmada ele alınan yöntem, ülkemizde yürürlükte olan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nın önerdiği 2. bölgede bulunan İstanbul yöresi ve Diyarbakır yöresinde yer aldığı varsayılan bir konut binası için uygulanmıştır. Bina için aynı toplam ısı geçirme katsayısına sahip, farklı kabuk alternatifleri geliştirilerek, yıllık enerji harcamalarını minimize eden alternatiflerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, hesaplamalar zamana bağlı olmayan rejim (denge rejimi), zamana bağlı rejim ve TS-825'in önerdiği hesaplama yöntemine göre yapılmış ve hesaplama sonuçları karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2: YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI ZORUNLU KILAN FAKTÖRLER

Günümüzde,

- teknolojinin hızla gelişmesi ve bu gelişmenin beraberinde getirdiği enerji gereksinmesi,
- enerji gereksinmesinin hızla artışı sonucunda enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğalgaz...) azalması,
- enerji kaynaklarının azalmasına bağlı olarak birincil enerjinin yaklaşık %50'sinin ithal edilmesi, dolayısıyla enerji kullanımı bakımından ülke olarak yurtdışına bağımlı hale gelmemiz,
- yakıt rezervlerinin dünya yakıt gereksinimini yeterli düzeyde karşılayamaması sonucunda yakıt maliyetinin devamlı artması,
- elektrik enerjisi üretim maliyetlerinin ulaştığı boyutlar,
- yapma ısıtma ve iklimlendirme süreci sonunda, dış havaya atılan kirlleticilerin hava kirliliğini arttırması ve insan sağlığını bozan düzeye ulaşması,
- hava kirliliğini azaltıcı önlemlerin yükleneceği maliyet,

yapma ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının minimum düzeyde indirgenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu zorunluluk karşısında, çevreyi kirliletmeyen ve üretim maliyeti minimum olan doğal enerji kaynaklarının kullanımı tercih edilmelidir. Bu nedenler, özellikle;

- güneş ışınımı gibi ısıtma enerjisi korunumu sağlamada yararlanılabilecek,
- hava sıcaklığı gibi ısıtıcı ve
- rüzgar gibi serinletici niteliği olan

iklimsel elemanların etkilerinin binalar aracılığıyla optimizasyonunu gerektirmektedir. Dolayısıyla iklimsel elemanlar pasif ısıtma ve soğutma sistemini aktive eden kaynaklar olarak düşünölmelidir.

Yapma ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulması sonucu, yapma ısıtma ve soğutmanın kullanım süresi ne kadar uzun olursa tüketilecek enerji miktarı ve buna bağılı olarak enerji maliyeti de o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle öncelikle yapma ısıtma ve soğutmaya ihtiyaç duyulan sürenin kısaltılması ve yapma çevre değişkenleri değerleri için bu amaca yönelik olarak, tasarım ve kullanım aşamasında uygun değerlerin belirlenmesi gerekmektedir [1, 2].



BÖLÜM 3: YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINDA ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Bina içi çevrede kullanıcıların iklimsel konfor ihtiyaçlarını minimum yapma enerji harcamasıyla karşılayabilen bina, ısıtma ve soğutma enerjisi ekonomisi bakımından en uygun binadır. Bina grubu ölçeğinde bir yapma çevre ele alındığında, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasında etkili olan binaya ilişkin yapma çevre değişkenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

3.1 Binanın Bulunduğu Yer

Yer, iklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede etkili olan bir dizayn değişkenidir. Bu değişken, yerey parçasının konumu, eğimi, baktığı yön ve örtüsü (veya güneş ışımasını yansıtma özelliği) gibi bir grup alt değişkenler bütünüdür.

Bu değişkenlere ilişkin uygun değerler, yörelerde geçerli olan iklimsel koşullar ve insanın iklimsel ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlenirler ve yerleşmeler için en uygun olan bölgeleri tanımlarlar [3].

3.2 Bina Aralıkları

Binalar, aralarındaki uzaklıklara (aralıklara), yüksekliklerine ve birbirlerine göre olan konumlarına bağlı olarak, birbirleri için güneş ışımasını ve rüzgar engelleri olarak işlev görebilirler.

Bu nedenle güneş ışımasının ısıtıcı etkisinden pasif ısıtma açısından yararlanma veya kaçınma, binalar arasındaki açık mekanların ölçülerinin bir fonksiyonudur. Güneş ışımasını bir engele çarptığında (örneğin çevredeki bir bina), engelin etrafında, gün boyunca güneşin açısal durumuna bağlı olarak, bu engelin yaratacağı gölgelenmiş alanda boyutsal değişimler olacaktır. Güneş ışımasının cepheleri en üst yeğlilikte etkilemesi istendiğinde, bina aralıkları, komşu veya çevre binaların verdiği en uzun gölgeli alan derinliğine eşit ya da bu gölge derinliğinden daha fazla olmalıdır.

Güneşin gün boyunca cephelere göre açısal konumu yönlelere bağlı olarak değişim gösterdiğinden, uygun bina aralıklarının da bina dizilerinin yönlendirilişlerine göre değişim göstereceği açıktır [3].

Bina aralıklarının hakim rüzgar doğrultusundaki değişimi, bina cephelerini etkileyen rüzgar hızının değişimini getirir. Bu nedenle bina aralıkları, pasif ısıtma açısından korunma amacına bağlı olarak, bina cephesinin ne hızdaki bir rüzgar tarafından etkilenmesi gereğine göre belirlenmelidir [1].

3.3 Binanın Yönlendiriliş Durumu

Güneş ışıınımı ve rüzgar gibi dış iklim elemanları yöne göre değişim gösterirler. Dolayısıyla, güneş ışıınımının ısıtıcı ve rüzgarın serinletici etkiside yöne veya binanın yönlendiriliş durumuna göre değişmektedir. Bu nedenle, güneş ışıınımı ve rüzgar bu değişken aracılığıyla, iklimsel konfor gereksinmelerine bağlı olarak optimize edilebilmektedir.

Ayrıca, binaların yönlendiriliş durumlarına bağlı olarak, binayı çevreleyen kabuk elemanının dış yüzeyindeki güneş ışıınımı yeğlinliği ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarları da değişkenlik göstermektedir [4].

3.4 Bina Biçimi

Binanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları, binayı çevreleyen elemanların ve dolayısıyla kabuk elemanının yüzey alanını belirleyen değişkenlerdir. Binanın taban alanı sabit kalsa bile, planda binanın genişliğinin derinliğe oranı olarak tanımlanan biçim faktörü de kabuk elemanının yüzey alanının değişimini etkiler. Dış kabuğun iç yüzey sıcaklığı diğer yüzeylerin sıcaklığından farklı olduğu için, kabuk alanının değişimi, ortalama ışıınımsal sıcaklığın, kabuk elemanından geçen ısı miktarının ve dolayısıyla iç hava sıcaklığının değişimine yol açar. Bu nedenle de mekanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları ve biçim faktörü iklimsel konforu etkileyen yapma çevre değişkenleri olarak kabul edilir [2].

3.5 Bina Dış Kabuğu Optik Ve Termofiziksel Özellikleri

Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarının belirleyicileridirler [1].

Opak ve saydam bileşenlerden oluşan kabuk elemanının ısı geçişini etkileyen optik ve termofiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Opak ve Saydam Bileşenlerin Toplam Isı Geçirme Katsayısı**

Toplam ısı geçirme katsayısı (U) bina kabuğunun gerek opak, gerekse saydam bileşenlerine ilişkin bir termofiziksel özelliktir ve farklı iki çevreyi ayıran bir bina bileşeninin iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C iken, 1 m² alandan, bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Opak bileşenler için toplam ısı geçirme katsayısı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir [5].

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (3.1)$$

U_o : opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C

α_i, α_d : iç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik katsayıları, W/m²°C

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

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: opak bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, W/m°C

- **Opak ve Saydam Bileşenlerin Güneş Işınımına Karşı Yutuculuk, Geçirgenlik ve Yansıtıcılık Katsayıları**

Yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları, sırasıyla bileşen tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımı miktarlarının bileşen dış yüzeylerine gelen toplam güneş ışınımına oranlarıdır. Dış kabuğun dış yüzeyindeki güneş ışınımı kabuğun optik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür [6]. Güneş ışınımına karşı yutuculuk (a), geçirgenlik (τ), yansıtıcılık (r) katsayıları boyutsuz katsayılardır ve aşağıdaki bağıntılarla ifade edilirler;

- Opak bileşenler için;

$$a_o + r_o = 1 \quad (3.2)$$

- Saydam bileşenler için ise;

$$a_c + r_c + \tau_c = 1 \quad (3.3)$$

a_o, a_c : sırasıyla opak ve saydam bileşenin yutuculuk katsayısı, boyutsuz

r_o, r_c : sırasıyla opak ve saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısı, boyutsuz

τ_o : saydam bileşenin geçirgenlik katsayısı, boyutsuz

- **Opak Bileşenlerin Zaman Geciktirmesi ve Genlik Küçültme Faktörü**

Zaman geciktirmesi, gün içinde, kabuk bileşenini etkileyen maksimum sol-air sıcaklığın etkisinin, bileşenin iç yüzünde maksimum yüzey sıcaklığını oluşturuncaya kadar geçen zaman süresi olarak tanımlanmaktadır.

Genlik küçültme faktörü ise gün içinde, ele alınan bileşene ilişkin maksimum iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklıkları farkının, maksimum sol-air sıcaklık ile ortalama sol-air sıcaklık farkına oranıdır.

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler, ısı depolama niteliklerinden ötürü, kabuğun opak bileşenleri için söz konusu edilmektedir. Bu özellikler bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları (λ), kalınlıkları (d), yoğunlukları (ρ), özgül ısıları (c) ve dolayısıyla ısı kapasitelerinin (ρc) fonksiyonudurlar [6].

- **Saydamlık Oranı**

Saydamlık oranı, saydam ve opak bileşenden oluşmuş bina elemanlarına ilişkin bir özellik olup, saydam bileşen yüzey alanlarının, tüm bina kabuğu yüzey alanına oranıdır. Saydamlık oranı ve opak bileşenden geçen ısı miktarlarının farklı olması nedeniyle, kabuktan geçen toplam ısı miktarını etkileyen bir değişkendir.

Kabuk elemanının birim alanından yitirilen ve kazanılan ısı miktarları ve dolayısıyla iç iklim elemanları olan iç yüzey ve iç hava sıcaklıkları söz konusu termofiziksel özelliklere bağlı olarak değişim gösterirler [3].

BÖLÜM 4: YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILANAN MEVZUAT

Ülkemizde; binalarda yıllık enerji harcamalarının belirlenmesinde kullanılan yönetmelik 2000 yılında uygulanmaya başlanmıştır. Bu yönetmeliğin dayandırıldığı Nisan 1998'de uygulamaya konulan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' adlı standart,

- Birleşik Almanya Isı Korunumu Yönetmeliği (16.08.1994).
- 'Thermal Performance of Buildings' isimli prEN 832 kodlu Avrupa Standardı
- 'Thermal Insulation - Calculation of Space Heating Requirements of Residential Buildings' isimli 9164 no'lu ISO Standardı'ndan

yararlanılarak hazırlanmıştır. Hesaplama yöntemi ise, 9164 no'lu ISO standardına dayandırılmıştır.

4.1 Türkiye'de Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Mevzuat

Mevzuatın amacı, binalarda yıllık ısıtma enerjisi miktarlarının hesaplanarak, hesaplama sonucunda bulunan değerlerin , $A_{top} / V_{brüt}$ (binanın ısı kaybeden dış alanı / bu alanın çevrelediği hacim) oranlarına bağlı olarak yönetmeliğin öngördüğü sınır değerleri aşmamasının sağlanmasıdır.

Yeni binaların dizayn aşamasında, bu standartta verilen hesap yöntemi kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı standartta verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Tanımlanan hesap yönteminde, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunmaktadır. Hesap yöntemi aşağıda açıklanmıştır.

Hesap yönteminde ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdaki ve eğer varsa ısıtılmayan iç ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşmaktadır. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılmaktadır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K'den küçük ise binanın tamamı tek bölge olarak ele alınmaktadır.

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$Q_{\text{yıl}} = \sum Q_{\text{ay}} \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{ay}} = [H(T_i - T_d) - \eta_{\text{ay}}(\Phi_{\text{ay}} + \Phi_{\text{g,ay}})] \cdot t \quad (4.2)$$

- $Q_{\text{yıl}}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
 Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
 H : Binanın özgül ısı kaybı, W/K
 T_i : Aylık ortalama iç sıcaklıklar, °C
 T_d : Aylık ortalama dış sıcaklıklar, °C
 η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
 $\Phi_{\text{i,ay}}$: Aylık ortalama iç kazançlar, W
 $\Phi_{\text{g,ay}}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W
 t : Zaman (saniye olarak bir ay = 86400 x 30), s

Binalardaki hacimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıdaki durumlardan birine göre yapılmalıdır:

- İç sıcaklık (T_i), binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölgeli hesap yöntemi uygulanmalıdır.
- Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m'den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.
- Tek bölgeli hesap yöntemi, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

a) Binanın Özgöl Isı Kayıplarının (H) Hesaplanması

Binanın özgöl ısı kayıpları aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanır:

$$H = H_i + H_h \quad (4.3)$$

H : Binanın özgöl ısı kaybı, W/K

H_i : İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K

H_h : Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K

b) İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının (H_i) Hesaplanması

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanır:

$$H_i = \sum (A \cdot U) + I \cdot U_l \quad (4.4)$$

H_i : İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K

I.U_l : Varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı

I : Isı köprüsünün uzunluğu, m

U_l : Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği, W/mK

$$AU = U_D \cdot A_D + U_p \cdot A_p + 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot U_t \cdot A_t + U_d \cdot A_d + 0,5 \cdot U_{dsic} \cdot A_{dsic} \quad (4.5)$$

A_D : Dış duvar alanı, m²

(Toprak zeminin üst kenarından, en üst tavanın kenarına kadar olan mesafedir.)

A_p : Pencere alanı, m²

(Isıtılan ortamlardaki dış ortama bakan pencerelerin, kapıların ve çatı kapaklarının dış ölçülerinin yüzey alanlarıdır. Pencere=cam+çerçeve)

A_T : Tavan alanı, m²

(Dışarıya karşı ısı yalıtımı yapılmış çatı tavan yüzeyi).

A_t : Döşeme alanı, m²

(Isıtılmamış bodrumlarda binanın toprak üzerinde kapladığı yüzey alanı. Isıtılmış bodrumlarda ise bir binanın bodrumunun taban yüzeyi ile toprakla temas eden duvarların toplam yüzeylerinin toplamı).

A_d : Dış hava ile temas eden döşeme (örneğin, ısıtılmış bölümlerin altının boş olduğu döşemeler veya binanın altından geçen geçitler).

A_{dsic} : Daha düşük iç sıcaklıklara sahip bölgelere sınır oluşturan yapı elemanı yüzeyleri, (Örneğin ısıtılmamış merdiven sahanlığı).

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_p : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_t : Zemine oturan tabanın (döşemenin) ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

U_{dsic} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, W/m^2K

(Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde U_T 'nin başındaki 0.8 katsayısı 1 olarak alınır.)

Isı köprüsü olması durumunda yukarıdaki büyüklükler TS-8441'de belirtilen yöntem ile hesaplanmalıdır. Isı kaybı, binanın ortalama ısı kaybından çok daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümler ısı köprüsünün olduğu bölümlerdir. Kolon, giriş, cepheye dik bölme duvarlarının ve döşemelerin cepheye bakan yüzeyleri eğer yalıtılmamışsa ısı köprüleri oluşturur.

d) Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının (H_h) Hesabı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanır:

$$H_h : \rho \cdot c \cdot V^1 = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_n \quad (4.6)$$

ρ : Havanın yoğunluğu, kg/m^3

c : Havanın özgül ısı, J/kgK

V^1 : Hacimsel hava değişim hızı, m^3/h

n_h : Hava değişim sayısı, h^{-1}

V_n : Havalandırılan hacim, m^3

ρ ve c 'nin sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişimi ihmal edilebilir. Bu durumda yukarıdaki formül $20^\circ C$ ve 100 kPa için aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_n \quad (4.7)$$

Pencereler için, Türk Standartlarına uygun pencere sistemlerinin seçilmesi durumunda $n_h=1,0\text{ h}^{-1}$ değeri, diğer pencere sistemleri için $n_h=2,0\text{ h}^{-1}$ değeri kullanılır.

Eğer binada mekanik havalandırma kullanılıyorsa, hacimsel hava değişim hızı formülleri TS-825'den alınarak uygulanmalıdır.

e) Aylık Ortalama İç Kazançların Hesabı ($\Phi_{i,ay}$)

İç kazançlar,

- insanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarını içermektedir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim döşeme alanı başına en fazla 5 W/m² alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli alet çalışan binalarda veya etrafa ısı veren sanayi aletlerinin kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m² alınır.

$$\text{Konutlarda : } \Phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)} \quad (4.8)$$

$$\text{Ticari binalarda : } \Phi_{i,ay} \leq 10 \cdot A_n \text{ (W)} \quad (4.9)$$

A_n : Faydalı bina kullanım alanı, $A_n=0,32 \cdot V_{brüt}$, m²

f) Aylık Ortalama Güneş Işınımından Elde Edilen Isı Kazançlarının Hesabı ($\Phi_{g,ay}$)

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımını hesaplanmasını tarif etmektedir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\Phi_{g,ay}$) aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanır:

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (4.10)$$

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü, boyutsuz

$g_{i,ay}$: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü, boyutsuz

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınlama şiddeti, W/m^2
 A_i : i yönündeki toplam pencere alanı, m^2

$r_{i,ay}$ değerleri aşağıdaki gibi seçilebilir:

- ayırık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay}=0,8$
- ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalıyorsa; $r_{i,ay}=0,6$
- bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay}=0,5$

$g_{i,ay}$ aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$g_{i,ay} = 0,80 \cdot g_{\perp} \quad (4.11)$$

$g_{\perp}$: laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü, boyutsuz.

Ölçüm değerlerinin olmaması durumunda $g_{\perp}$ için aşağıdaki değerler kullanılabilir:

- tek cam için $g_{\perp}=0,85$
- çok katlı cam (berrak) için $g_{\perp}=0,75$
- ısı geçirgenlik değeri $\leq 2,0 W/m^2K$ olan ısı yalıtkan camlar için $g_{\perp}=0,50$

$I_{i,ay}$ değerleri TS-825'de verilmektedir.

g) Aylık Ortalama Kazanç Kullanım Faktörünün (η_{ay}) Hesaplanması

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi gereksiniminin azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda olabilir. İç ortam sıcaklığı kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır, bu faktörün büyüklüğü kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısı kütlesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü (η_{ay}) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (4.12)$$

KKO_{ay} ; aylık kazanç / kayıp oranıdır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H \cdot (T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (4.13)$$

$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, °C (Konutlar için 19°C alınır)

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, °C

H : Binanın özgül ısı kaybı, W

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar, W

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde ise o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu kontrol edilir.

h) Binanın Kullanım Alanı Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Binanın kullanım alanı (A_n) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$Q = Q_{yıl} / A_n \quad (4.14)$$

Hesaplanan bu değer yönetmelikle öngörülen değerlerle karşılaştırılabilmesi için bölgelere göre $A_{top} / V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak gereken yıllık enerji miktarının (Q) hesabında kullanılan bağıntılar Tablo 4.1.'den alınır. Buna göre $Q < Q'$ koşulu sağlanmalıdır.

Tablo 4.1. Bölgelere göre $A_{top} / V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak Q' 'nun hesaplanması

1. Bölge	$Q' = 46,62 \cdot A/V + 17,32$	[kWh/m ²]
2. Bölge	$Q' = 68,59 \cdot A/V + 32,30$	[kWh/m ²]
3. Bölge	$Q' = 67,29 \cdot A/V + 50,16$	[kWh/m ²]
4. Bölge	$Q' = 82,81 \cdot A/V + 37,70$	[kWh/m ²]

Tablo 4.2’de ise bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri verilmektedir.

Tablo 4.2. Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_i (W/m ² K)	U_P^* (W/m ² K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,80
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,80
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,80

U_P^* olarak verilen ısı iletim katsayıları bir cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı iletim katsayıları TS-2164’den alınır ve hesaba katılır.

4.2 Türkiye’de Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Mevzuatın Dayandırıldığı Yurt Dışı Mevzuat

Türkiye’de ısı korunumu konusunda yürürlükte olan mevzuatın dayandırıldığı yurtdışı yönetmelik ve standartlar aşağıda açıklanmıştır.

- **Almanya’da Uygulanan Isı Korunumu Yönetmeliği**

Bu yönetmelik, binalarda yıllık ısıtma enerjisi gereksinmesinin hesaplanmasını ve yıllık ısıtma enerjisi harcamalarına sınırlandırma getirilmesini hedeflemektir. Buna göre, binalarda yıllık ısıtma enerjisi hesaplanmakta ve hesaplanan değerler A / V (binanın kullanım alanı / ısıtılacak yapı hacmi) oranına bağlı olarak yönetmelikte verilen sınır değerlerle karşılaştırılmaktadır.

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q_H) aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanmaktadır:

$$Q_H = 0,90 \cdot (Q_T + Q_L) - (Q_i + Q_s) \quad (4.15)$$

Q_T : İletim yoluyla kaybedilen ısı miktarı, kWh/yıl

Q_L : Havalandırma yoluyla kaybedilen ısı miktarı, kWh/yıl

Q_i : Bina içi ısı kazançları, kWh/yıl

Q_s : Güneş enerjisi kazançları, kWh/yıl

Yukarıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerinin yönetmeliğe göre Tablo 4.3'te verilen değerlerle karşılaştırılarak bu değerleri aşmaması sağlanmalıdır. Diğer bir deyişle bu yönetmelik Tablo 4.3'te A / V oranları ile ilişkili olarak verilen değerler aracılığıyla yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının kısıtlamasını hedeflemektedir. Ayrıca hesaplarda elde edilen sonuçların binalar için bir ısı gereksinimi belgesinde toplanmasını öngörmektedir. Isı gereksinimi belgesi, talep üzerine yönetmeliğin denetiminden kanunen sorumlu olan yetkili makama sunulması ve yine talep üzerine alıcılara, kiracılara veya binayı kullanma hakkına sahip kişilere bilgi edinmeleri amacıyla gösterilmesi amacıyla öngörülmüştür.

Tablo 4.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Üst Sınır Değerleri (Alman Yönetmeliği)

A / V m ⁻¹	V ile ilişkili olarak (Q _{H'}) ¹ (kWh/m ³ yıl)	A ile ilişkili olarak (Q _{H''}) ² (kWh/m ³ yıl)
≤ 0,2	17,3	54,3
0,3	19,0	59,4
0,4	20,7	64,8
0,5	22,5	70,2
0,6	24,2	75,6
0,7	25,9	81,1
0,8	27,7	86,5
0,9	29,4	91,9
1,0	31,1	97,3
≥ 1,05	32,0	100,0

Ara değerler aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

1. $Q_{H'} = 13,82 + 17,32 \cdot (A/V)$ kWh/m³yıl
2. $Q_{H''} = Q_{H'}/0,32$ kWh/m³yıl

Yukarıdaki tabloda Q_{H'} ve Q_{H''} aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$Q_{H'} = Q_H / V \quad (4.16)$$

$$Q_{H''} = Q_H / A_N \quad (4.17)$$

V : Isıtılan yapı hacmi, m³

A_N : Binanın kullanım alanı, m²

Oda yükseklikleri 2,60 m'den daha az olan binalar için bina kullanım alanı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$A_N = 0,32 \cdot V \quad (4.18)$$

Yukarıda açıklanan yönetmeliğin uygulanmasına bağlı olarak, binalarda ısı yalıtımı ile ilişkili Alman Standartlarının DIN 4108'de yer alan alt bölümlere bağlı olarak içerikleri aşağıda açıklanmıştır.

Bölüm 1: Binalarda ısı yalıtımı; miktarlar ve birimler

Bölüm 2: Binalarda ısı yalıtımı; ısı yalıtımı ve ısı depolanması; projelendirme ve inşaat esasları ve talimatları

Bölüm 3: Binalarda ısı yalıtımı; hava koşullarının neden olduğu neme karşı korunma; projelendirme ve inşaat esasları ve talimatları

Bölüm 4: Binalarda ısı yalıtımı; ısı yalıtımı projelendirmesi ve neme karşı korunmak için projelendirme parametreleri

Bölüm 5: Binalarda ısı yalıtımı; hesap yöntemleri

- **Avrupa Standart Komisyonu (CEN) Tarafından Hazırlanan Standart**

Bu standart, CEN üyeleri teknik komitesi tarafından hazırlanmıştır. (CEN üyeleri: Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere). Standart, konutlarda ısıtma enerjisi gereksinimlerini hesaplama yöntemini tanıtmaktadır.

Hesaplama yönteminde, ısıtma mevsimi veya aylık periyod ele alınmaktadır. Isıtma enerjisi ihtiyacı, ısıtma sisteminin sağlayacağı enerji miktarı olarak ele alınmaktadır. Binanın bölümleri arasında sıcaklık farkı 4K'dan büyük ortamlar mevcut ise farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmelidir. Bu durum mevcut değilse, binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır.

Tek bölge ve üniform iç sıcaklık için toplam ısı kayıpları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$Q_1 = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad (4.19)$$

Q_1 : Toplam ısı kaybı, W

θ_i : İç sıcaklık, K

θ_e : Hesaplama periyodu (ısıtmanın istendiği dönem) boyunca ortalama dış sıcaklık, K

t : Hesaplama periyodu (zaman)

H : Isı kaybı katsayısı, boyutsuz

H , iletim, havalandırma ve zeminden ısı kayıplarının toplamını ifade eden bir katsayıdır.

$(\theta_i - \theta_e)$, derece-gün değerleri olarak bilinmektedir.

Isı kazançları (Q_g) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad (4.20)$$

Q_i : İç ısı kazançları; kullanıcılar, aydınlatma aygıtları, muhtelif cihazlardan elde edilen kazançlar

Q_s : Güneş enerjisi kazançları

Binalarda ısıtma ihtiyacı (Q_h) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$Q_h = Q_1 - \eta \cdot Q_g \quad (4.21)$$

η : Kullanım faktörü, boyutsuz

Kullanım faktörü, ısı kazançları için bir azaltma faktörüdür. Güneş enerjisi kazançları; güneş ışıınımı miktarları, camdan geçen güneş ışıınımı ve gölgelendirme faktörlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Görüldüğü gibi bu yöntem, binalarda yıllık ısıtma enerji ihtiyacının, ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak hesaplanmasında kullanılmaktadır. Alman Isı korunumu Yönetmeliği'ndeki hesaplama yöntemine benzer şekilde, iletim ve havalandırma yoluyla ısı kayıpları ve iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarından hareketle hesaplanmaktadır.

- **ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) 9164**

Bu standart konutlarda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması için bir yöntemi tanıtmaktadır. Bu yöntem de yukarıda açıklanan hesaplama yöntemlerine benzer şekilde, iletim ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları, ısıtma sisteminin

özellikleri, iç ve dış iklim şartları, ısıtma sistemi dışında ısıtmaya katkısı olan kaynaklar, güneş enerjisi kazançlarına bağlı olarak binanın yıllık ısıtma ihtiyacının hesaplanmasını açıklamaktadır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q_h) aşağıdaki bağıntı aracılığı ile her ay için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının ($Q_{h,m}$) toplamı olarak hesaplanmaktadır:

$$Q_h = \sum Q_{h,m} \quad (4.22)$$

Aylık ısıtma ihtiyacı aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanmaktadır:

$$Q_{h,m} = [H \cdot (\theta_i - \theta_e) - n_m \cdot (\phi_i - \phi_s) \cdot d_{pos} \cdot t] \quad (4.23)$$

- $Q_{h,m}$: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, joule
 H : Özgül ısı kaybı (iletim ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları), W/K
 θ_i : Günlük ortalama iç sıcaklık, °C
 θ_e : Günlük ortalama dış sıcaklık, °C
 n_m : Kazançlar için kullanım faktörü (iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları için azaltım faktörü)
 ϕ_i : Aylık ortalama iç kazançlar, W
 ϕ_s : Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W
 t : saniye olarak bir gün
 d_{pos} : ifadenin pozitif olduğu zaman toplamının yapıldığını ifade eder.

Bu yöntemde, ısıtılan binanın farklı bölümlerindeki farklı sıcaklıklara bağlı olarak, binanın tek bölge veya birden fazla bölge oluşuna göre hesap yapılmaktadır. Bina birden fazla bölge ise tek bölge hesap yöntemi her bölge için ayrı ayrı uygulanarak toplamı alınır.

Aylık iç kazançlar olarak; insanlardan, sıcak su sisteminden, yemek pişirmeden, aydınlatma ve elektrikli cihazlardan meydana gelen kazançlar ele alınmaktadır. Güneş enerjisi kazançları ise, yüzeylere gelen güneş ışınımı miktarı, cam yüzeylerin alanı, güneş ışınımı geçirgenliği ve gölgeleme oranlarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

BÖLÜM 5: YILLIK ENERJİ HARCAMALARININ AZALTILMASINI HEDEFLEYEN DIŞ KABUK ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM

Bu bölümde, yapma ısıtma ve soğutmada yıllık enerji harcamalarının azaltılmasını hedefleyen en uygun bina kabuğunun seçilmesinde kullanılan yöntem açıklanmaktadır. Yöntemin amacı, yıl boyunca binanın ısıtma ve soğutma harcamalarının minimize edilmesini sağlayan dış kabuk seçeneğinin belirlenmesidir. Hesaplar sırasıyla zamana bağlı olmayan rejimde (denge rejimi), zamana bağlı rejimde ve TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nın önerdiği yönetime bağlı olarak geliştirilen bilgisayar programı ile yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemin adımları aşağıdaki gibidir.

5.1 Hesaplamaların Yapılacağı Dizayn Günlerinin Seçilmesi ve Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi

Isıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemi karakterize eden dizayn günü seçilmeli ve hesaplamalar bu dizayn günlerine ait meteorolojik verilere dayandırılmalıdır. Seçilen dizayn günleri için güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı gibi iklim elemanlarına ait değerler gerçek atmosfer koşullarında ölçülen verilere göre belirlenmelidir.

5.2 İç Dizayn Koşullarının Belirlenmesi

Kapalı bir hacmi çevreleyen yüzeyler ile hacim içi çevre arasında radyasyon yolu ile ısı alışverişi olduğundan bu yüzeylerin sıcaklıklarının bir fonksiyonu olan iç hava sıcaklığı, iklimsel konforu etkileyen en önemli değişkenlerden biridir. Bu nedenle hava sıcaklığının iklimsel konforun sağlanması açısından belirlenmesi gerekmektedir [2].

İç hava sıcaklığı ile ortalama ışıınımsal sıcaklık arasındaki sınır fark değerinin (ϵ), iç hava sıcaklığı ile kabuk iç yüzey sıcaklığı arasındaki sınır fark değeri olarak

alınabileceği varsayılarak, kabuk iç yüzey sıcaklığının, iklimsel konfor açısından izin verilebilir sınır değeri (t_{iyo}) [3],

$$t_{iyo} = t_i \pm \varepsilon \quad (5.1)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Burada;

t_i : iç hava sıcaklığı konfor değeri, °C

ε : iklimsel konfor açısından bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı arasındaki izin verilebilir sınır fark değeri, 3°C

olarak ifade edilmektedir.

5.3 Yıllık Enerji Harcamalarında Etkili Olan Yapma Çevre Değişkenlerinin Belirlenmesi

Binanın yeri, diğer binalara göre konumu, boyutları ve biçim faktörü, yönlendiriliş durumu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri gibi yapma çevre değişkenlerine ait değerler, ısıtma ve soğutma sisteminin de etkisiyle kabuktan geçen ısı miktarlarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili olurlar. Bu değerler tasarım aşamasında proje üzerinden belirlenebileceği gibi bitmiş binalarda ölçme yoluyla da belirlenebilir.

5.3.1 Binanın Yerinin Belirlenmesi

Isı kayıp ve kazançlarına, diğer bir deyişle ısıtma ve soğutma yüklerine ait değişimlerin hesaplanmasında ve uygun bina kabuğunun önerilmesinde kullanılmak üzere, binanın bulunduğu yörede geçerli olan iklimsel koşulların yanısıra, binanın yer aldığı arazinin eğimi, konumu, yönü ve örtüsü gibi değişkenler belirlenmelidir.

5.3.2 Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi

Isı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere, hacmin dış cephesinin ne kadar direkt güneş ışınımı aldığını belirlemek amacıyla, ele alınan binanın diğer binalara göre nasıl konumlandırıldığı belirlenmelidir.

5.3.3 Binaın Boyutları ve Biçim Faktörünün Belirlenmesi

Bina kabuğundan geçen ısı miktarını hesaplayabilmek amacıyla, binayı çevreleyen elemanların ve dolayısıyla kabuk elemanının yüzey alanını belirleyen, hacmin yatay ve düşey doğrultudaki boyutları ve bunun bir fonksiyonu olan binanın biçim faktörü belirlenmelidir.

5.3.4 Binaın Yönlendiriliş Durumunun Belirlenmesi

Güneş ışınlamından kazanılan ısı miktarı yönlele göre farklılık gösterdiğinden, ısı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere, binanın yönlendiriliş durumunun belirlenmesi gerekmektedir.

5.3.5 Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonlarının Belirlenmesi

Opak bileşenin dış yüzeylerinin güneş ışınlamına karşı yutuculuk katsayısı, cephenin açık veya koyu renkli olması ile değişkenlik gösterdiğinden cephe rengine bağlı olarak, opak bileşenin dış yüzeylerinin güneş ışınlamına karşı yutuculuk katsayısı belirlenmelidir.

Bina kabuğunun opak bileşenini oluşturan malzemelerin belirlenmesinde ise, yine piyasada kullanılan çeşitli opak bileşen malzemeleri, yalıtım malzemeleri, sıvalar, örtüler ve kaplama malzemeleri tespit edilerek bu malzemelerin ısı geçişine ilişkin fiziksel özellikleri (λ , ρ , c , a , vb.) belirlenmelidir.

Bina dış kabuğunun enerji korunumunda etkili olan ve bir yönetmelikle kontrol edilmesi öncelikle uygun bulunan termofiziksel özellikleri; toplam ısı geçirme katsayısı ve saydamlık oranıdır.

Kabuk elemanının saydam bileşenlerinin optik ve termofiziksel özellikleri, piyasada üretilen cam ve doğrama türlerine bağlı olan belirli seçeneklerle sınırlıdır. Bu nedenle, ısıtma enerjisi korunumu açısından optimal performans gösteren bina kabuğunun belirlenmesinde izlenecek yol; öncelikle saydam bileşeni oluşturan cam ve doğrama türünün seçilmesi, seçilen saydam bileşen türünün optik ve termofiziksel özelliklerine, saydamlık oranına ve yöne bağlı olarak opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısının izin verilebilir maksimum değerinin belirlenmesidir.

Kapalı bir mekanda iç yüzey sıcaklıkları, iklimsel konfor ve enerji korunumu açısından iç hava sıcaklığı kadar önemli bir faktör olduğundan, opak kabuk bileşeninin toplam ısı geçirme katsayısının izin verilebilir maksimum değerinin belirlenmesinde gözönünde bulundurulacak ana ilke; opak ve saydam bileşenlerden oluşmuş bina kabuğunun ortalama iç yüzey sıcaklığının, iklimsel konfor açısından izin verilebilir sınır değerlerini aşmamasıdır.

Bu çalışmada daha önce İ.T.Ü.'de yapılan bir araştırmada kullanılan kabuk yöntemi esas alınmıştır. Hesaplamaların adımları aşağıdaki gibidir [1, 3, 7, 8]:

5.3.5.1 Dış Kabuk Elemanını Etkileyen Sol-Air Sıcaklıklarının Hesaplanması

Binayı etkileyen sıcaklık, sadece bina dışı çevrenin kuru termometre sıcaklığı değildir. Genellikle gündüz saatleri için söz konusu olan, hava sıcaklığı ve güneş ışıınımı etkileri, dış dizayn sıcaklığı olarak sol-air sıcaklıkların kullanılmasıyla birleşik olarak ele alınabilir. Sol-air sıcaklıkların değerleri, hava sıcaklığı ve güneş ışıınımı şiddetinin yanısıra, kabuk bileşeninin optik özelliklerine ve bileşenin saydam olması durumunda toplam ısı geçirme katsayısına da (U_c) bağlıdır. Kabuk elemanının (veya elemanı oluşturan opak ve saydam bileşenlerin) optik özelliklerinin seçimi mimara bırakıldığından, kuru termometre sıcaklığından farklı olarak sol-air sıcaklıklar da bir ölçüde mimarın kontrolü altındadır.

Güneş ışıınımı şiddetinin yöne göre değişim göstermesi nedeniyle, kabuk bileşenlerini etkileyen sol-air sıcaklıklar da, bileşenin yönlendiriliş durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, iç dizayn sıcaklıkları olarak konfor sıcaklıklarının alındığı koşullarda iç hava ve iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın konforsuzluk yaratmayacak sınırlar arasında tutulabilmesi açısından, sol-air sıcaklıklara bağlı olarak belirlenecek uygun termofiziksel özelliklerin de yönle göre değişim göstereceği açıktır. Opak ve saydam kabuk bileşenlerini oluşturan malzemenin güneş ışıınımına karşı davranışları farklı olduğundan bu bileşenleri etkileyen sol-air sıcaklıklar ayrı ayrı hesaplanmalıdır [8].

a- Opak Bileşenleri Etkileyen Sol-Air Sıcaklıkların Hesaplanması:

Opak bileşenin yüzeyini, güneş ışıınımı yutuculuk katsayısına ve yönlendiriliş durumuna bağlı olarak, herhangi bir anda etkileyen sol-air sıcaklık (t_{so}) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir [3].

$$t_{eo} = t_d + \frac{I_T \cdot a_o}{\alpha_d} \quad (5.2)$$

Burada,

t_d : dış hava sıcaklığı, °C

I_T : opak bileşenin dış yüzeyini etkileyen toplam güneş ışıınımı şiddeti, W/m²

a_o : opak bileşenin güneş ışıınımına karşı yutuculuğu, boyutsuz

α_d : dış yüzeysel ısı iletim katsayısı, W/m²°C

Toplam güneş ışıınımı şiddeti, direkt ve yaygın ışıınım şiddetlerinin toplamına eşittir. Bileşenin gölgede olduğu durumlar için ise, direkt ışıınımın değeri sıfır olarak alınacaktır. Diğer bir deyişle, bileşenin gölgede olması durumunda toplam güneş ışıınımı şiddeti bileşen üzerindeki yaygın ışıınım şiddetine eşit olacaktır. Günlük ortalama sol-air sıcaklık (t_{eoo}) ise aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$t_{eoo} = \left(\sum_{i=1}^{24} t_{eo} \right) / 24 \quad (5.3)$$

b- Saydam Bileşenleri Etkileyen Sol-Air Sıcaklıkların Hesaplanması:

Saydam bileşenin tek veya çift cam tabakasından oluşması durumuna göre, herhangi bir anda etkili olan sol-air sıcaklık aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir [3].

$$t_{eci} = t_d + I_D \left(\frac{a_D}{\alpha_d} + \frac{\tau_D}{U_{cl}} \right) + \left(\frac{a_y}{\alpha_d} + \frac{\tau_y}{U_{cl}} \right) \quad (5.4)$$

$$t_{eci} = t_d + I_D \cdot \left[\frac{\tau_{12D}}{U_{cl}} + \frac{a_{dD}}{\alpha_d} + a_{iD} \left(\frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right] + I_y \cdot \left[\frac{\tau_{12y}}{U_{cl}} + \frac{a_{dy}}{\alpha_d} + a_{iy} \left(\frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right] \quad (5.5)$$

t_{eci}, t_{eci} : sırasıyla tek ve çift cam tabakalı saydam bileşenleri herhangi bir anda etkileyen sol-air sıcaklıklar, °C

t_d : dış hava sıcaklığı, °C

I_D, I_y : saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen direkt ve toplam yaygın (yaygın gök yerden yansıması) ışıınım yoğunlukları, W/m². Bileşenin gölgede olması durumunda direkt ışıınım şiddetinin değeri sıfır olarak alınacaktır.

- U_{cl}, U_{cll} : saydam bileşenin sırasıyla tek camlı ve çift camlı olması durumlarında toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2\text{°C}$
- α_d : dış yüzeysel ısı iletim katsayısı, $W/m^2\text{°C}$
- α_s : çift cam tabaka arasındaki havanın kondüktansı, $W/m^2\text{°C}$
- a_D, a_y : tek cam tabakasının sırasıyla direkt ve yaygın güneş ışınımına karşı yutuculuğu, boyutsuz
- τ_D, τ_y : tek cam tabakasının sırasıyla direkt ve yaygın güneş ışınımına karşı geçirgenliği, boyutsuz
- τ_{12D}, τ_{12y} : çift cam tabakasının sırasıyla direkt ve yaygın güneş ışınımına karşı geçirgenliği, boyutsuz
- a_{dD}, a_{dy} : çift tabakalı camda, dıştaki tabakanın direkt ve yaygın ışınımına karşı yutuculuklarının içteki tabakadan etkilenerek aldıkları değerler, boyutsuz
- a_{iD}, a_{iy} : çift tabakalı camda, içteki tabakanın direkt ve yaygın ışınımına karşı yutuculuklarının dıştaki tabakadan etkilenerek aldıkları değerler, boyutsuz.

Saydam bileşene ait günlük ortalama sol-air sıcaklık (t_{eco}) ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$t_{eco} = \left(\sum_{i=1}^{24} t_{ec} \right) / 24 \quad (5.6)$$

5.3.5.2 Opak Bileşenin İç Yüzey Sıcaklığının İklimsel Konfor Açısından İzin Verilebilir Sınır Değerinin Hesaplanması

Bina kabuğu, opak ve saydam bileşenlerden oluştuğuna göre bu bileşenlerin oluşturduğu kabuk elemanının günlük ortalama iç yüzey sıcaklıkları, saydamlık oranına bağlı olarak

$$t_{iyo} = t_{oio} \cdot (1 - x) - t_{cio} \cdot x \quad (5.7)$$

bağıntısını gerçekleştirecek değerlerde olmalıdır.

- t_{iyo} : kabuk elemanına ait (ağırlıklı ortalama) günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$ (Bu bağıntıda yer alan t_{iyo} değeri opak ve saydam bileşenden oluşan kabuk elemanına ait, konfor koşulu olarak verilen, iç yüzey sıcaklığıdır.)
- t_{oio} : opak bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$

t_{cio} : saydam bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı, °C

x : saydamlık oranı

Saydam bileşenler için gözönünde bulundurulabilecek seçenek sayısı sınırlı olduğundan, önce saydam bileşen türü belirlenerek bu bileşenlerin iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmalı ve buna bağlı olarak opak bileşenler için izin verilebilen iç yüzey sıcaklığı sınır değeri belirlenmelidir.

Saydam bileşenlerin iç yüzey sıcaklıkları cam türüne bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$t_{ci} = t_i + [U_c(t_{ec} - t_i) - (F_s \cdot I_D \cdot \tau_D + I_y \cdot \tau_y)] / \alpha_i \quad (5.8)$$

t_{ci} : saydam bileşenin herhangi bir andaki iç yüzey sıcaklığı, °C

U_c : saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C

I_D, I_y : saydam bileşeni ele alınan anda etkileyen direkt ve yaygın güneş ışınımı şiddetleri, W/m²

τ_D, τ_y : camın direkt ve yaygın güneş ışınımına karşı geçirgenlikleri, boyutsuz

F_s : camın engeller tarafından gölgelenmemiş alanının tüm cam alanına oranı

α_i : iç yüzeyel ısı iletim katsayısı, W/m²°C

t_i : iç hava sıcaklığı konfor değeri, °C

t_{ec} : saydam bileşeni etkileyen sol-air sıcaklık, °C

Saydam bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığı (t_{cio}) ise, hesap yapılan saatlerdeki sıcaklıkların aritmetik ortalaması olup,

$$t_{cio} = \left(\sum_{i=1}^{24} t_{ci} \right) / 24 \quad (5.9)$$

bağıntılarıyla hesaplanır.

Seçilen saydam bileşen türüne göre, saydam bileşen günlük ortalama değerleri hesaplandıktan sonra, opak bileşenlerin günlük ortalama iç yüzey sıcaklıklarının iklimsel konfor açısından izin verilebilen sınır değerleri, seçilen saydamlık oranına da dayandırılarak aşağıdaki bağıntılar aracılığıyla hesaplanabilir.

$$t_{cio} = (t_{iyo} - t_{cio} \cdot x) / (1 - x) \quad (5.10)$$

t_{oio} : opak bileşenin günlük ortalama iç yüzey sıcaklığının iklimsel konfor açısından izin verilebilir sınır değeri, °C

5.3.5.3 Opak Bileşenin İstenen Toplam Isı Geçirme Katsayısının (U_o) Belirlenmesi

Opak bileşenin istenen toplam ısı geçirme katsayısı, iklimsel konfor açısından izin verilebilir opak bileşen iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak,

$$U_o = \frac{\alpha_i \cdot (t_{oio} - t_i)}{t_{eoq} - t_i} \quad (5.11)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

U_o : opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısının iklimsel konfor ve enerji korunumu açısından izin verilebilir maksimum değeri, W/m²°C

t_{eoq} : opak bileşeni ele alınan yönlendiriliş durumunda etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C

Hesaplanan bu değer, opak kabuk bileşeninin toplam ısı geçirme katsayısının enerji korunumu açısından birim alandan akan sınır ısı kayıp miktarını sağlayan izin verilebilir maksimum değeridir.

5.3.6 Opak Bileşen Katmanlaşma Alternatiflerinin Önerilmesi

Aynı toplam ısı geçirme katsayısını sağlayan kabuk elemanına ait farklı opak bileşen alternatifleri üretmek olanaklıdır. Önerilen toplam ısı geçirme katsayılarının gerçekleştirilmesi için piyasada bulunan, farklı termofiziksel özelliklere sahip malzemelerden oluşmuş opak bileşen katmanlaşma alternatifleri, ısı geçişine ilişkin en etkin katmanlardan olan ana duvar malzemeleri çeşitlendirilerek,

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (5.12)$$

bağıntısı yardımıyla belirlenebilir. Burada;

U_o : opak bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C

$1/\Lambda$: yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direnci, W/m²°C

$1/\alpha_i$: iç hava yüzeysel ısı iletim direnci, m^2C/W

$1/\alpha_d$: dış hava yüzeysel ısı iletim direnci, m^2C/W

5.4 Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesi

Yıllık enerji harcamalarının kapsamında yer alan ısıtma enerjisi maliyetleri, ısıtma sisteminin gösterdiği performans sonucu, ısıtma süresi boyunca tükettiği yakıt miktarına, soğutma enerjisi maliyetleri ise soğutma sisteminin gösterdiği performans sonucu, soğutma süresi boyunca tükettiği elektrik enerjisi miktarına bağlıdır. Bu nedenle, ısıtma ve soğutma enerji maliyetlerinin toplamı yıllık enerji harcamalarını vermektedir.

5.4.1 Isıtma ve Soğutma Dönemlerinin Belirlenmesi

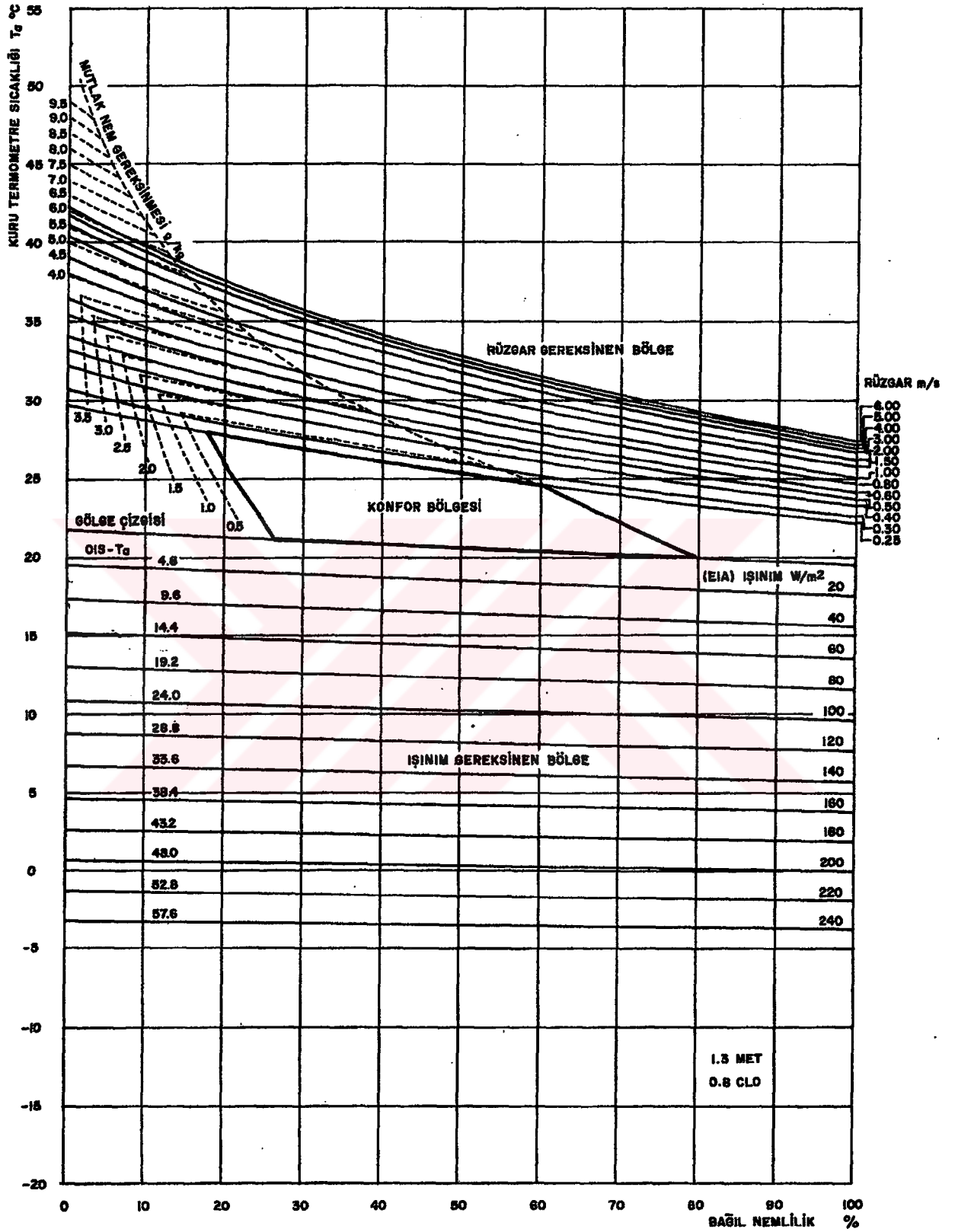
Isıtma ve soğutma dönemlerinde, yıllık enerji harcamalarının hesaplanabilmesi için yörelere göre değişen ısıtma ve soğutma dönemlerinin bilinmesi gerekmektedir. Isıtma ve soğutma dönemleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

- **Isıtmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi**

Binada gerçekleştirilen eylem türü hacmin kullanılış süresini belirler. Hacimdeki iklimsel konforun sağlanmasında pasif sistemlerin yanısıra ek bir yapma ısıtma sisteminin de çalıştırılacağı gözönünde tutulursa, bu ısıtma sisteminin çalıştırıldığı dönem süresi, yapma ısıtmanın istendiği dış hava sıcaklığına bağlı olarak, daha önce yapılmış olan, "Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı" adlı bilimsel araştırmada elde edilen grafikler aracılığı ile belirlenmektedir [1].

- **Soğutmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi**

Soğutmanın istendiği dönem süresi İklimsel Konfor Grafiği aracılığı ile belirlenmektedir. Şekil 5.1.'deki İklimsel Konfor Grafiği'nde görülen durgun hava koşulları için konfor bölgesinin üst sınırını 0,25 m/s iç hava hareketi hızı eğrisi belirlemektedir. Bu sınır değer üzerinde, istenen iç iklimsel koşulların sağlanabilmesi için vantilasyon ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada 0,25 m/s iç hava hareketi hızı eğrisinin üzerinde kalan dönem soğutma enerjisine ihtiyaç duyulan dönem olarak alınmıştır.



Şekil 5.1. İklimsel Konfor Grafiği

Soğutmanın istendiği dönemin belirlenmesinde dış dizayn sıcaklığı olarak sol-air sıcaklıklar ele alınmıştır. Sol-air sıcaklık, dış hava sıcaklığı ve güneş ışıınının bileşik etkisini ifade ettiği için, dış hava sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıktır, yöne ve zamana göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle sol-air sıcaklıklar ve bağıl nemlilik değerleri, İklimsel Konfor Grafiği'ne işlenerek bina içersinde istenen iç hava hareketi hızları (V_{ist}), ele alınan yön ve her bir saat için belirlenebilmektedir. Bu değerlerden yararlanılarak belirlenen 0,25 m/s istenen iç hava hareketi hızı değişim eğrisi, apsisler ekseninde aylar ve karakteristik günleri, ordinatlar ekseninde ise gün saatleri olan grafik sisteme işlenerek soğutmanın istendiği dönem belirlenebilir [9].

5.4.2 Tüm Bina Kabuğundan Isıtmanın İstendiği Dönemde Kaybedilen ve Soğutmanın İstendiği Dönemde Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması

Tüm bina kabuğundan ısıtmanın istendiği dönemde kaybedilen ve soğutmanın istendiği dönemde kazanılan ısı miktarları üç farklı hesap yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

5.4.2.1 Hesaplamaların Zamana Bağılı Olmayan Rejimde (Denge Rejimi) Yapılması (1. Hesap Yöntemi)

İklimsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli yapma ısıtma ve soğutma yüküne olan ihtiyacın azalması, ısıtmanın istendiği dönemde toplam ısı kaybının ve soğutmanın istendiği dönemde toplam ısı kazancının azaltılmasıyla mümkündür.

Gerçek atmosfer koşulları için, ısıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemde kabuk elemanının birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, günlük ortalama sol-air sıcaklıkların (t_{eoo} , t_{eco}) dış dizayn sıcaklıkları olarak alındığı koşullarda aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir.

$$q = U_o \cdot (t_i - t_{eoo}) \cdot (1 - x) + U_c \cdot (t_i - t_{eco}) \cdot x \quad (5.13)$$

q : kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m²

U_o : opak bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C

U_c : saydam bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, W/m²°C

t_i : iç hava sıcaklığı konfor değeri, °C

x : saydamlık oranı

t_{eoo} : Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C

t_{eco} : Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, °C

Tüm bina dış kabuğundan gerçek atmosfer koşullarında kaybedilen veya kazanılan ortalama saatlik ısı miktarları, bir önceki adımda hesaplanan birim alandan kaybedilen veya kazanılan ortalama saatlik ısı kayıpları veya kazançlarının ait olduğu yöne bakan cephesinin alanı ile çarpılması ve her bir cepheden bu çarpım sonucu elde edilen ısı kaybı veya kazancı miktarlarının toplanması sonucu elde edilebilir.

Ele alınan binaya bağlı olarak yönlendiriliş durumu ve bina formunu tanımlayan değişkenlerin farklı değerleri tarafından tanımlanmış binalar için tüm bina kabuğundan, ısıtmanın istendiği dönemin karakteristik günü olan 21 Ocak'ta kaybedilen ve soğutmanın istendiği dönemin karakteristik günü olan 21 Temmuz'da kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları (Q) aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir.

$$Q = (q_1 \cdot A_1) + (q_2 \cdot A_2) + \dots + (q_n \cdot A_n) + (q_c \cdot A_t) + (q_d \cdot A_d) \quad (5.14)$$

$q_1, q_2, \dots, q_n$: binanın farklı yönleri bakan her bir cephesi için kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m²

$A_1, A_2, \dots, A_n$: binanın farklı yönleri bakan her bir cephesine ait yüzey alanları, m²

q_c : çatı elemanının (dam + tavan) birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m²

A_t : tavan alanı, m²

q_d : döşeme elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m²

A_d : döşeme alanı, m²

Düz çatı elemanının birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları (5.13) bağıntısıyla yönden bağımsız olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle çatı elemanına ait tek bir toplam ısı geçirme katsayısı (U_c) ve opak bileşene ait tek bir sol-air sıcaklık değeri (t_{eoo}) vardır [3].

5.4.2.2 Hesaplamaların Zamana Bağlı Rejimde Yapılması (2. Hesap Yöntemi)

Opak bileşenin iç yüzey sıcaklığının herhangi bir andaki değeri ise ısı geçişini etkileyen tüm yapma çevre değişkenlerine bağlı olarak sonlu farklar yaklaşımıyla tek bir adımda yapılabilir [7].

Bu yöntem, opak bileşenlerin iç yüzey sıcaklıklarının günlük değişimi ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığının günlük değişimi, bileşenin yalıtım kapasitesini tanımlayan özellikleri ihmal edilemeyeceğinden, zamana bağlı rejimde ısı geçişi kurallarına uygun olarak hesaplanması esasına dayanmaktadır. Opak bileşenin iç yüzey sıcaklığının herhangi bir andaki değeri (t_{oi}), saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının iç yüzeyler tarafından yutulan oranı hesaba katılarak yazılabilecek aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$t_{oi}^* = \frac{a_1 \cdot \Delta T}{(\Delta x)^2} \cdot \left(\frac{2 \cdot \Delta x}{\lambda_1} \right) \cdot b \cdot S_i + 2 \cdot \frac{\alpha_i \cdot \Delta x}{\lambda_1} \cdot t_i + 2 \cdot t_2 + t_{oi} \cdot \left(\frac{(\Delta x)^2}{a_1 \cdot \Delta T} - \frac{2 \cdot \Delta x \cdot \alpha_i}{\lambda_1} - 2 \right) \quad (5.15)$$

- t_{oi}^* : opak bileşen iç yüzey sıcaklığının herhangi bir T anındaki değeri, °C
 a_1 : bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı yayılım katsayısı, m²/s
 λ_1 : bileşenin iç yüzeyindeki malzemenin ısı iletkenliği, W/m°C
 b : bileşenin iç yüzeyinin hacmin saydam bileşenlerinden geçen güneş ışınımı yutuculuk katsayısı, boyutsuz
 S_i : hacimdeki tüm saydam bileşenlerden geçen güneş ışınımının, ele alınan kabuk elemanının iç yüzeyini etkileyen yeğlinliği, W/m²
 α_i : iç yüzeyssel iletim katsayısı, W/m²°C
 t_i : iç hava sıcaklığı konfor değeri, °C
 t_2 : bileşen içinde, bileşenin iç yüzeyinden (Δx) metre kadar içerdeki noktanın ($T-\Delta T$) anındaki sıcaklığı, °C
 t_{oi} : bileşenin iç yüzey sıcaklığının ($T-\Delta T$) anındaki değeri, °C

(Δx) ve (ΔT) boyut ve zaman aralıklarının seçiminde, kararlılık koşulları yerine getirilirse, bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklıkların günlük değişimi, gerçeğe yakın duyarlılıkta elde edilebilir. Yukarıdaki bağıntıdan da anlaşılacağı gibi, yüzeydeki sıcaklıkların günlük değişiminin hesaplanmasında, bileşen içindeki sıcaklık dağılımının bilinmesi gereklidir. Bileşen içindeki (Δx) boyut aralıklarıyla, sıcaklık dağılımını ise, yine aynı yöntemle, hesaplamak olanaklıdır.

Cam ve doğrama türüne bağlı olarak saydam bileşenin ısı depolama kapasitesi ihmal edilerek, saydam bileşenlerin iç yüzey sıcaklıkları ise (5.8) formülü aracılığıyla hesaplanmaktadır.

Kabuk elemanının birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, elemanın termofiziksel özelliklerinin belirlenmiş değerlerine (cephe elemanının baktığı yöne göre farklı opak bileşen toplam ısı geçirme katsayısı, ısı geçişi ve ısı depolama özelliklerine bağlı olarak, zaman geciktirme ve genlik küçültme faktörü ve farklı saydamlık oranı bileşimlerine) bağlı olarak hesaplanır.

Isı geçişinin zamana bağlı incelenmesi durumunda, gerçek atmosfer koşulları için, ısıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemde kabuk elemanının birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları (q), aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir [2, 7].

$$q = \alpha_i \cdot (t_{ci} - t_i) \cdot (1 - x) + \alpha_i \cdot (t_{ci} - t_i) \cdot x \quad (5.16)$$

- q : kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m^2
 α_i : iç yüzeysel ısı iletim katsayısı, $W/m^2\text{°C}$
 t_i : iç hava sıcaklığı konfor değeri, °C
 t_{ci} : ele alınan saatte opak bileşenin iç yüzey sıcaklığı, °C
 t_{ci} : saydam bileşenin iç yüzey sıcaklığı, °C
 x : saydamlık oranı, %

Günlük ortalama saatlik ısı kaybı veya kazancı miktarları, 24 saatlik ısı kayıp veya kazancı değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Tüm bina dış kabuğundan kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları (5.14) bağıntısıyla hesaplanabilmektedir.

5.4.2.3 Hesaplamaların Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı TS-825'in Önerdiği Yönteme Bağlı Olarak Yapılması (3. Hesap Yöntemi)

Bölüm 4.1'de açıklanan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nda yer alan hesaplama yöntemi bir bilgisayar programı yardımıyla kolaylıkla uygulanabilmektedir [10]. Hesaplama kullanılan adımlar aşağıdaki gibidir [5];

1. Isıtılacak hacmi dış ortamdan ayıran sınırlar belirlenir, bunlar;

- Duvar
- Tavan
- Taban
- Pencere ve Kapılar

2. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4K den küçük ise binanın tamamı tek bölge olarak alınır, aksi takdirde farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmelidir.

3. Bu sınırları oluşturan yapı bileşenlerinin alanları, kalınlıkları ve bu yapı bileşenlerinde kullanılan malzeme tabakalarının kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları belirlenir (Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır).

4. Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı hesaplanır.

5. Isı kaybeden yüzeylerinin oluşturduğu brüt hacim hesaplanır.

6. Yapı bileşenlerinin ısı geçiş katsayıları hesaplanır ve iç sıcaklık 19°C olmak üzere, dış sıcaklıklar ise aylara göre TS-825 Ek-3 den alınarak, binadan iletim yoluyla kaybolan ısı miktarı hesaplanır.

7. Havalandırma yoluyla kaybolan ısı miktarı hesaplanır.

8. İç ısı kazançları hesaplanır.

9. Pencerelerden olan güneş enerjisi kazançları hesaplanır.

10. Toplam kayıplardan toplam kazançlar çıkarılarak binanın bir yılda harcayacağı ısı miktarı ($Q_{yıl}$) hesaplanır.

11. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabında, oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda kullanım alanı (A_N) ile, 2,60 m'den yüksek olan binalarda brüt hacim ($V_{brüt}$) ile ilişkili değerler kullanılacaktır.

12. Hesaplanan birim ısı kaybının (Q), binanın $A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre TS-825'te belirlenen sınır değerinin altında olup olunmadığına bakılır.

5.4.3 Yakıt ve Elektrik Enerjisi Miktarlarının Hesaplanması

Yıllık enerji harcamaları kapsamında yer alan ısıtma enerjisi maliyetleri, ısıtma sisteminin gösterdiği performans sonucu, ısıtma süresi boyunca tükettiği yakıt miktarına, soğutma enerjisi maliyetleri ise yine aynı şekilde soğutma sisteminin gösterdiği performans sonucu, soğutma süresi boyunca tükettiği elektrik miktarına bağlıdır.

Isıtma veya soğutma süresi, ısınma veya serinleme ihtiyaçlarının pasif yollarla karşılanamadığı ve yapma ısıtma veya soğutma sistemlerine başvurulacak dönemdir. Bir hacimde gerçekleşen ısıtma ve soğutma süresi ne kadar uzun olursa, hacim içerisinde iklimsel konfor durumunun sağlanabilmesi için yapma ısıtma ve soğutma enerjisi harcamaları ve enerji maliyetleri artacaktır.

Isıtma süresine bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır [11].

$$m = \frac{Q_h \cdot z \cdot Z}{2 \cdot H_u \cdot \eta_k} \quad (5.17)$$

- m : bir ısıtma mevsimi için gerekli olan yakıt ihtiyacı, m^3
 Q_h : binanın ısıtma yükü, W
 z : tesisin günlük çalışma süresi, h
 Z : iklim koşullarına göre tesisatın yıllık çalışma süresi, $gün$
 H_u : tesiste yakılacak yakıtın alt ısı değeri, kJ/kg
 η_k : ısı üreticisinin toplam verimi

Soğutmanın istendiği dönem süresine bağlı olarak günlük tüketilen elektrik enerjisi miktarı ise binanın günlük ısı kazancının üçte biri olarak hesaplanmaktadır. Bulunan bu değer yıl boyunca soğutma sisteminin çalışma süresi ile çarpıldığında yıllık tüketilen elektrik enerjisi miktarı hesaplanabilir [9, 12].

5.4.4 Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yıllık enerji harcamalarını minimize eden kabuk alternatiflerinin belirlenebilmesi için önceki adımlarda anlatılan hesap yöntemleri aracılığı ile bulunan yıllık ısı kayıp ve kazanç miktarları, yıllık harcanan yakıt ve elektrik enerjisi miktarları, yıllık ısıtma ve soğutma giderleri ve yıllık enerji harcamaları giderleri farklı alternatifler için karşılaştırılmaktadır.

BÖLÜM 6: YÖNTEMİN UYGULANMASI

Bu çalışmada yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının azaltılmasını hedefleyen en uygun bina kabuğu seçilmesinde Bölüm 5'te açıklanan yöntem, TS-825 Standardı'nın önerdiği 2. bölgede yer alan İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde yer aldığı varsayılan bir konut binası için uygulanmıştır. Uygulama çalışmasında yapılan kabuller ve izlenen yolun adımları aşağıdaki gibidir:

6.1 Hesaplamaların Yapılacağı Dizayn Günlerinin Seçilmesi ve Meteorolojik Verilerin Elde Edilmesi

Uygulama çalışmasında tüm hesaplar gerçek atmosfer koşullarına göre yapılmıştır. Isıtmanın istendiği dönemi karakterize eden gün olarak 21 Ocak, soğutmanın istendiği dönemi karakterize eden gün olarak da 21 Temmuz dizayn günleri olarak seçilmiştir.

Uygulama çalışmasının yapıldığı İstanbul ve Diyarbakır yörelerine ait güneş ışınlı ve dış hava sıcaklığı gibi dış çevre iklim elemanlarının günlük ve saatlik ortalama değerleri, 21 Ocak ve 21 Temmuz günleri için meteorolojik ölçümlerden elde edilmiştir.

6.2 İç Dizayn Koşullarının Belirlenmesi

Hesaplamalarda kullanılan binada istenen iç hava sıcaklığı konfor değerinin, ısıtmanın istendiği dönemde 19°C, soğutmanın istendiği dönemde ise 25°C olduğu kabul edilmiştir. Uygulamada, binanın tüm mekanlarında iç hava sıcaklığının eşit olduğu varsayılmıştır.

6.3 Yıllık Enerji Harcamalarında Etkili Olan Yapma Çevre Değişkenlerinin Belirlenmesi

Binaya ait yapma çevre değişkenleri, iç hava sıcaklığı konfor değeri ve yapma ısıtma ve soğutma yüklerinin belirleyicileri olduğundan, ısı kayıp ve kazançlarının azaltılması yoluyla yıllık enerji harcamalarının azaltılması bu değişkenler için önerilecek uygun değerler aracılığıyla yapılır.

6.3.1 Binanın Yerinin Belirlenmesi

Yıllık enerji harcamalarının hesaplanması amacıyla uygulama, 2. bölgede yer alan İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, düz bir arazide gerçekleştirilmiştir.

6.3.2 Binanın Diğer Binalara Göre Konumunun Belirlenmesi

Ele alınan binanın, diğer binalar tarafından gölgelenmediği varsayılmıştır.

6.3.3 Binanın Boyutları ve Biçim Faktörünün Belirlenmesi

Uygulamada kullanılan bina 10 X 10 m boyutlarında, kare planlı ve iki katlıdır. Binanın biçim faktörü (planda binanın genişliğinin binanın derinliğine oranı) olarak 1,00 değeri belirlenmiştir.

6.3.4 Binanın Yönlendiriliş Durumunun Belirlenmesi

Binanın dört cephesi dört ana yön doğrultusuna gelecek şekilde yerleştirilmiş, ısı kayıp, kazançları ve iç yüzey sıcaklıkları bu ana yönler esas alınarak hesaplanmıştır.

6.3.5 Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonlarının Belirlenmesi

Seçilen binaya ait cephe dış yüzeyinin açık renkli olduğu kabul edilmiş ve cephe opak bileşeninin güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı $a_0=0,40$ olarak alınmıştır.

Saydam bileşen olarak tüm hesaplamalarda ahşap doğramalı çift cam kullanılmış ve pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı $U_c=3,26 \text{ W/m}^2\text{°C}$ olarak alınmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan malzemelerin ısı geçişine ilişkin fiziksel özellikleri (ısı iletkenlik katsayısı (λ), yoğunluk (ρ), özgül ısı (c) ve ısı yayılım katsayısı (a) değerleri) Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Malzeme Listesi

NO	MALZEME LİSTESİ	λ	c	ρ	a
		$W/m^{\circ}C$	$kg/kg^{\circ}C$	kg/m^3	m^2/sec
1	Çimento harçlı sıva	1,40	1,05	2100	$0,63.10^{-6}$
2	Alçı sıva	0,35	1,00	1200	$0,29.10^{-6}$
3	Alçı karton plaka	0,21	0,92	900	$0,25.10^{-6}$
4	Tutkallı gazbeton duvar (Ytong-G2)	0,16	1,05	400	$0,38.10^{-6}$
5	Delikli tuğla duvar	0,45	0,92	1200	$0,41.10^{-6}$
6	Dolu tuğla duvar	0,81	0,92	1800	$0,49.10^{-6}$
7	Betonarme duvar	1,51	1,00	2200	$0,69.10^{-6}$
8	Taş duvar	1,16	0,88	2400	$0,55.10^{-6}$
9	Expand polistiren köpük	0,04	1,38	20	$1,45.10^{-6}$
10	Cam yünü	0,04	0,67	200	$0,30.10^{-6}$
11	Ahşap kaplama	0,21	1,68	700	$0,18.10^{-6}$
12	Tesviye şapı	1,40	1,00	2200	$0,64.10^{-6}$
13	Hafif beton	1,10	0,92	1800	$0,66.10^{-6}$
14	Blokaj	1,74	0,90	2000	$0,97.10^{-6}$
15	Çakıl	0,70	0,90	1800	$0,43.10^{-6}$
16	Mantar	0,09	1,47	400	$0,15.10^{-6}$
17	Rende talaşı levha	0,13	1,67	550	$0,14.10^{-6}$
18	Kolloidal sıva	0,58	1,05	1700	$0,32.10^{-6}$

Bu adımda İ.T.Ü.'de geliştirilen ve Bölüm 5.3.5.'de anlatılan KABUK yöntemi esas alınmıştır. Kabuk opak bileşeni toplam ısı geçirme katsayısı olarak TS-825 Standardı'nın 2. bölge için önerdiği 0,60 W/m²°C değeri alınmıştır. İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, U_o=0,60 W/m²°C değerini sağlayan saydamlık oranları yönere göre Şekil 6.1.a ve Şekil 6.1.b'deki grafikler aracılığıyla belirlenmiştir. İstanbul yöresinde ısıtmanın istendiği dönem süresinin uzun olması sebebi ile hesaplamaların yapıldığı dizayn günü olarak 21 Ocak alınmıştır. Diyarbakır yöresi için sırasıyla ısıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemi karakterize eden 21 Ocak ve 21 Temmuz günleri için hesaplamalar yapılmış, 21 Ocak için bulunan termofiziksel özellikler kombinasyonları her iki dönem için de enerji korunumu açısından uygun değerleri sağladığından, 21 Ocak için yapılan hesaplama sonuçları esas alınmıştır. Yönere göre belirlenen saydamlık oranları Tablo 6.2'deki gibidir.

Tablo 6.2. İstanbul ve Diyarbakır Yöreleri İçin U_o=0,60 W/m²°C Olması Durumunda Belirlenmiş Saydamlık Oranları

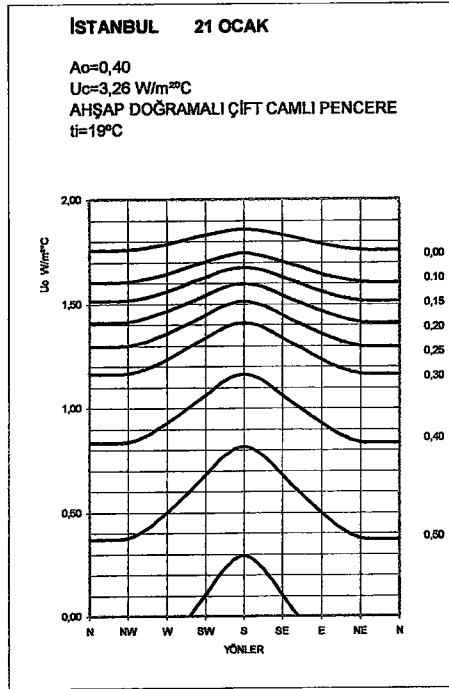
	KUZEY	DOĞU	GÜNEY	BATI
İSTANBUL	% 45	% 48	% 55	% 48
DİYARBAKIR	% 34	% 37	% 44	% 37

6.3.6 Opak Bileşen Katmanlaşma Alternatiflerinin Önerilmesi

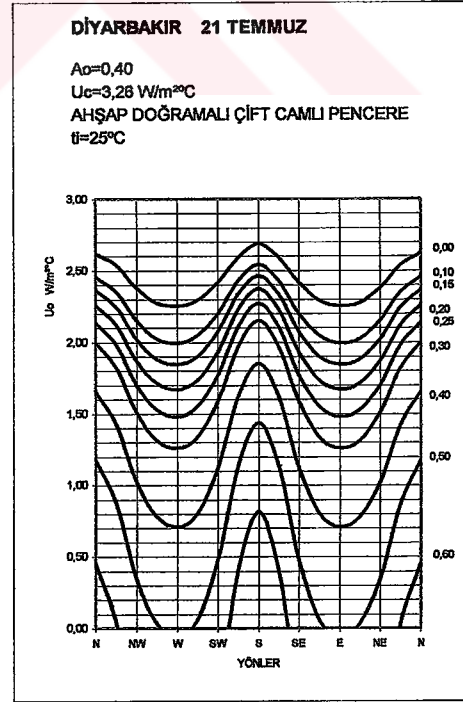
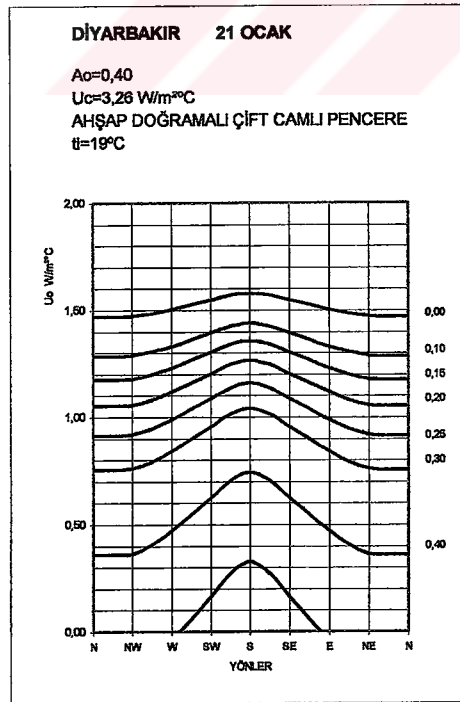
Bina kabuğu opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı olarak alınan 0,60 W/m²°C değerini sağlayacak şekilde (5.12) bağıntısı yardımıyla dış kabuk alternatifleri geliştirilmiştir.

Geliştirilen kabuk alternatifleri Tablo 6.3'te gösterilmiştir. Opak bileşen ana malzemeleri olarak, yapım sektöründe yaygın olarak kullanılan gazbeton, düşey delikli tuğla, betonarme ve özellikle sıcak iklim bölgelerinde kullanılan taş duvar kullanılmıştır.

Opak bileşen ana malzemeleri binanın pratikte kullanılan ve standart imalat kalınlıklarından seçilmiştir. Opak bileşende kullanılan sıva kalınlıkları, bileşen ana malzemesinin dış yüzeyinin pürüzlülüğüne göre pratikte kullanılan kalınlıktadır.

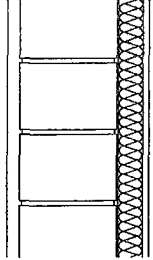
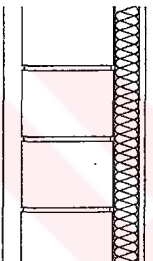
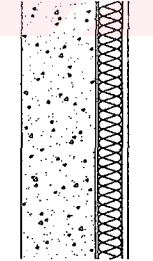
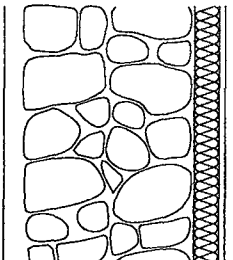


Şekil 6.1.a. İstanbul Yöresinde Gerçek Atmosfer Koşullarında, Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonları



Şekil 6.1.b. Diyarbakir Yöresinde Gerçek Atmosfer Koşullarında, Bina Kabuğu Termofiziksel Özellikleri İçin Uygun Değerler Kombinasyonları

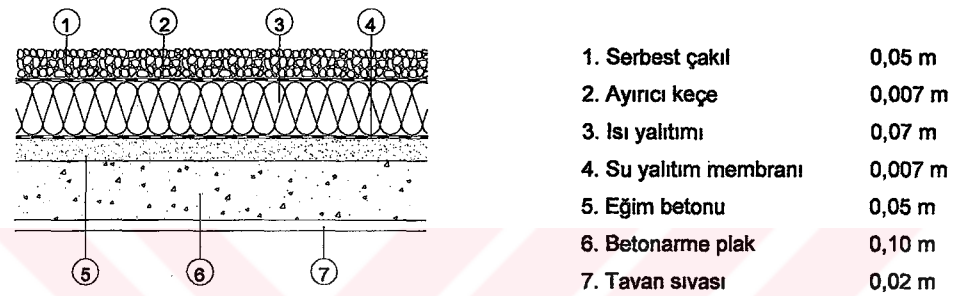
Tablo 6.3. Bina Kabuğu Katmanlaşma Alternatifleri

KABUK ALTERNATİFİ	MALZ. NO	d	MALZEME	λ	U
		m		W/m°C	W/m°C
1 	1	0,02	Çimento harçlı sıva	1,40	0,58
	4	0,20	Tutkallı gazbeton duvar (Ytong-G2)	0,16	
	9	0,01	Expand polistiren köpük	0,04	
	3	0,01	Alçı karton plaka	0,21	
2 	1	0,03	Çimento harçlı sıva	1,40	0,60
	5	0,19	Delikli tuğla duvar	0,45	
	9	0,04	Expand polistiren köpük	0,04	
	3	0,01	Alçı karton plaka	0,21	
3 	7	0,14	Betonarme duvar	1,51	0,59
	9	0,055	Expand polistiren köpük	0,04	
	3	0,01	Alçı karton plaka	0,21	
4 	1	0,04	Çimento harçlı sıva	1,40	0,60
	8	0,50	Taş duvar	1,16	
	9	0,04	Expand polistiren köpük	0,04	
	3	0,01	Alçı karton plaka	0,21	

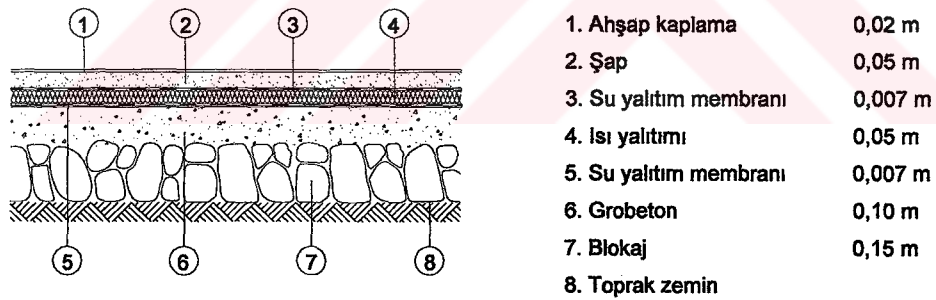
Betonarme malzemesinin yüzeyinin pürüzsüz olduğu ve bu nedenle sıva gerektirmediği kabul edilmiştir.

Yalıtım malzemeleri her kabuk alternatifi için aynı tür kabul edilip, kalınlıkları imalat kalınlıklarından seçilmiş ve tüm kabuk alternatifleri için aynı ısı geçirgenlik katsayısını sağlayacak şekilde uygun kalınlığa getirilmiştir.

Bu çalışmada binanın sadece dış kabuk elemanları için farklı kabuk seçenekleri üretilmiş, toprağa oturan döşeme ve çatının tüm hesaplarda aynı detaya sahip oldukları varsayılmıştır. Çatı ve döşemenin katmanlaşma detayları Şekil 6.2.a ve Şekil 6.2.b'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2.a. Çatının Katmanlaşma Detayı



Şekil 6.2.b. Döşemenin Katmanlaşma Detayı

6.4 Yıllık Enerji Harcamalarının Belirlenmesi

Bu bölümde, her kabuk alternatifi için ve İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için yıl boyunca ısıtma ve soğutma sistemlerinin çalışmasından kaynaklanan yıllık enerji harcamaları hesaplanmıştır.

6.4.1 Isıtma ve Soğutma Dönemlerinin Belirlenmesi

Isıtma ve soğutma dönemlerinde yıllık enerji harcamalarının hesaplanabilmesi için yörelere göre değişen ısıtma ve soğutma dönemlerinin bilinmesi gerekmektedir. İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için ısıtma ve soğutma dönemleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

- **Isıtmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi**

Bu çalışmada ısıtmanın istendiği dönem süresi belirlenirken ısıtma sisteminin günün 24 saati devrede olduğu kabul edilmiştir. Isıtmanın istendiği dönemin belirlenmesinde, İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen grafikler kullanılmıştır. Bu grafikler Şekil 6.3.'te verilmiştir. Bu grafikler aracılığı ile İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için belirlenen ısıtmanın istendiği dönem süreleri aşağıdaki gibidir.

İstanbul yöresi için : 206 gün

Diyarbakır yöresi için : 179 gün

- **Soğutmanın İstendiği Dönemlerin Belirlenmesi**

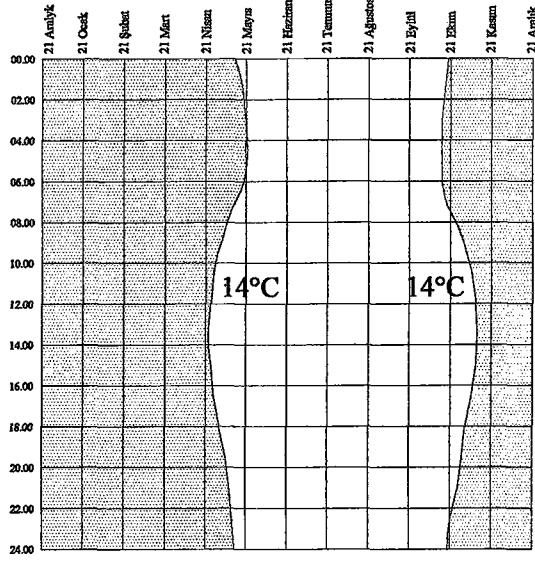
İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için soğutmanın istendiği dönemin belirlenmesinde, güneş ışınlı kazancının artmasında en etkili yön olan Güney (S) yönü ele alınmıştır. Güney yönü için belirlenen soğutmanın istendiği dönemler Şekil 6.4.'te görülmektedir. Bu grafikler aracılığı ile İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için belirlenen soğutmanın istendiği dönem süreleri aşağıdaki gibidir.

İstanbul yöresi için : 82 gün

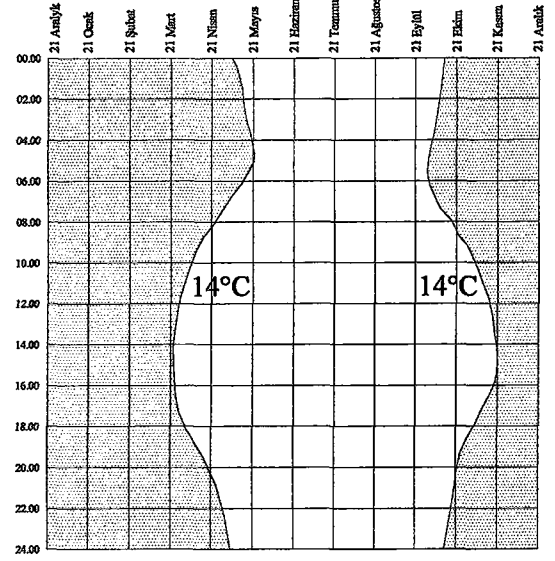
Diyarbakır yöresi için : 96 gün

Ayrıca bu grafiklerden iç hava sıcaklık konfor değerini sağlayan yapma soğutma sisteminin çalışma saatleri de okunmuştur. Buna göre yapma soğutma sisteminin çalışma saatleri İstanbul için 06:00 – 24:00 arası, Diyarbakır için ise 00:00 – 03:00, 07:00 – 24:00 arası olarak belirlenmiştir.

İSTANBUL



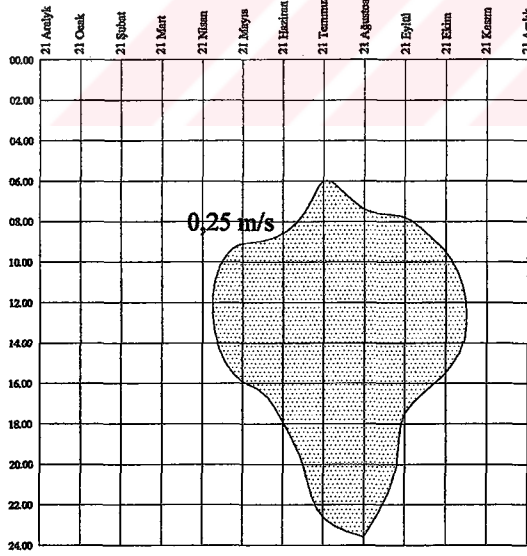
DİYARBAKIR



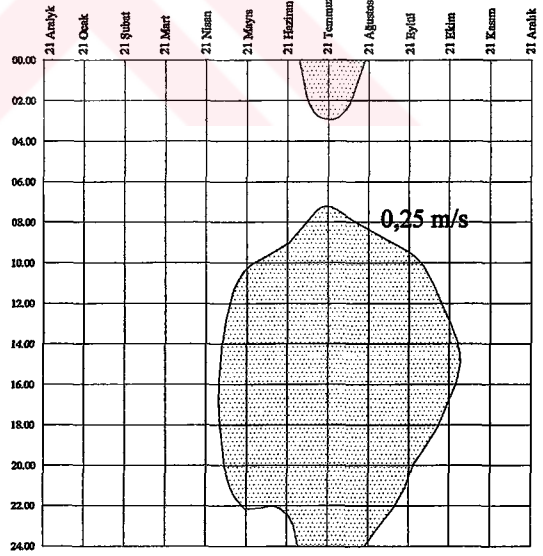
Şekil 6.3. Isıtmanın İstendiği Dönem



İSTANBUL



DİYARBAKIR



Şekil 6.4. Soğutmanın İstendiği Dönem



6.4.2 Tüm Bina Kabuğundan Isıtmanın İstendiği Dönemde Kaybedilen ve Soğutmanın İstendiği Dönemde Kazanılan Isı Miktarlarının Hesaplanması

Tüm bina kabuğundan ısıtmanın istendiği dönemde kaybedilen ve soğutmanın istendiği dönemde kazanılan ısı miktarları üç farklı hesap yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemlerin uygulanması aşağıda anlatılmıştır.

6.4.2.1 Hesaplamaların Zamana Bağlı Olmayan Rejimde (Denge Rejimi) Yapılması (1. Hesap Yöntemi)

Binadan kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama ısı miktarları, Bölüm 5.4.2.1’de ifade edilen bağıntılar yardımıyla, İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, ısıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemler için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

6.4.2.2 Hesaplamaların Zamana Bağlı Rejimde Yapılması (2. Hesap Yöntemi)

Bu bölümde hesaplamaların kısa sürede yapılması için ISINEM adlı bilgisayar programından yararlanılmıştır [7].

Uygulama çalışmasında seçilen binanın dört ana yöne bakan dış kabuk elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının saatlik değerleri, önerilen kabuk alternatifleri ve İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. ISINEM programı yardımıyla, belirlenen toplam ısı geçirme katsayısını gerçekleştiren opak kabuk bileşenlerinin ısı geçişini doğrudan etkileyen özelliklerine bağlı olarak bileşen içindeki sıcaklığın zamana bağlı değişimi ve bileşenin iç yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda bulunan değerlere bağlı olarak tüm kabuk alternatifleri için yönlere göre belirlenen saatlik iç yüzey sıcaklıkları, grafiklerle ifade edilmiştir (Ek-A).

Dört ana yön doğrultusunda yönlendirilmiş bina için, tüm bina kabuğundan kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları önerilen her kabuk alternatifi, İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tüm kabuk alternatifleri için yönlere göre saatlik ısı kayıp ve kazanç değişimleri, günlük saatlik ısı kayıp ve kazanç değişimleri grafikler aracılığıyla verilmiştir (Ek-B).

6.4.2.3 Hesaplamaların ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ Standardı TS-825’in Önerdiği Yönteme Bağlı Olarak Yapılması (3. Hesap Yöntemi)

Uygulamada seçilen binadan kaybedilen ısı miktarları, TS-825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ Standardı’nın önerdiği yönteme bağlı olarak İZODER tarafından geliştirilen

'Isı İhtiyacı Hesaplamaları' adlı bilgisayar programı yardımıyla, İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için hesaplanmıştır [10]. Bu programdan alınan sonuçlar, TS-825'in soğutma yüklerini hesaplamaması nedeniyle sadece ısıtma yükleri açısından ısıtmanın istendiği dönemde değerlendirmeye alınmıştır.

6.4.3 Yakıt ve Elektrik Enerjisi Miktarlarının Hesaplanması

Bölüm 6.4.2'de yapılan hesaplamalarda bulunan sonuçlara bağlı olarak her kabuk seçeneği için ısıtmanın istendiği dönemde (5.17) formülü ile yıllık yakıt miktarları, soğutmanın istendiği dönemde ise elektrik enerjisi miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ısıtmanın istendiği dönemde Petrol Ofisi, 2002 yılı, Nisan ayı kalorifer yakıt (fuel-oil) fiyatları ile çarpılarak, soğutmanın istendiği dönemde ise Boğaziçi Elektrik, 2002 yılı, Nisan ayı elektrik enerjisi fiyatları ile çarpılarak, İstanbul ve Diyarbakır yörelerine göre yıllık yakıt ve elektrik enerjisi maliyetleri hesaplanmıştır [13].

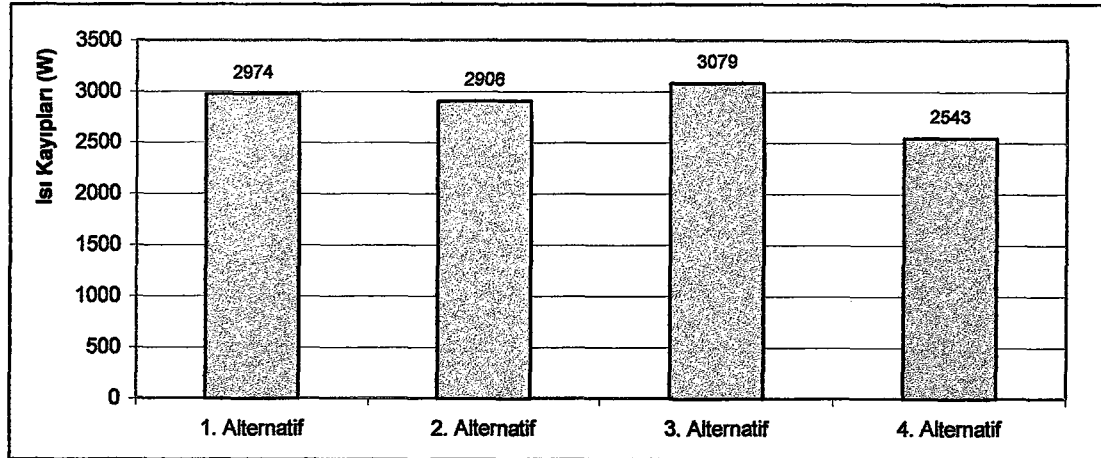
6.4.4 Hesaplama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Önceki bölümlerde anlatılan hesap yöntemleri sonucunda bulunan yıllık ısı kayıp ve kazanç miktarları, yıllık harcanan yakıt ve elektrik enerjisi miktarları, yıllık ısıtma ve soğutma giderleri ve yıllık enerji harcamaları giderleri İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için geliştirilen kabuk alternatiflerinden uygun olanının bulunması için karşılaştırılmıştır. Yıllık ısıtma ve soğutma giderlerinin karşılaştırma grafikleri Şekil 7.5.-7.6., yıllık ısı kayıp ve kazançlarının karşılaştırma grafikleri Şekil 7.7.-7.10., ve yıllık enerji harcamaları giderlerinin karşılaştırma grafikleri Şekil 7.11.-12.'de verilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda, İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, yıllık minimum enerji harcamasını sağlayan kabuk alternatifi seçilmiştir ve değerlendirme sonuçları bulgular bölümünde açıklanmıştır.

BÖLÜM 7: BULGULAR

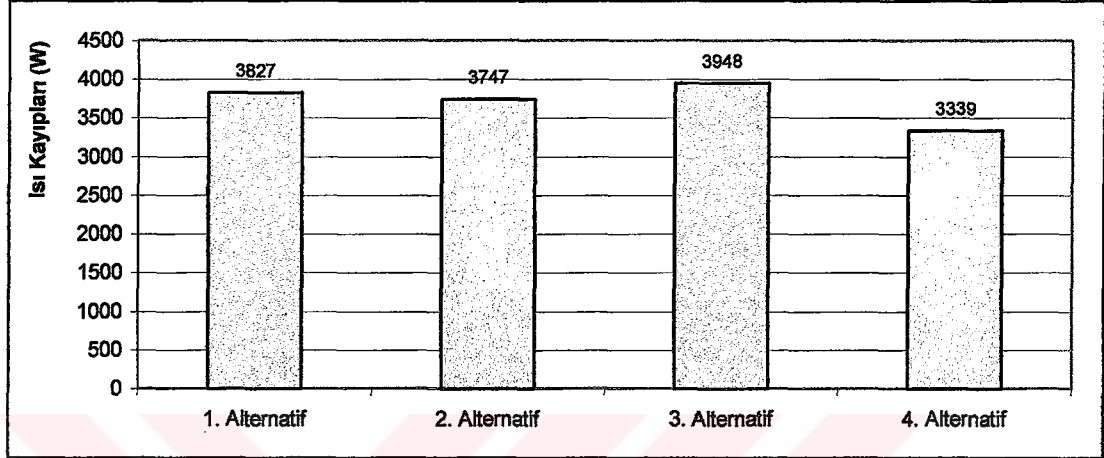
Bu çalışmada, geliştirilen kabuk alternatifleri arasından, İstanbul ve Diyarbakır yöreleri için yıllık enerji harcamalarını azaltan en uygun bina kabuğu alternatifi seçilmiştir. Ayrıca ısı depolama kapasitesinin ihmal edilmediği zamana bağlı rejimde (2. hesap yöntemi) yapılan hesaplamaların zamana bağlı olmayan rejimde (denge rejimi) (1. hesap yöntemi) ve TS-825 Standardı'nın önerdiği yöntem (3. hesap yöntemi) ile yapılan hesaplamalarla karşılaştırılması da gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda açıklanmaktadır.

- Yapılan tüm hesaplamalarda bulunan sonuçlardan, İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde geliştirilen bina kabuğu alternatiflerinden, yıllık enerji harcamalarını minimum seviyede tutan kabuk alternatifi taş duvarla oluşturulan 4. Alternatif olarak bulunmuştur. Bu alternatifi, delikli tuğla ile oluşturulan 2. Alternatif, gazbetonla oluşturulan 1. Alternatif ve betonarme ile oluşturulan 3. Alternatif takip etmektedir.
- İstanbul yöresinde 21 Ocak günü için yapılan hesaplamalar sonucunda, gün boyunca en az ısı kaybeden bina dış kabuğu alternatifi 4. Alternatif olarak belirlenmiştir. 4. Alternatif diğer alternatiflerle karşılaştırıldığında 2. Alternatifin %14, 1. Alternatifin %17 ve 3. Alternatifin %21 oranında daha fazla ısı kaybettiği görülmektedir (Şekil 7.1.).



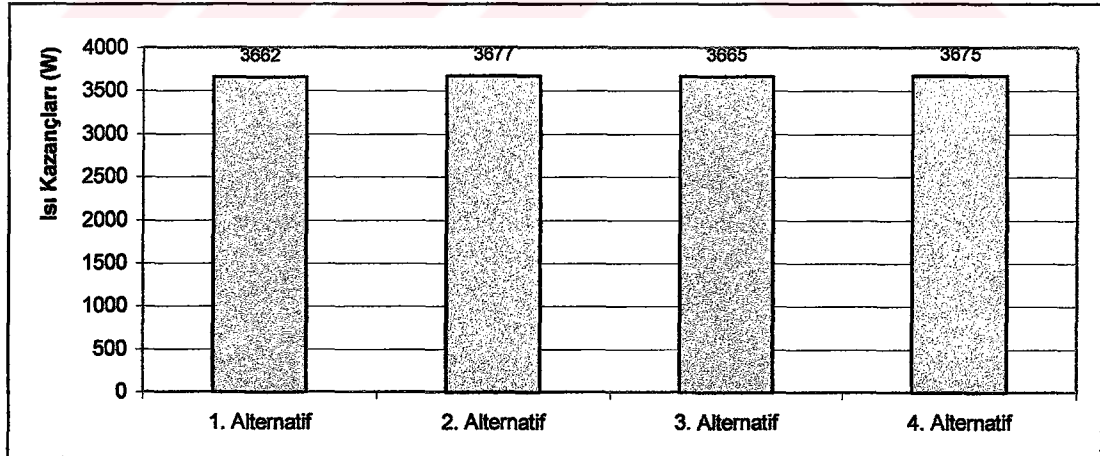
Şekil 7.1. İstanbul Yöresi - Toplam Isı Kayıpları

Diyarbakır yöresinde ise 21 Ocak günü için yapılan hesaplamalar sonucunda, gün boyunca en az ısı kaybeden bina dış kabuğu alternatifi yine 4. Alternatif olarak belirlenmiştir. 4. Alternatif diğer alternatiflerle karşılaştırıldığında 2. Alternatifin %12, 1. Alternatifin %15 ve 3. Alternatifin %18 oranında daha fazla ısı kaybettiği görülmektedir (Şekil 7.2.).

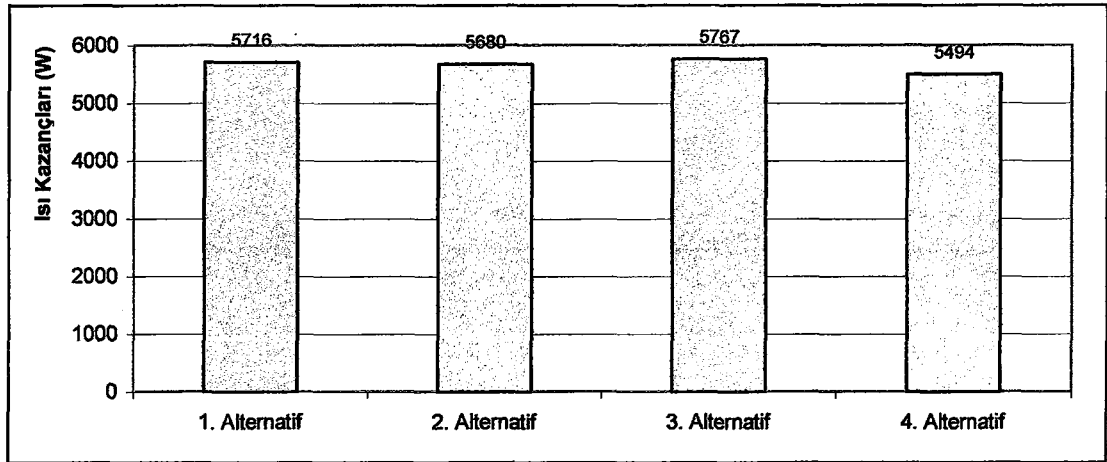


Şekil 7.2. Diyarbakır Yöresi - Toplam Isı Kayıpları

Her iki yöre için de alternatifler arasında soğutma enerjisi harcamaları arasındaki farklar ise şekil 7.3. ve şekil 7.4.'te görüldüğü gibi %5'ler mertebesinde ve daha düşüktür.



Şekil 7.3. İstanbul Yöresi - Toplam Isı Kazançları

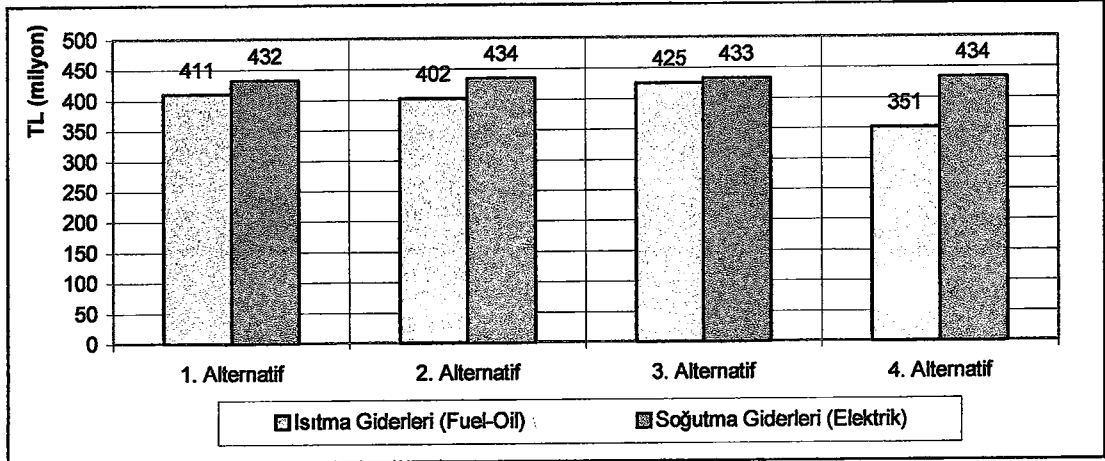


Şekil 7.4. Diyarbakır Yöresi - Toplam Isı Kazançları

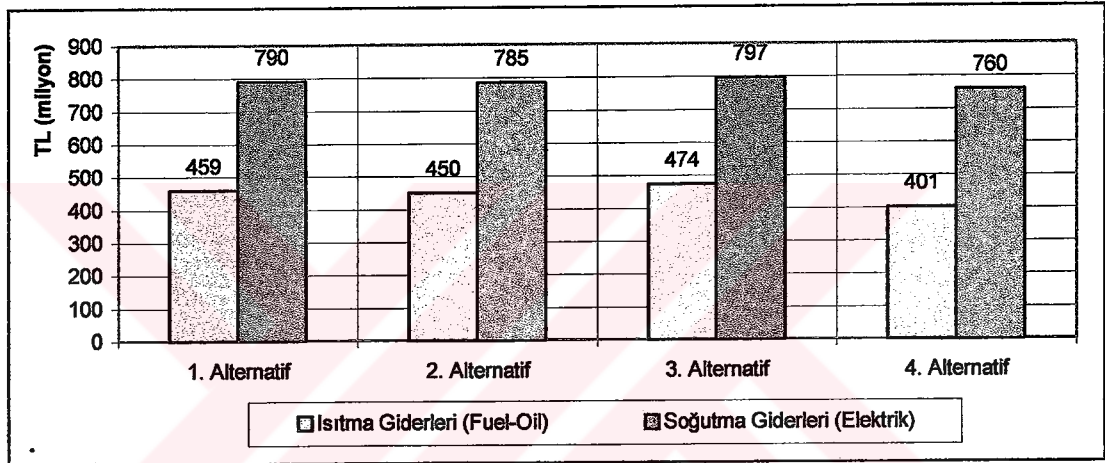
- Ülkemizde yürürlükte olan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nın önerdiği 2. derece-gün bölgede yer alan İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde uygulanan yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda yıllık ısıtma enerjisi (fuel-oil) harcaması açısından, Diyarbakır yöresinin İstanbul yöresinden yaklaşık %10 oranında daha fazla fuel-oil harcaması olduğu, yıllık soğutma enerjisi (elektrik enerjisi) harcaması açısından ise yine Diyarbakır yöresinin İstanbul yöresinden yaklaşık %80 oranında daha fazla elektrik enerjisi harcaması olduğu görülmüştür (Şekil 7.5., Şekil 7.6.).

- Ilımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan İstanbul yöresinde, 4. alternatif kullanılarak yapılan binanın soğutma enerjisi harcamalarının ısıtma enerjisi harcamalarından %24 oranında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Diğer alternatifler arasında, soğutma enerjisi harcamalarının ısıtma enerjisi harcamalarından yaklaşık %5 oranında fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 7.5.).

Ancak sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Diyarbakır yöresinde ise soğutma enerjisi harcamalarının ısıtma enerjisi harcamalarından %89'lara varan oranlarda fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 7.6.).



Şekil 7.5. İstanbul Yöresi – Isıtma ve Soğutma Enerjisi Giderleri



Şekil 7.6. Diyarbakır Yöresi – Isıtma ve Soğutma Enerjisi Giderleri

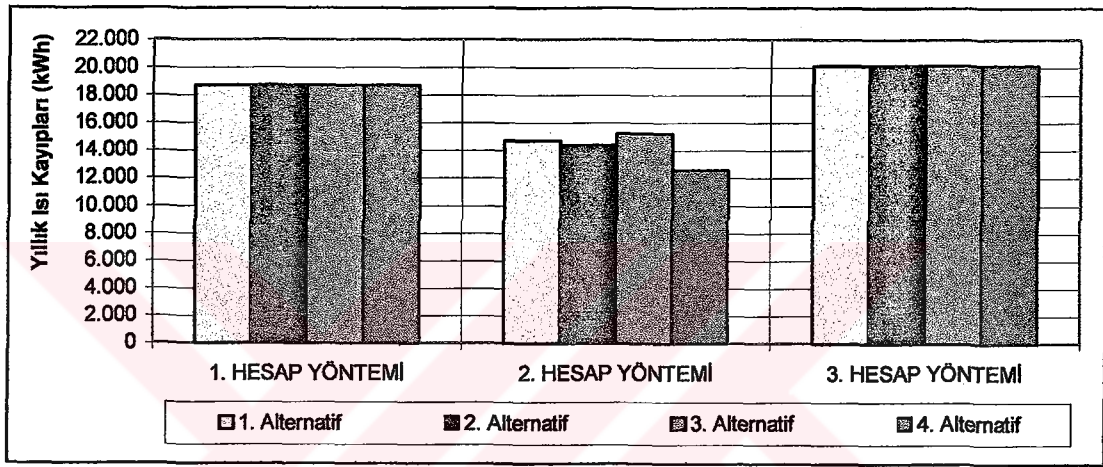
Ayrıca bu çalışmada kullanılan hesap yöntemleri arasındaki farklar da irdelenerek aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Isıtma yükleri açısından duruma bakıldığında, 2. hesap yönteminde (zamana bağlı rejim) yapılan ısı kaybı hesaplamaları ile diğer yöntemlerle yapılan hesaplamaların karşılaştırılması Şekil 7.7.'de verilmektedir. 2. hesap yönteminde malzemenin ısı depolama kapasitesi ihmal edilmediğinden her alternatif de farklı sonuçlar vermiştir.

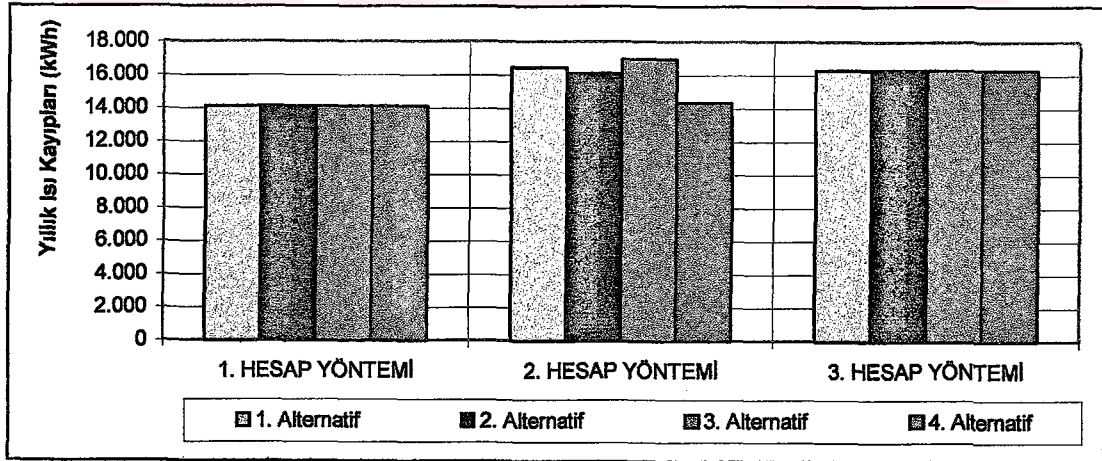
İstanbul yöresi için yapılan ısı kaybı hesaplarına bağlı olarak (Şekil 7.7.), 1. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlar, 2. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlara göre yaklaşık %30 oranında, 3. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlar 2. hesap yönteminde

yapılan hesaplamalara göre bulunan sonuçlardan ise yaklaşık %40 oranında ısı kaybının fazla olduğu gözlenmektedir.

Diyarbakır yöresinde ise İstanbul yöresinde bulunan sonuçların tersine, Şekil 7.8'de görüldüğü gibi, 2. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlar, 1. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlara göre yaklaşık %10 oranında fazla, 3. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçlar ile 2. hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan bulunan sonuçların yaklaşık olarak eşit olduğu gözlenmektedir.



Şekil 7.7. İstanbul Yöresi – Yıllık Isı Kayıpları

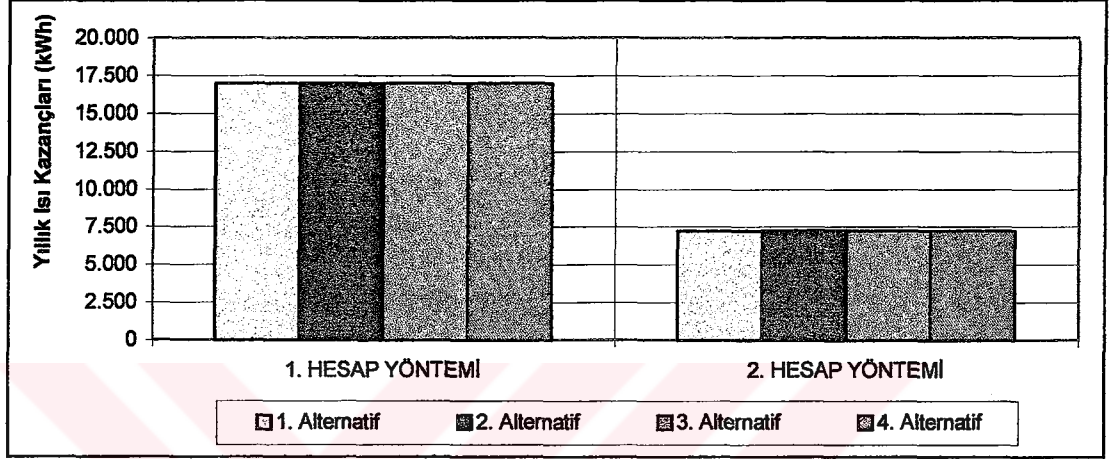


Şekil 7.8. Diyarbakır Yöresi – Yıllık Isı Kayıpları

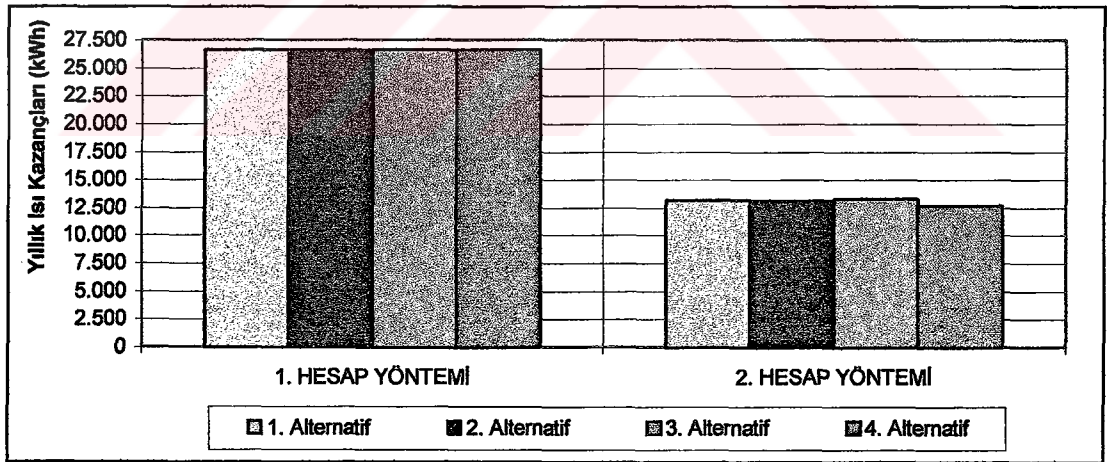
- Soğutma yükleri açısından ise, 3. hesap (TS-825) yönteminde soğutma yüklerinin hesaplamaması nedeniyle, karşılaştırmalar yalnızca 2. hesap yöntemi (zamana bağlı rejim) ile 1. hesap yöntemi (zamana bağlı olmayan rejim) arasında yapılmıştır.

İstanbul yöresi için 1. hesap yöntemi ile 2. hesap yöntemi karşılaştırıldığında, 1. hesap yönteminde bulunan yıllık ısı kazancı değerlerinin 2. hesap yöntemine göre %135'lere varan oranda daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 7.9.).

Yine aynı şekilde, Diyarbakır yöresi için 1. hesap yöntemi ile 2. hesap yöntemi karşılaştırıldığında, 1. hesap yönteminde bulunan yıllık ısı kazancı değerlerinin 2. hesap yöntemine göre %100'lere varan oranda daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 7.10.).



Şekil 7.9. İstanbul Yöresi – Yıllık Isı Kazançları

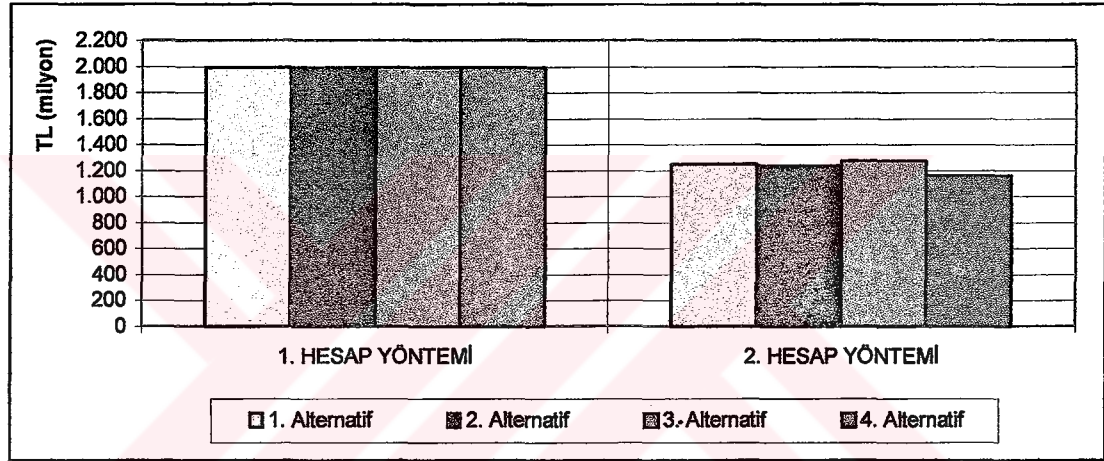


Şekil 7.10. Diyarbakır Yöresi – Yıllık Isı Kazançları

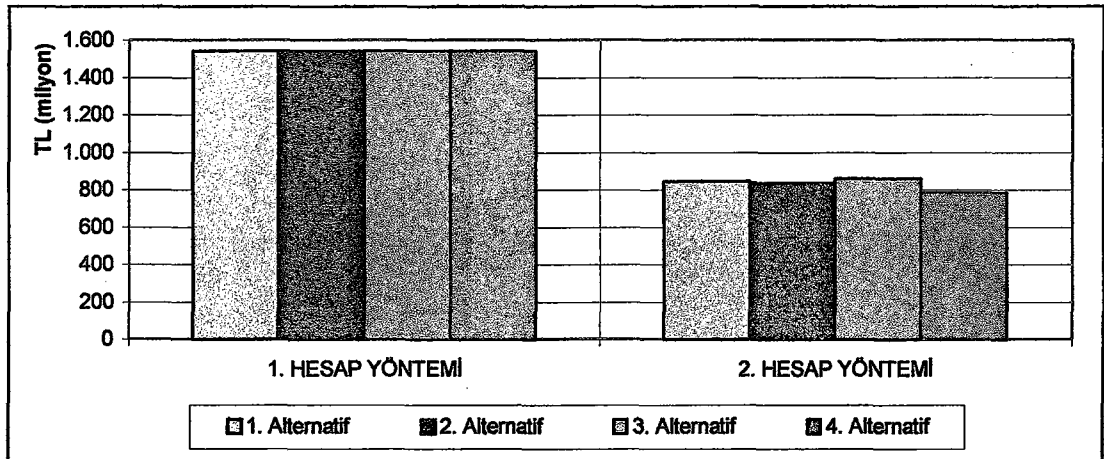
- Yıllık enerji harcamaları açısından, hesaplama yöntemleri arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

İstanbul yöresi için yıllık enerji harcamaları açısından yapılan karşılaştırmada, 1. hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen yıllık enerji harcamaları değerleri, 2. hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerden %85'lere varan oranda fazla sonuç vermiştir (Şekil 7.11).

Diyarbakır yöresi için yıllık enerji harcamaları açısından yapılan karşılaştırmada ise, 1. hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen yıllık enerji harcamaları değerleri, 2. hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerden %60 oranında fazla sonuç vermiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.11. İstanbul Yöresi – Yıllık Enerji Harcamaları



Şekil 7.12. Diyarbakır Yöresi – Yıllık Enerji Harcamaları

- İklimsel konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir yeri olan binanın dış kabuk elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları da bu çalışmada hesaplanmıştır. Isıtmanın ve soğutmanın istendiği dönemlerde gün boyunca en yüksek iç yüzey sıcaklığı değerlerini 4. Alternatifin sağladığı görülmektedir (Şekil A.1.-A.16.).

- Ele alınan binanın, opak kabuk bileşeninden kaybedilen ve kazanılan yönleri göre saatlik ısı kaybı ve kazancı ve tüm kabuk bileşeninden kaybedilen ve kazanılan günlük ısı kaybı ve kazancı değişimlerinden şu bulgulara ulaşılmıştır.

İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, ısıtmanın istendiği dönemde, opak bileşen için yönleri göre yapılan hesaplamalarda, her yön için 4. Alternatif en az ısı kaybı sağlayan katmanlaşmayı oluşturmaktadır. 3. Alternatif'ten kaybedilen ısı miktarları ise diğer alternatiflerden kaybedilen ısı miktarlarına göre daha fazladır (Şekil B.1.-B.8.). Tüm kabuk bileşeninden kaybedilen günlük ısı miktarlarında, 4. Alternatif'in en az ısı kaybı değerini verdiği görülmektedir (Şekil B.17.-B.18.).

İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, soğutmanın istendiği dönemde, opak bileşen için yönleri göre yapılan hesaplamalarda, her yön için alternatiflerin günlük ısı kazancı değişimleri birbirlerine yakın şekilde değişkenlik göstermektedir (Şekil B.9.-B.16.). Tüm ele alınan alternatiflerde, kabuk bileşeninden kazanılan günlük ısı miktarlarının da birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil B.19.-B.20.).

BÖLÜM 8: SONUÇLAR

Bu tez çalışması, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasını sağlayan bina dış kabuğu alternatifi belirlenmesini hedeflemiştir. Çalışmada ele alınan yöntem İstanbul ve Diyarbakır yörelerine farklı hesap yöntemleri kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Farklı hesaplama yöntemleri ile yıllık enerji harcamalarına ilişkin yapılan hesaplamalarda kabuğun ısı depolama kapasitesinin etkisi irdelenmiştir. Yapılan irdeleme sonucunda aynı toplam ısı geçirme katsayısına sahip değişik malzemelerle oluşturulmuş bina dış kabuklarının, TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı'nda olduğu gibi aynı yıllık enerji harcamalarını vermediği, malzemelerin ısı depolama özelliklerine bağlı olarak özellikle sıcak iklim bölgesinde önemli ölçüde farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle bina kabuğu seçimi yapılırken kabuğu oluşturan malzemelerin ısı depolama özellikleri ihmal edilmemelidir.

- Yıl boyunca kullanılan binaların yıllık enerji harcamaları kapsamında soğutma enerjisi harcamaları önemli bir pay oluşturmaktadır. Bu açıdan TS-825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' Standardı irdelendiğinde, standartta ele alınan yöntemin, ısıtma enerjisi harcamalarına ilişkin hesaplama yöntemine dayandırıldığı görülmektedir. Soğutma enerjisi harcamalarına ilişkin yeterli düzeyde hesaplama yöntemi olduğu halde bu yöntemler standartta yer almamaktadır. Ülkemizde özellikle sıcak iklim bölgelerinde, soğutma giderleri ısıtma giderlerinin üzerinde olduğu bilinmektedir. TS-825 Standardı'nın sadece ısıtma yüklerini değil, ülkemizde sıcak iklim bölgelerinin de olduğu düşünülerek soğutma yüklerini de hesaplaması, yıllık enerji harcamalarının doğru bir şekilde belirlenmesini olanaklı kılacaktır. Dolayısıyla söz konusu standardın revize edilmesi zorunludur. Aksi takdirde binalarda ısıtma ve soğutma sistemleri gereğinden fazla çalıştırılabileceğinden yıllık enerji maliyetleri artacaktır. Bu da ülke ekonomisini olumsuz yönde etkileyecektir.

- Uygulama bölümünde görüldüğü gibi, zamana bağlı rejimde (2. hesap yöntemi) yapılan hesaplamalarda, iklimsel karakterleri birbirinden çok farklı olan İstanbul ve Diyarbakır yörelerinde, ısıtma ve soğutma enerjisi giderleri ve yıllık enerji harcamalarında önemli ölçüde farklılıklar görülmektedir. Oysa TS-825 Standardı

iklimsel karakterleri farklı olan bazı yörelerin aynı iklim bölgesinde yer almasını öngörmektedir. Bu durum TS-825 Standardı'nın hazırlanmasında tüm iklimsel verilerin esas alınarak meteorolojik analizlerin yapılmadığının bir göstergesidir. Dolayısıyla, standart bölgeleme esasları açısından gözden geçirilerek ülkemiz koşullarına uygun hale getirilmelidir.

- Yukarıdaki açıklamaların ışığında, yıllık enerji harcamaları konusunda ülkemizde yürürlükte olan mevzuatın revize edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Yıllık enerji harcamalarının doğru bir şekilde hesaplanması ve uygulanmasıyla elde edilecek enerji tasarrufunun ülke ekonomisine sağlayacağı katkı açıktır. Bu nedenle bu tez çalışmasının, bu konuda ileride yapılacak çalışmalara bir başlangıç adımı oluşturacak nitelikte olduğu söylenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] BERKÖZ, E., KÜÇÜKDOĞU, M., YILMAZ, Z., KOCAASLAN, G., ve diğerleri, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK-INTAG 201, Araştırma Raporu, İstanbul.
- [2] MANİOĞLU, G., 1995. İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] YILMAZ, Z., KOÇLAR, G., MANİOĞLU, G., 2000. Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Bina Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi, İ.T.Ü. Araştırma Fonu, Proje No: 985.
- [4] BERKÖZ, E., 1983. Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı, *Profesörlük Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [5] TS-825, 1999. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] KOCAASLAN, G., 1991. Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [7] YILMAZ, Z., 1983. İklimsel Konfor Sağlanması ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., Mimarlık Fakültesi.
- [8] BERKÖZ, E., YILMAZ, Z., YILDIZ, E., KOCAASLAN, G., ALTUN, C., 1989. Türkiye'nin Çeşitli İklim Bölgeleri İçin Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Optimum Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi, İ.T.Ü. Yapı ve Deprem Uygulama – Araştırma Merkezi, İstanbul.
- [9] AKŞİT, Ş. F., 2002. Soğutma Enerjisi Korunumunu Hedefleyen Cephe Dokusunun Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] İZODER, Isıtma İhtiyacı Hesaplamaları CD'si.
- [11] TS-2164, 1983. Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [12] İSİSAN, 1999. Mimarın Tesisat El Kitabı, İsisan Çalışmaları No.238, İstanbul
- [13] www.poas.com.tr, Petrol Ofisi A.Ş.
- [14] YILMAZ, Z., 1987. Isıtma Havalandırma Ders Notları, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi.

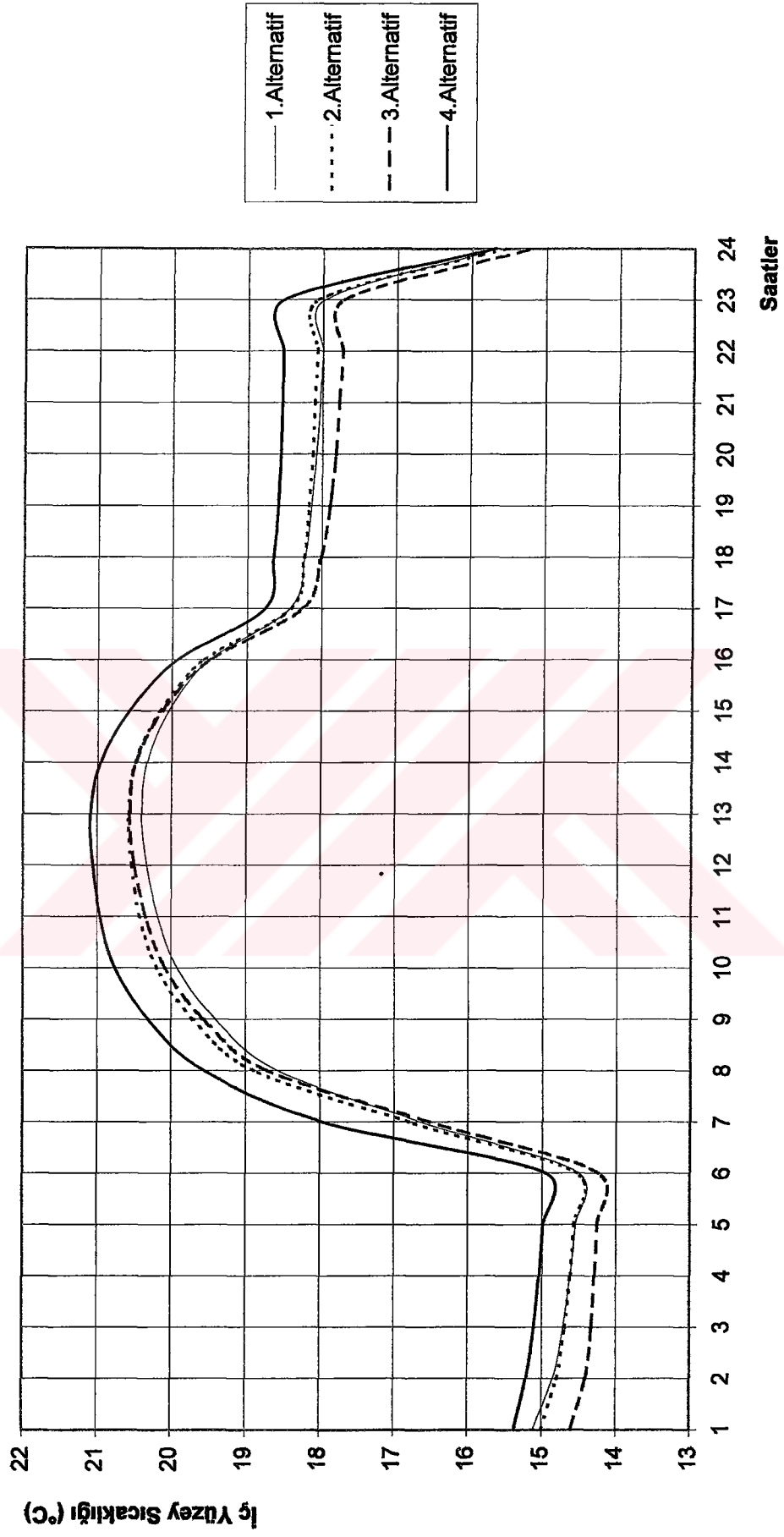
- [15] **AKŞİT, Ş. F.**, 1993. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Birimi Dizaynında Uygulanabilecek Bir Yaklaşım, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [16] **YILDIZ, E.**, 1989. Bina İçi Çevre Mekanlarının İşlevine ve Bina Kabuğuna Bağlı İklimsel Konfor Açısından Yön Seçiminde Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [17] **ANON.**, 2000. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [18] **ANON.**, 1981. Indoor Climate, The Nordic Committee on Building Regulations, NKB Report No 41.
- [19] **ANON.**, 1993. ASHRAE Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- [20] **İZOCAM**, Tanıtım CD'si.
- [21] **www.izocam.com.tr**, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş.



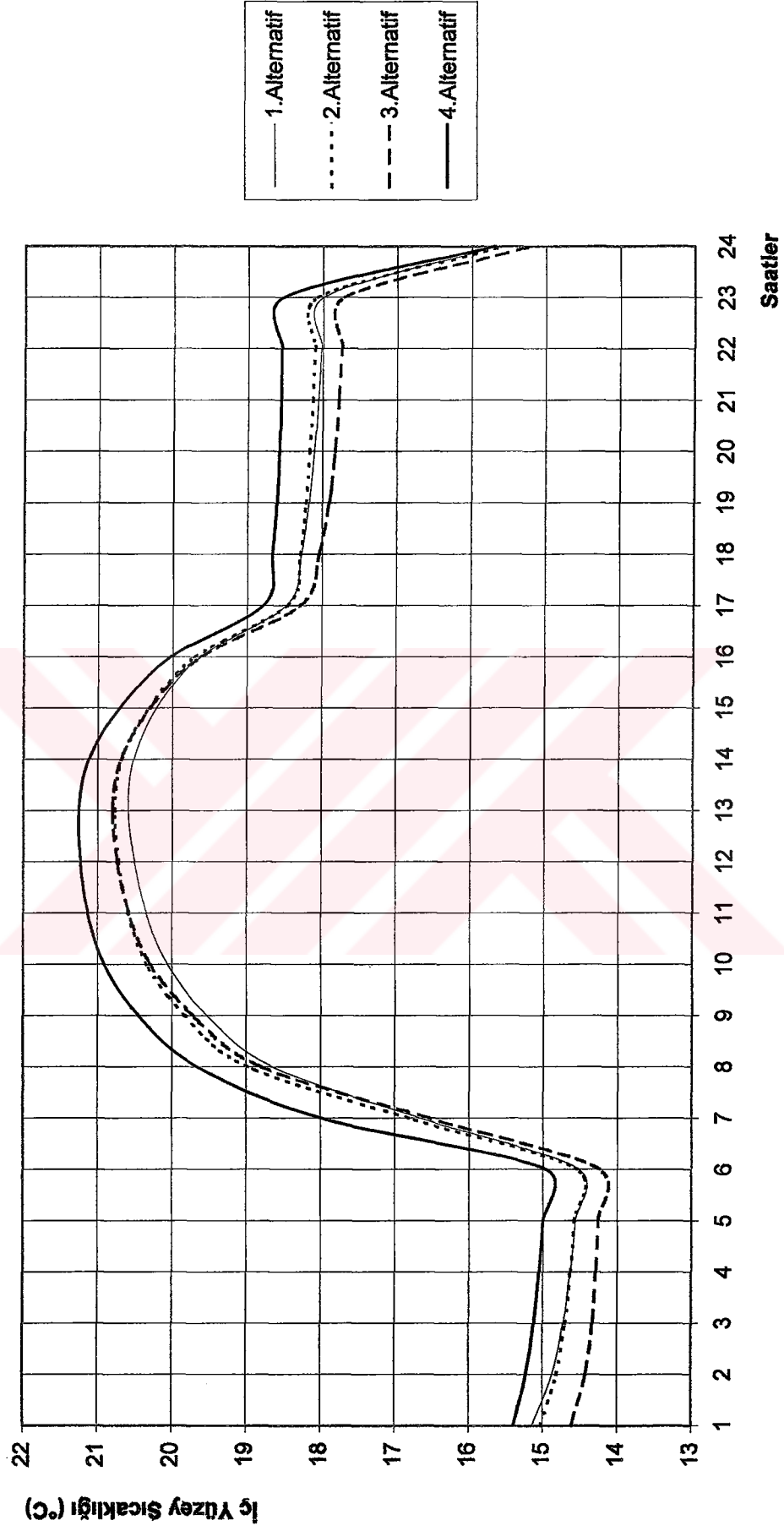
EK-A

İÇ YÜZEY SICAKLIĞI GRAFİKLERİ

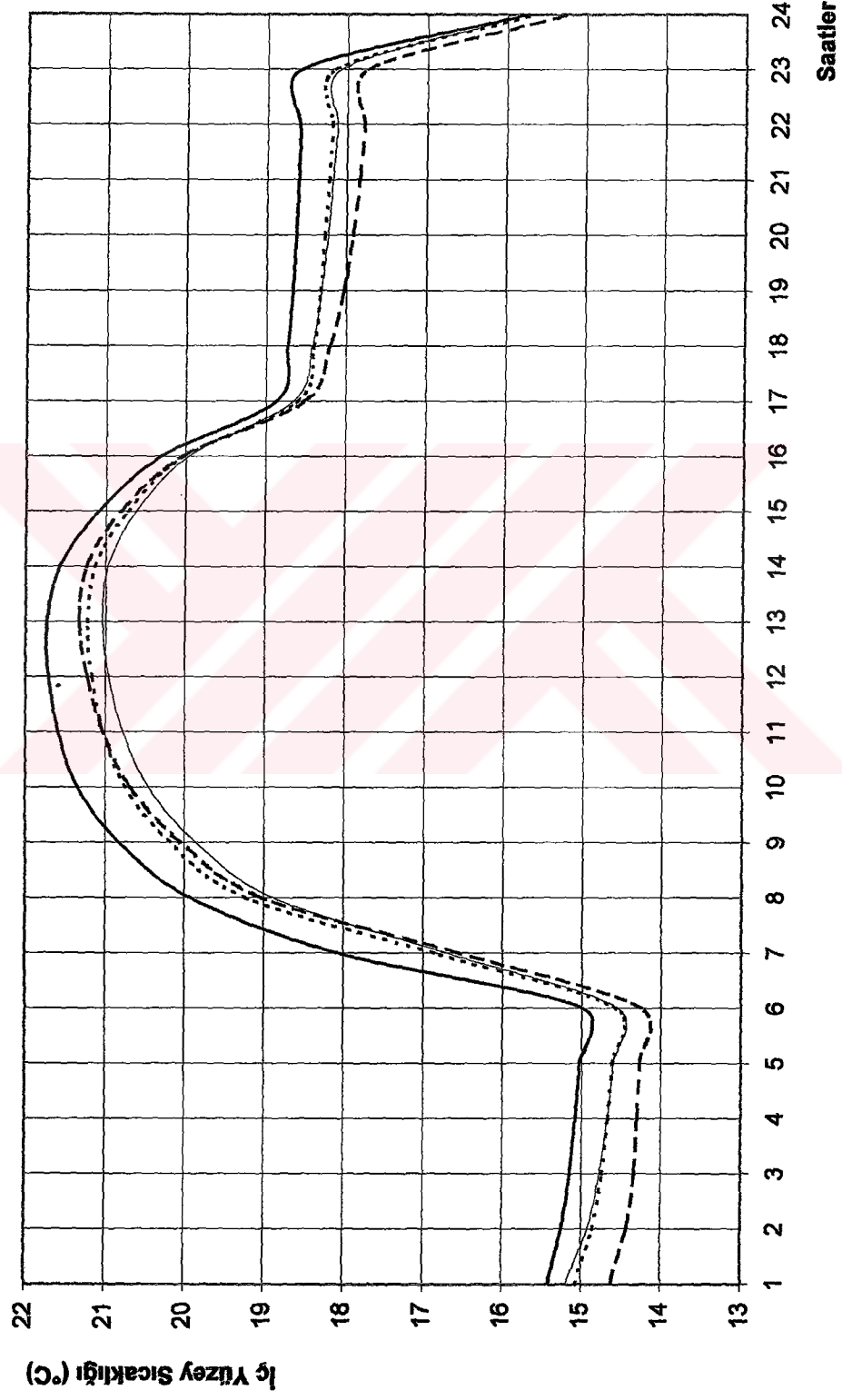




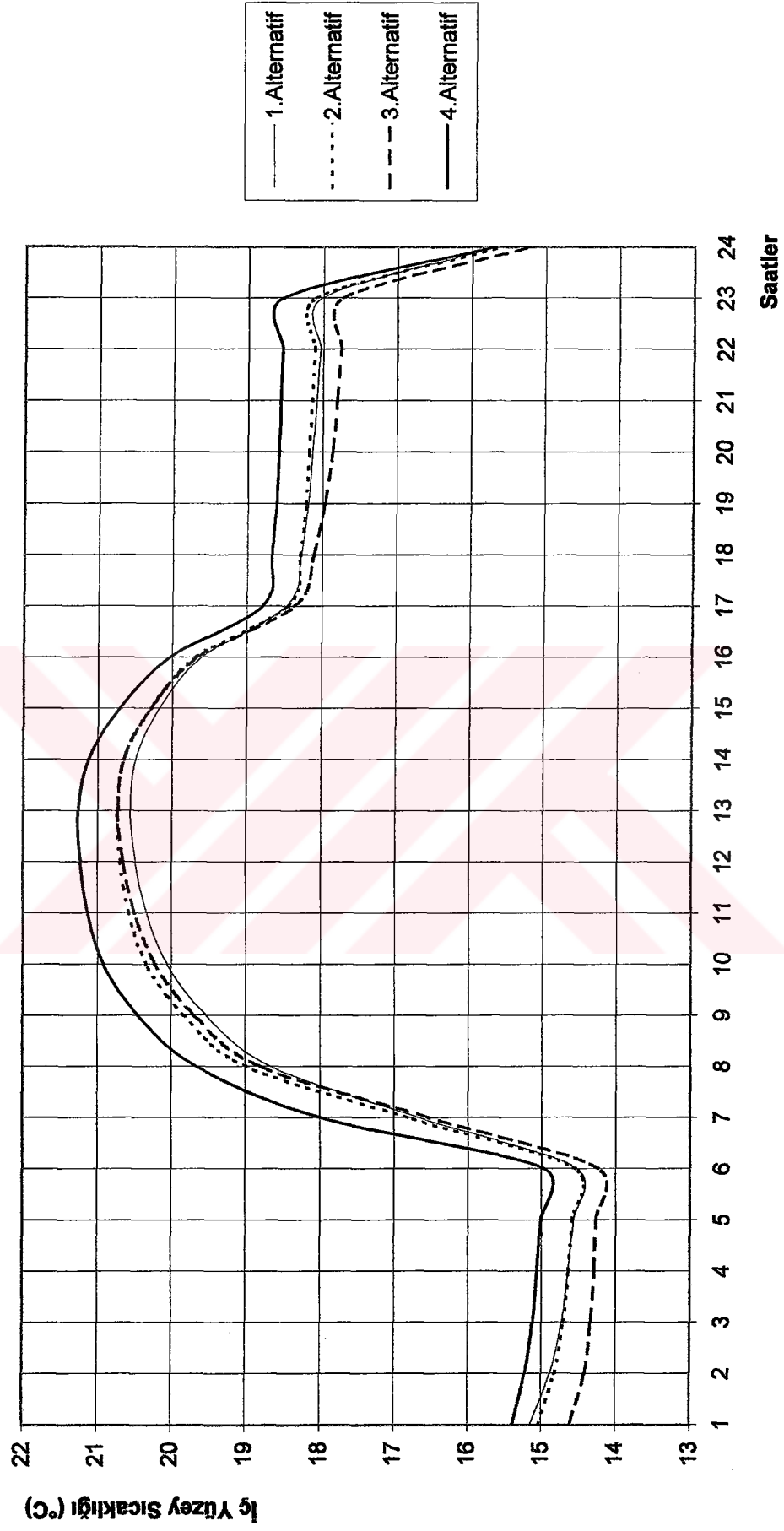
Şekil A.1. İstanbul - 21 Ocak - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



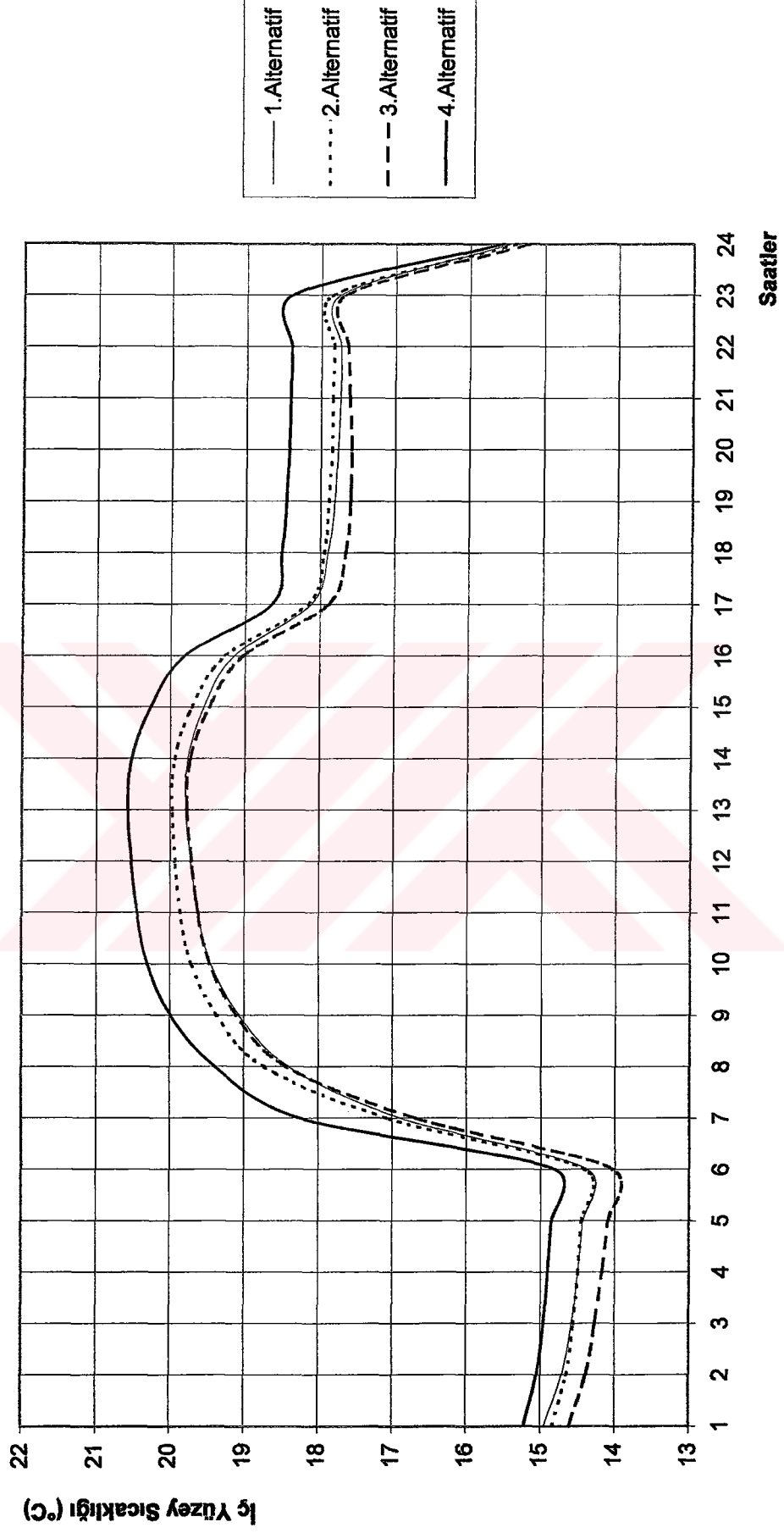
Şekil A.2. İstanbul - 21 Ocak - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



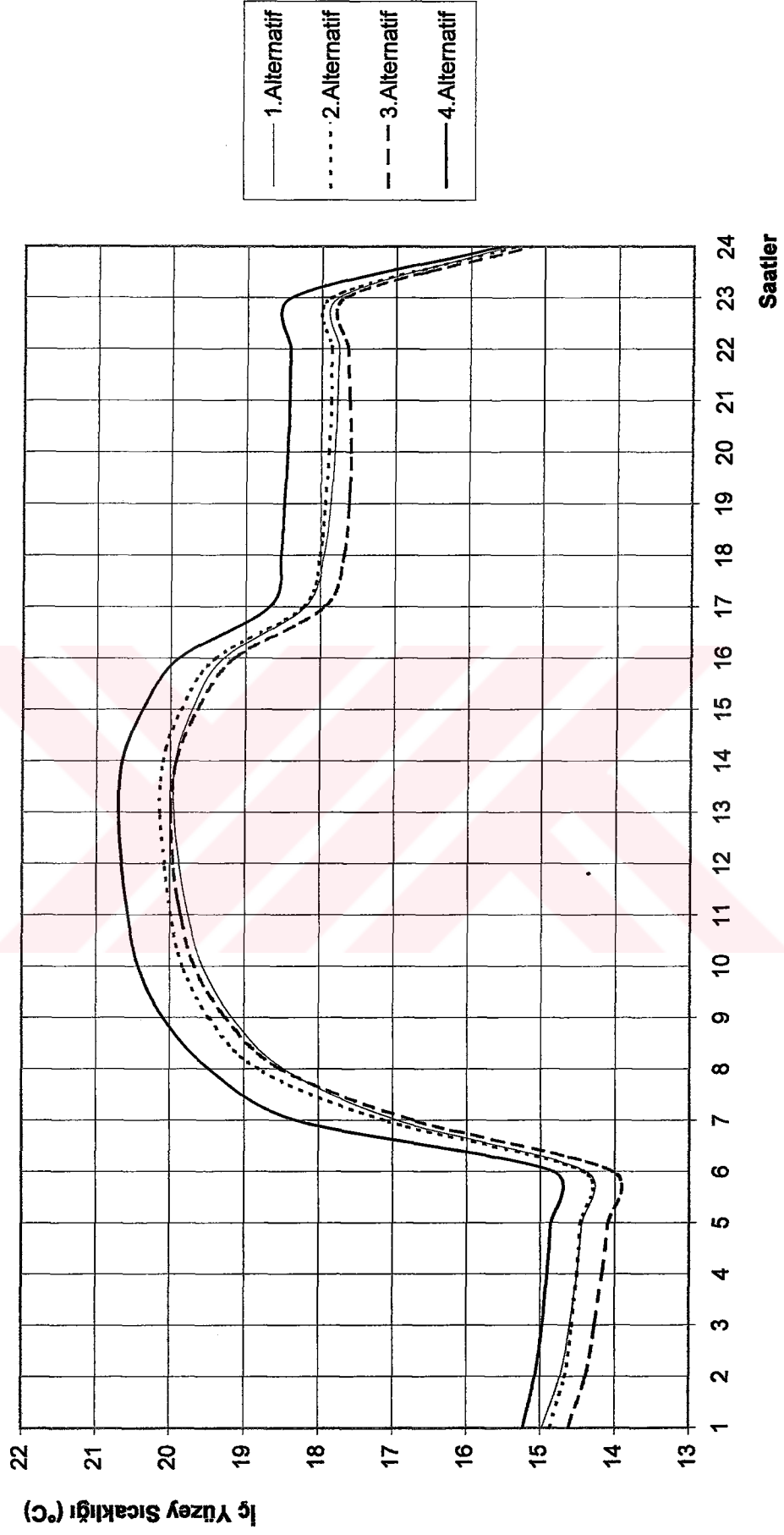
Şekil A.3. İstanbul - 21 Ocak - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



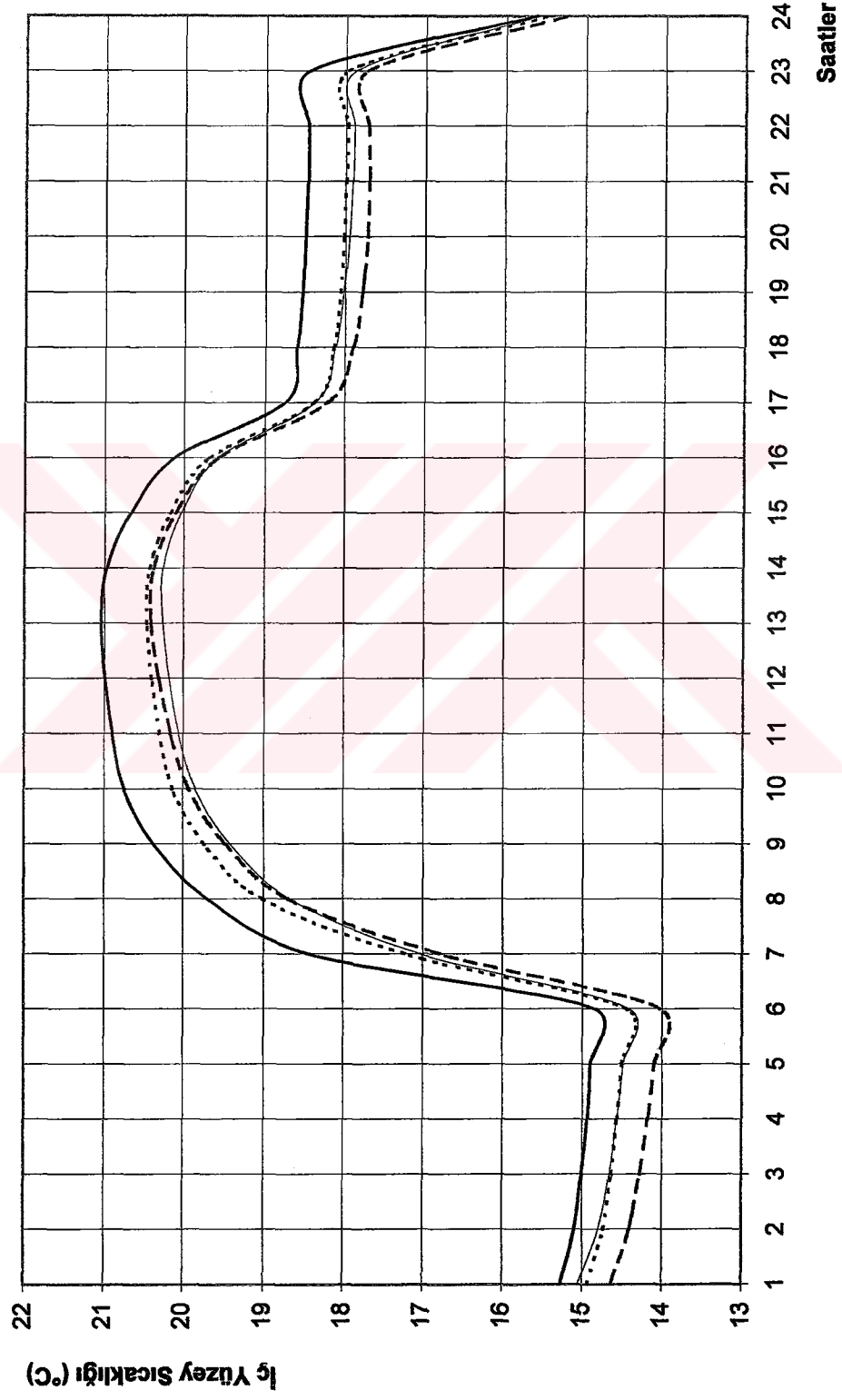
Şekil A.4. İstanbul - 21 Ocak - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



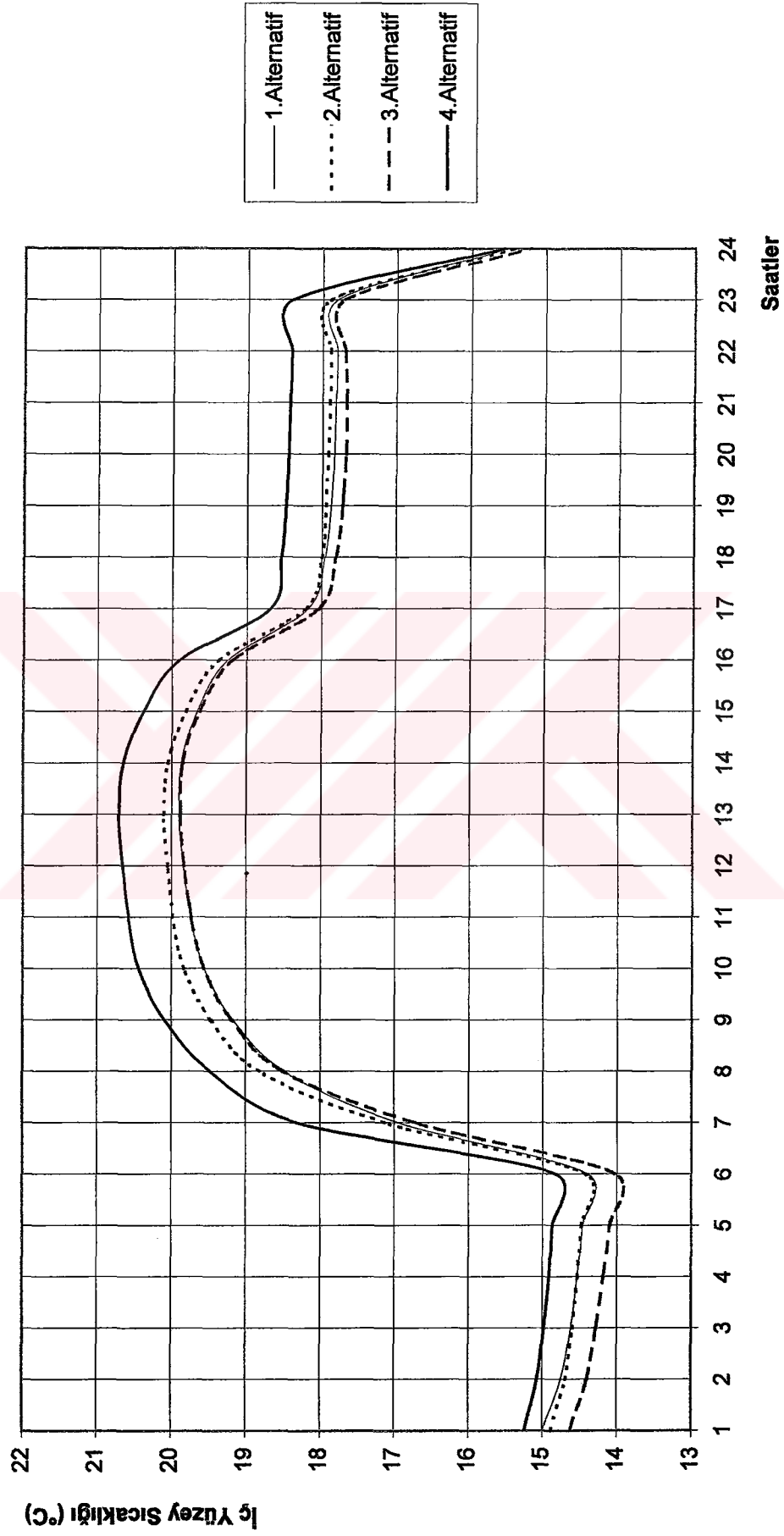
Şekil A.5. Diyarbakır - 21 Ocak - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



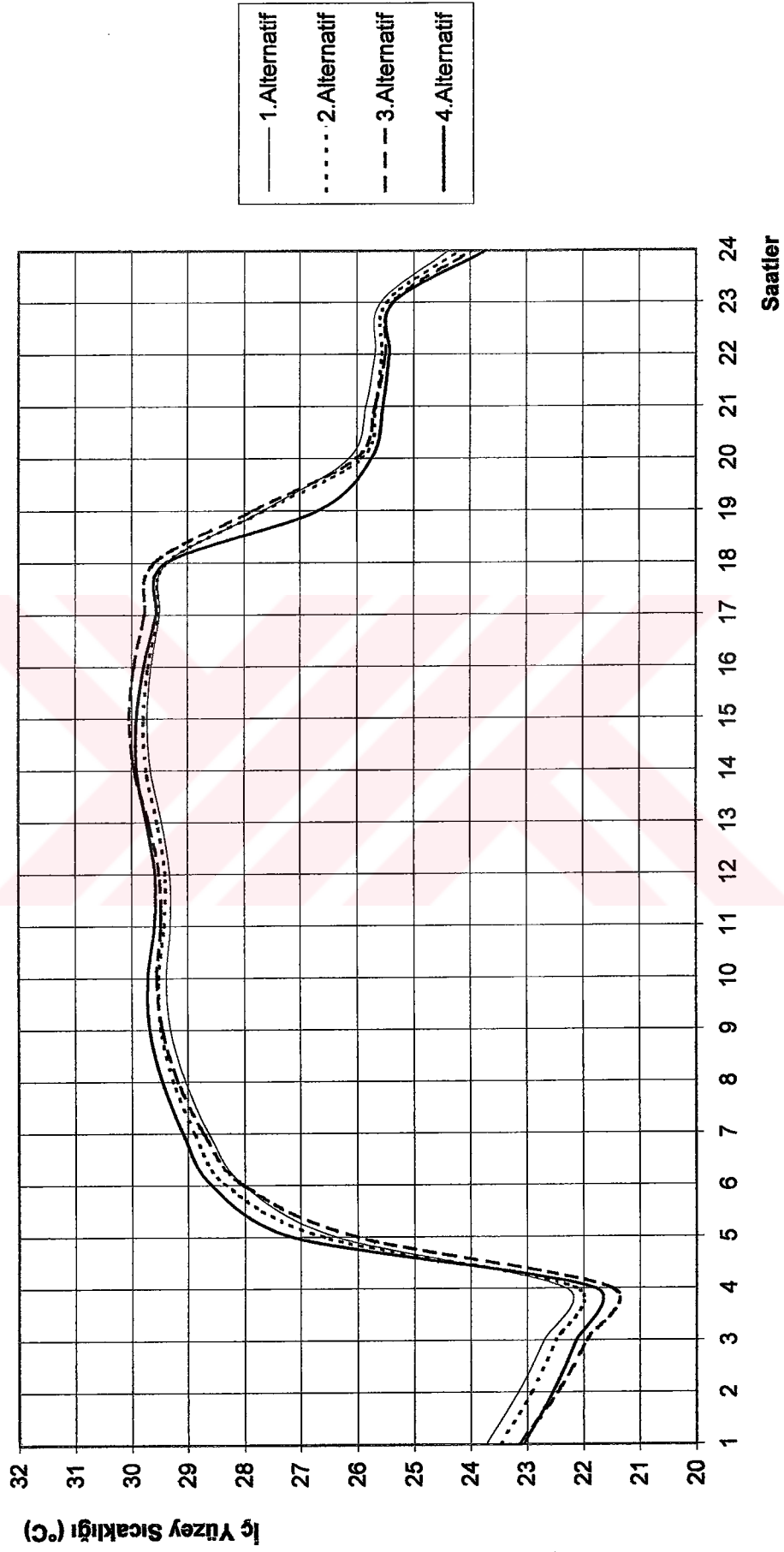
Şekil A.6. Diyarbakır - 21 Ocak - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



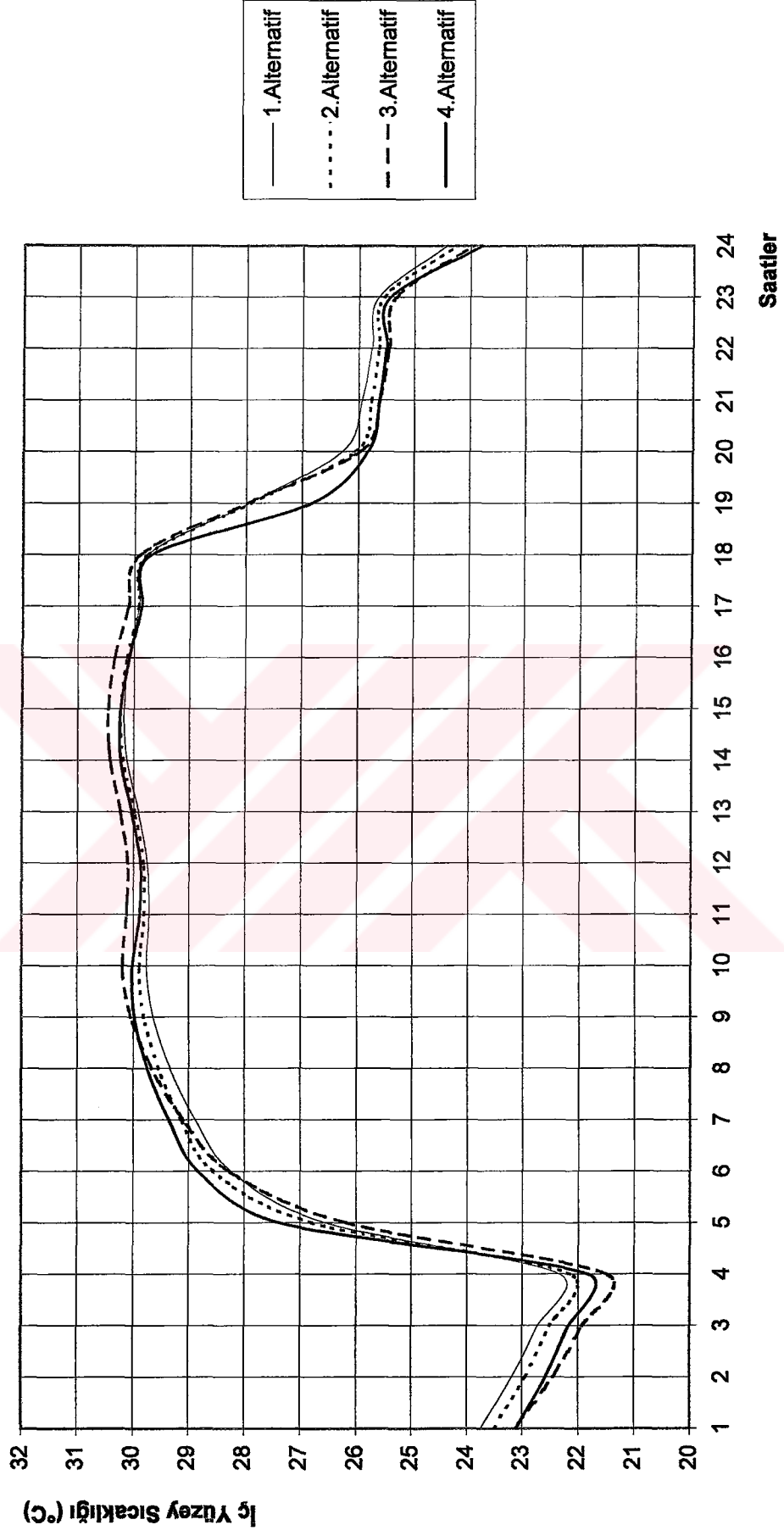
Şekil A.7. Diyarbakır - 21 Ocak - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



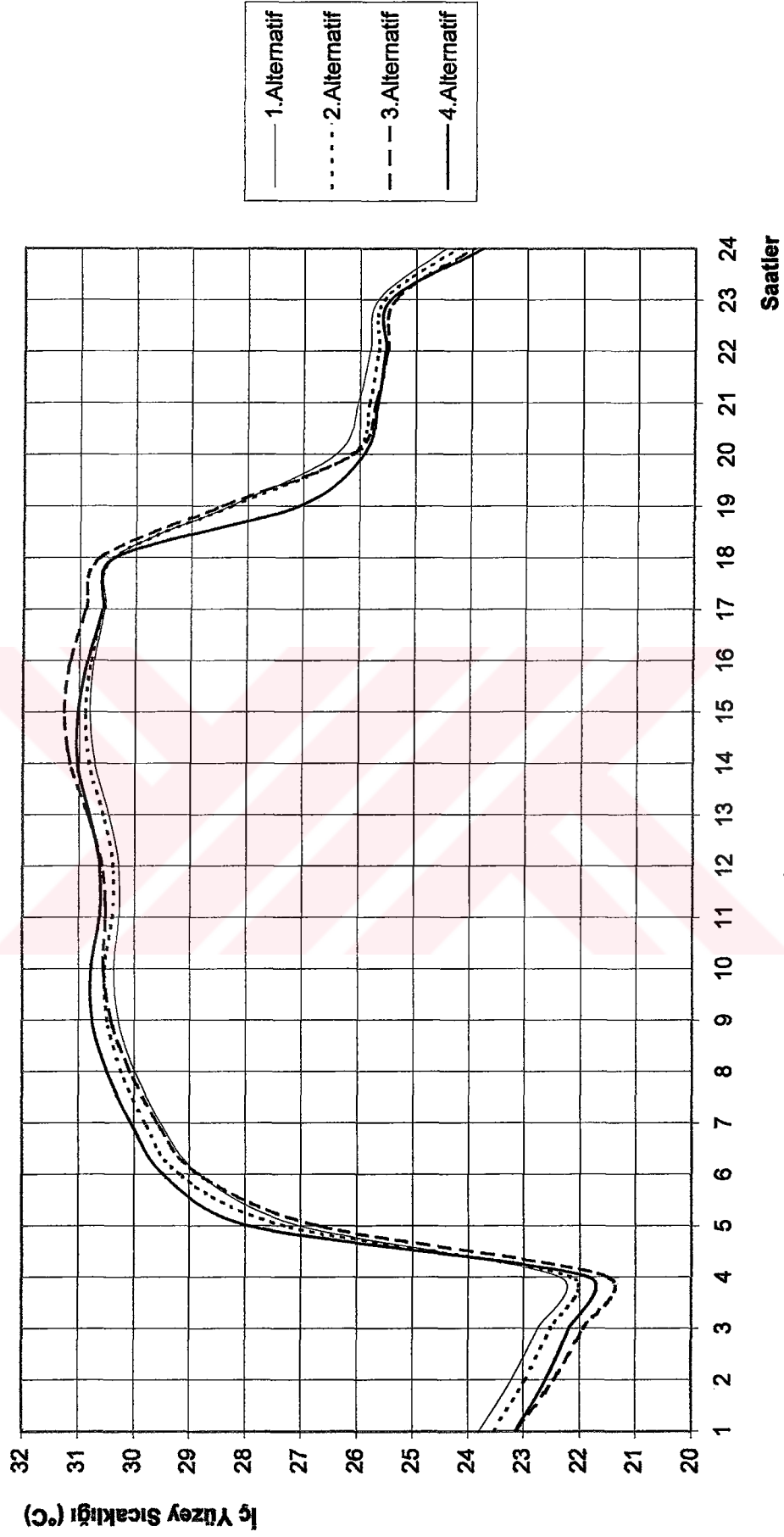
Şekil A.8. Diyarbakır - 21 Ocak - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



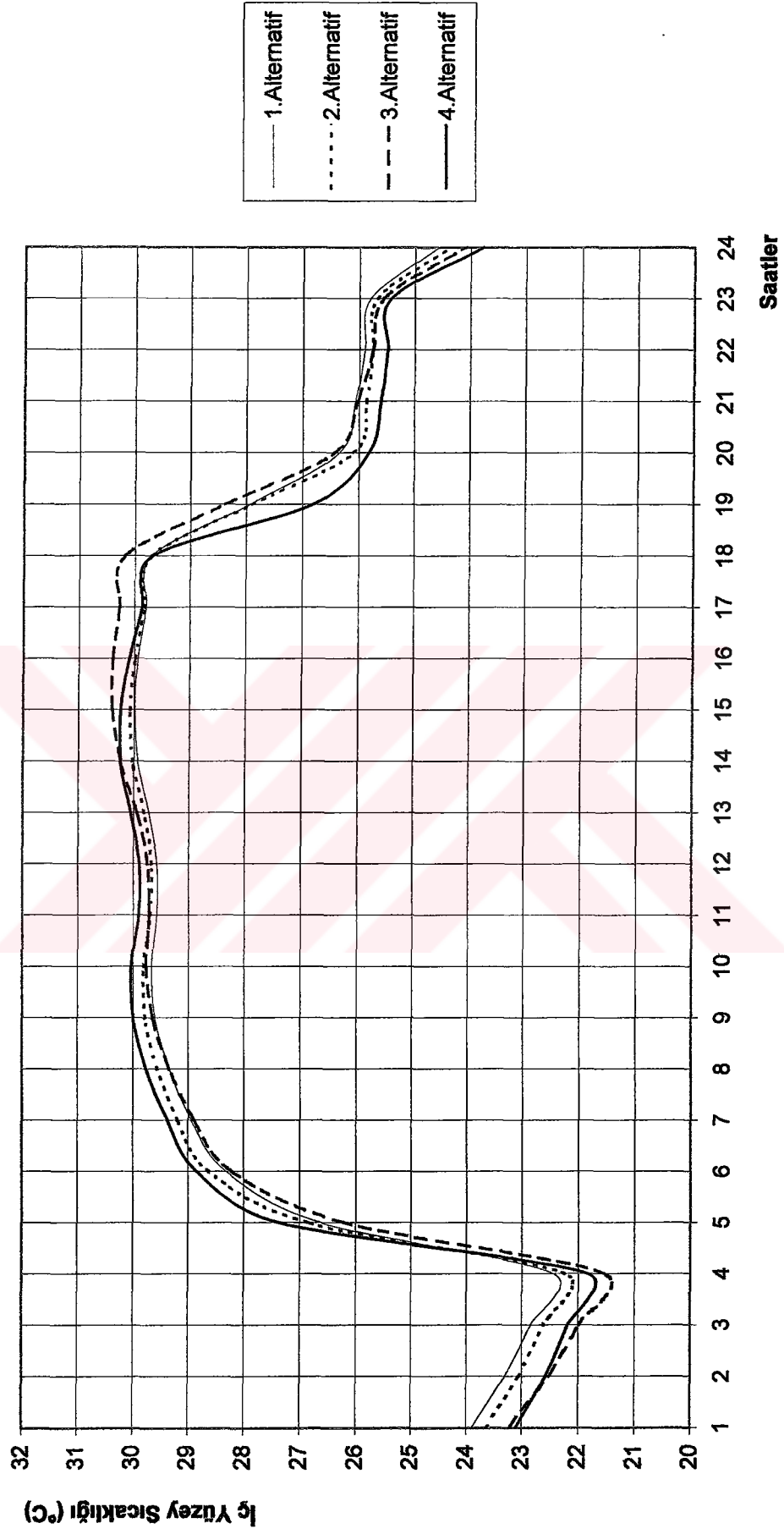
Şekil A.9. İstanbul - 21 Temmuz - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



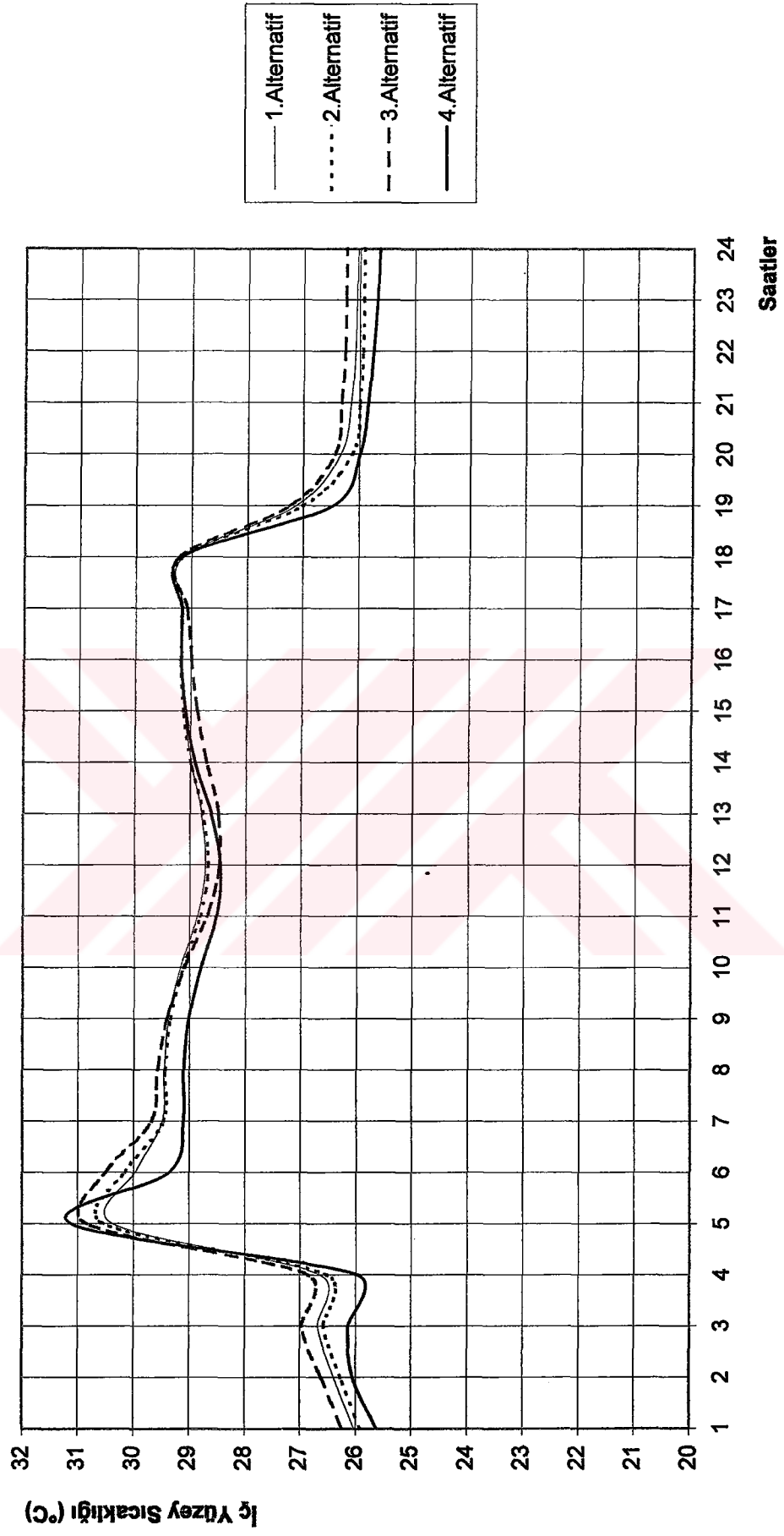
Şekil A.10. İstanbul - 21 Temmuz - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



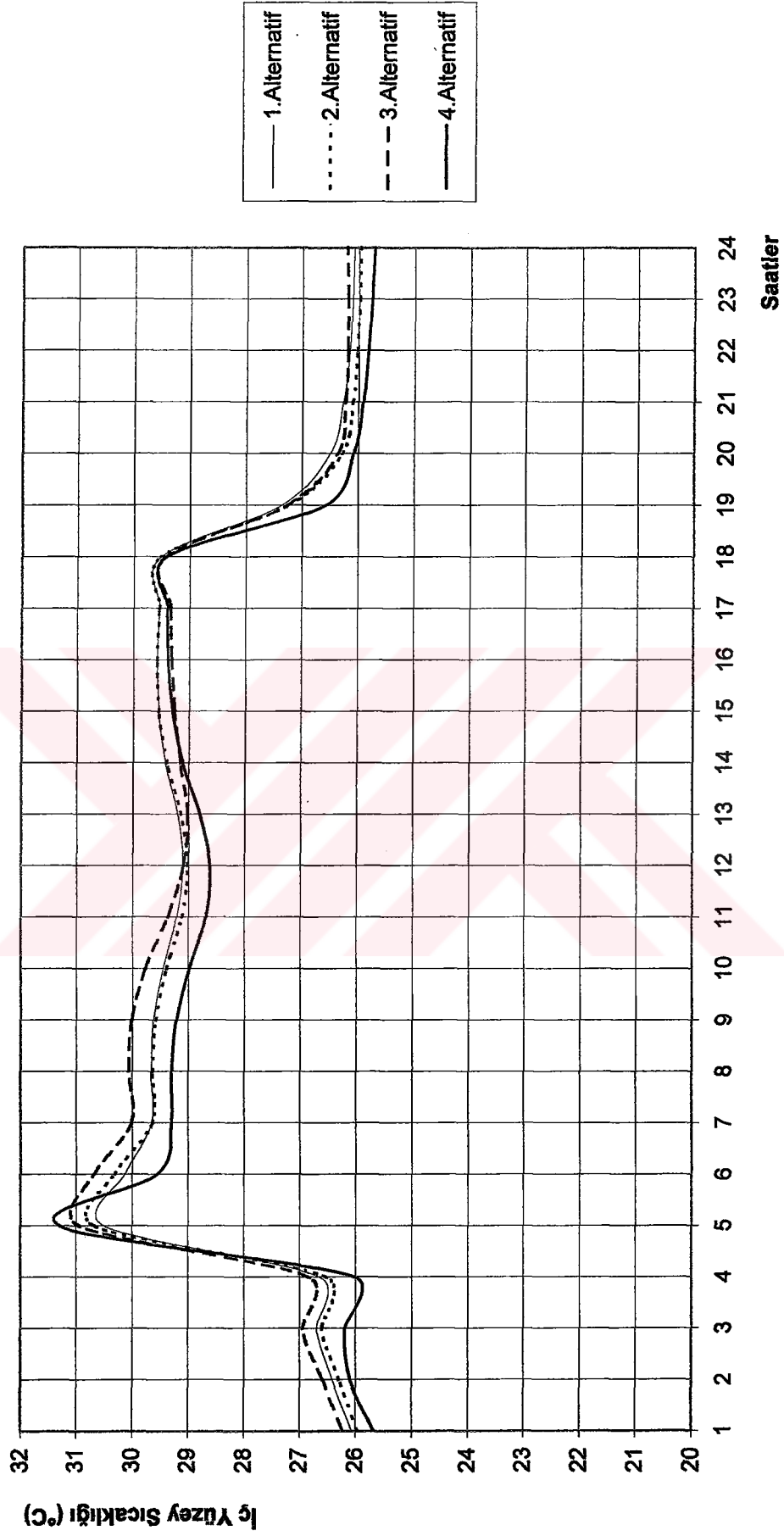
Şekil A.11. İstanbul - 21 Temmuz - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



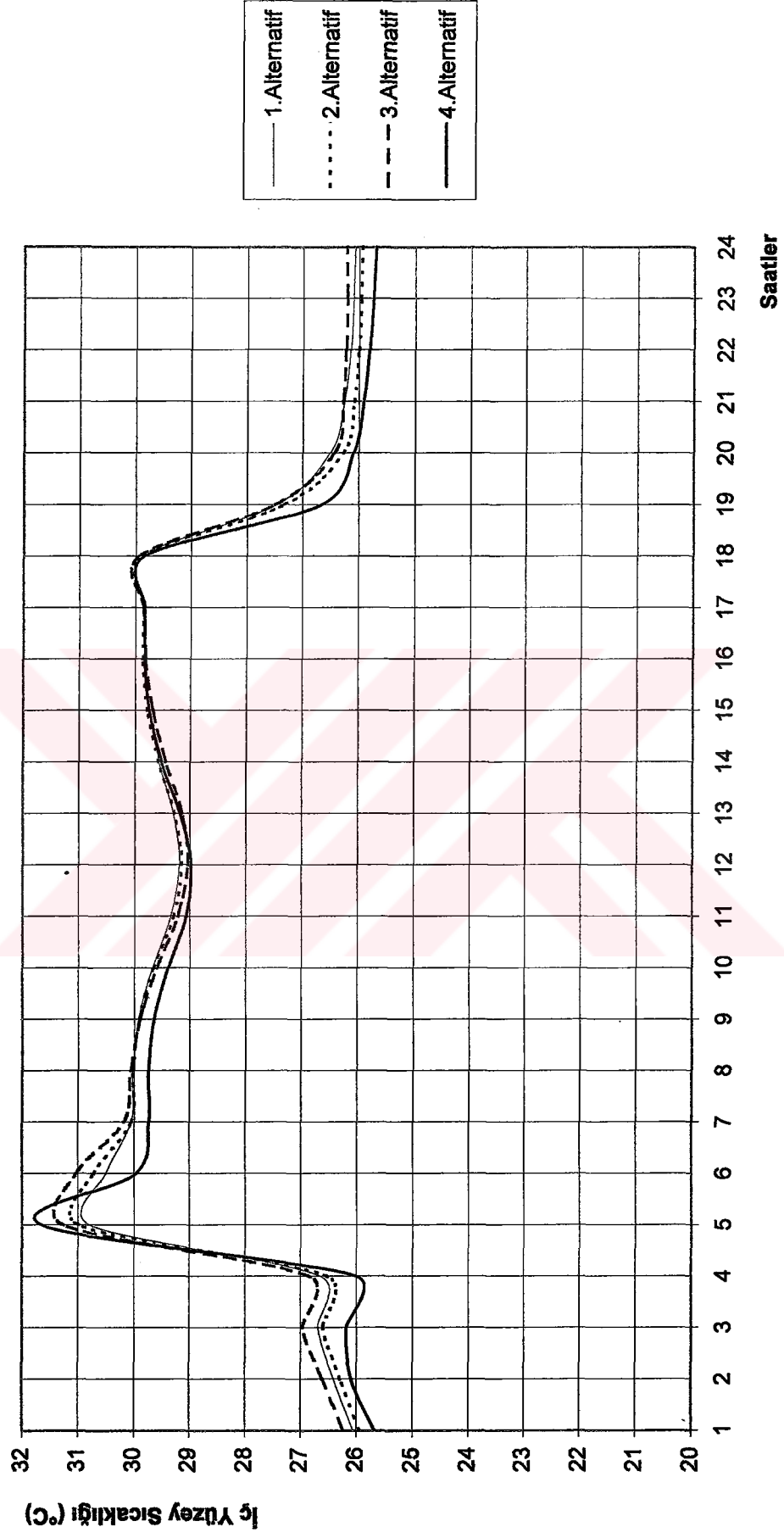
Şekil A.12. İstanbul - 21 Temmuz - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



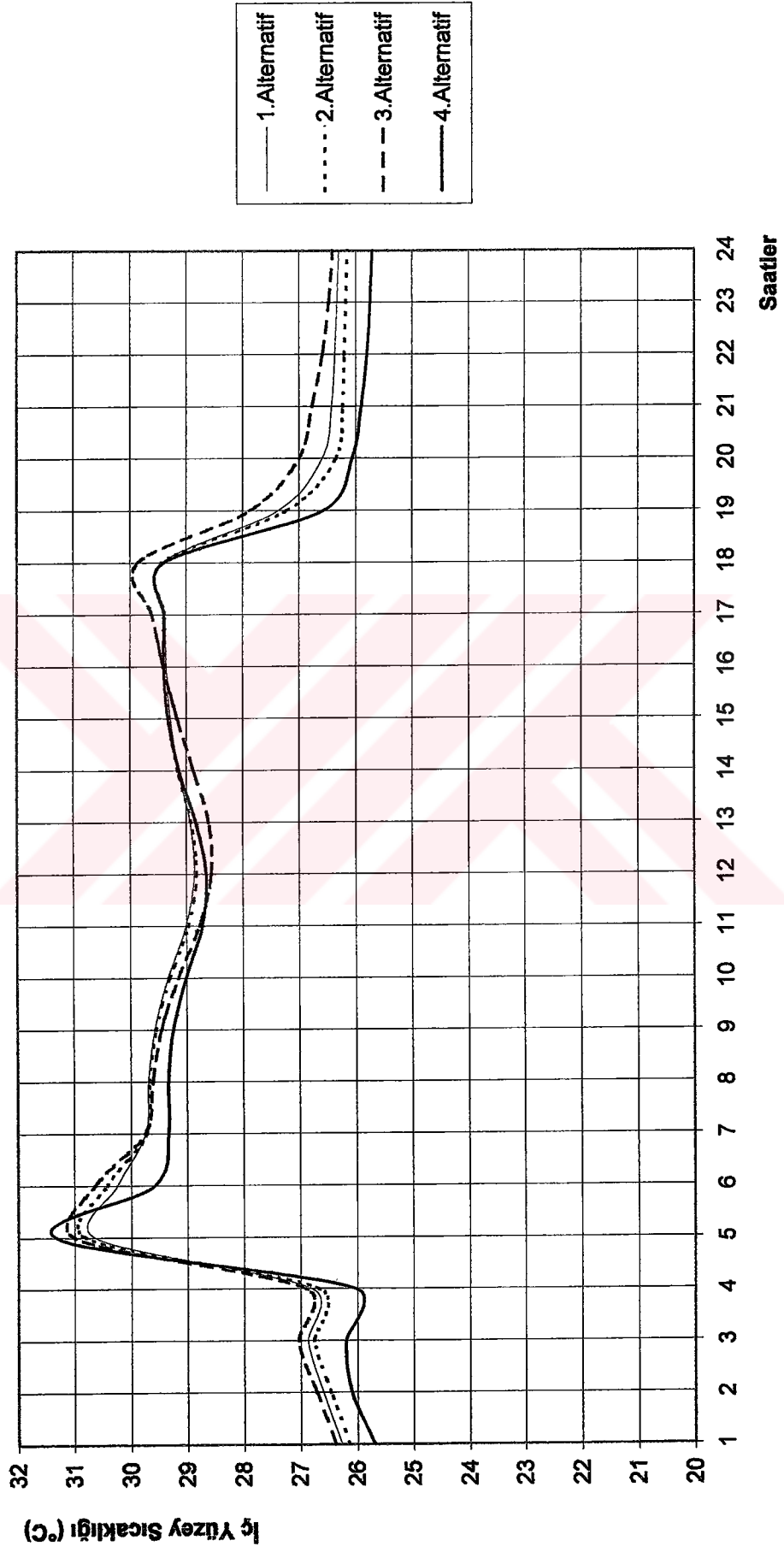
Şekil A.13. Diyarbakır - 21 Temmuz - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



Şekil A.14. Diyarbakır - 21 Temmuz - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri



Şekil A.15. Diyarbakır - 21 Temmuz - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri

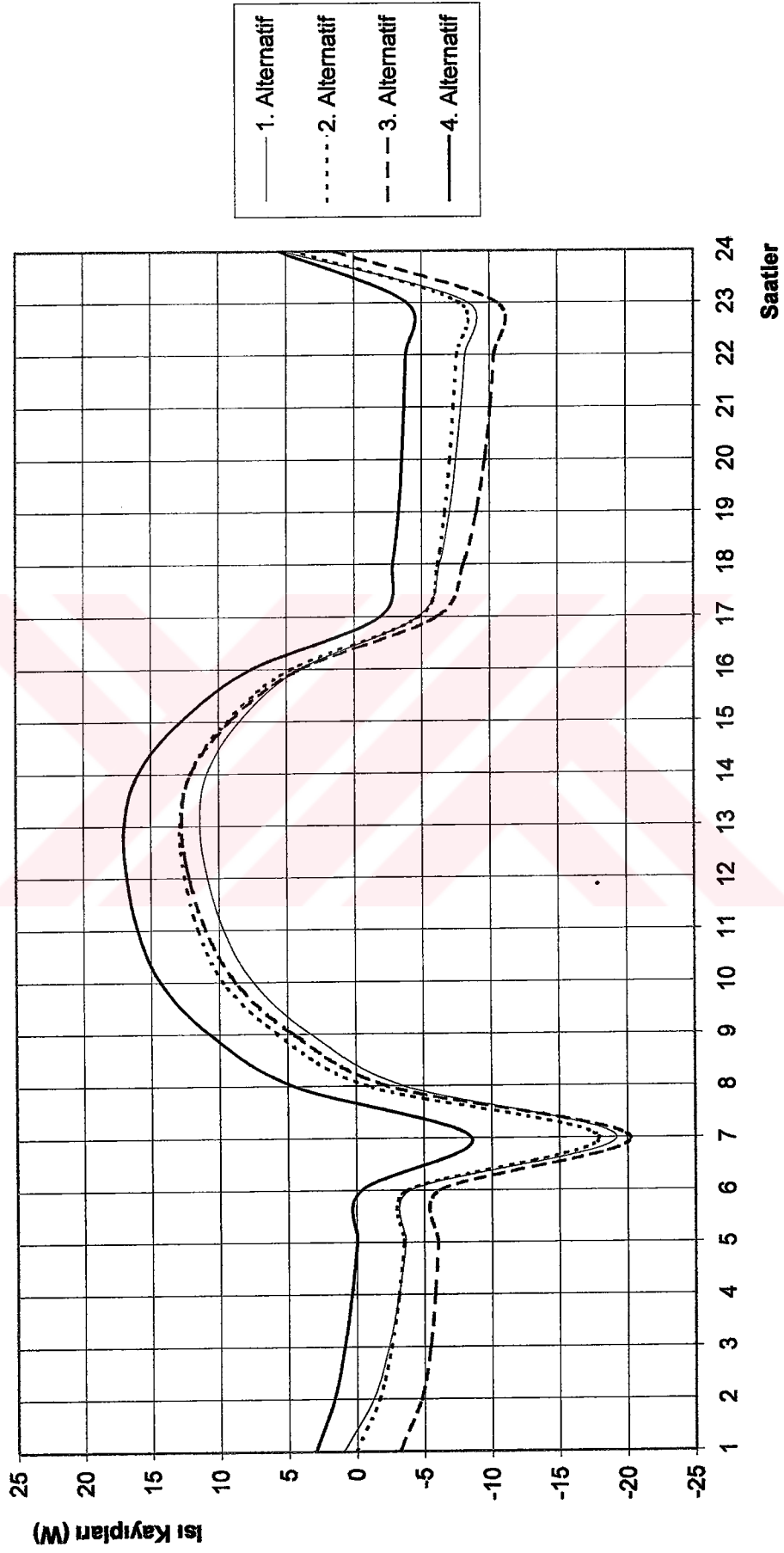


Şekil A.16. Diyarbakır - 21 Temmuz - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik İç Yüzey Sıcaklık Değişimleri

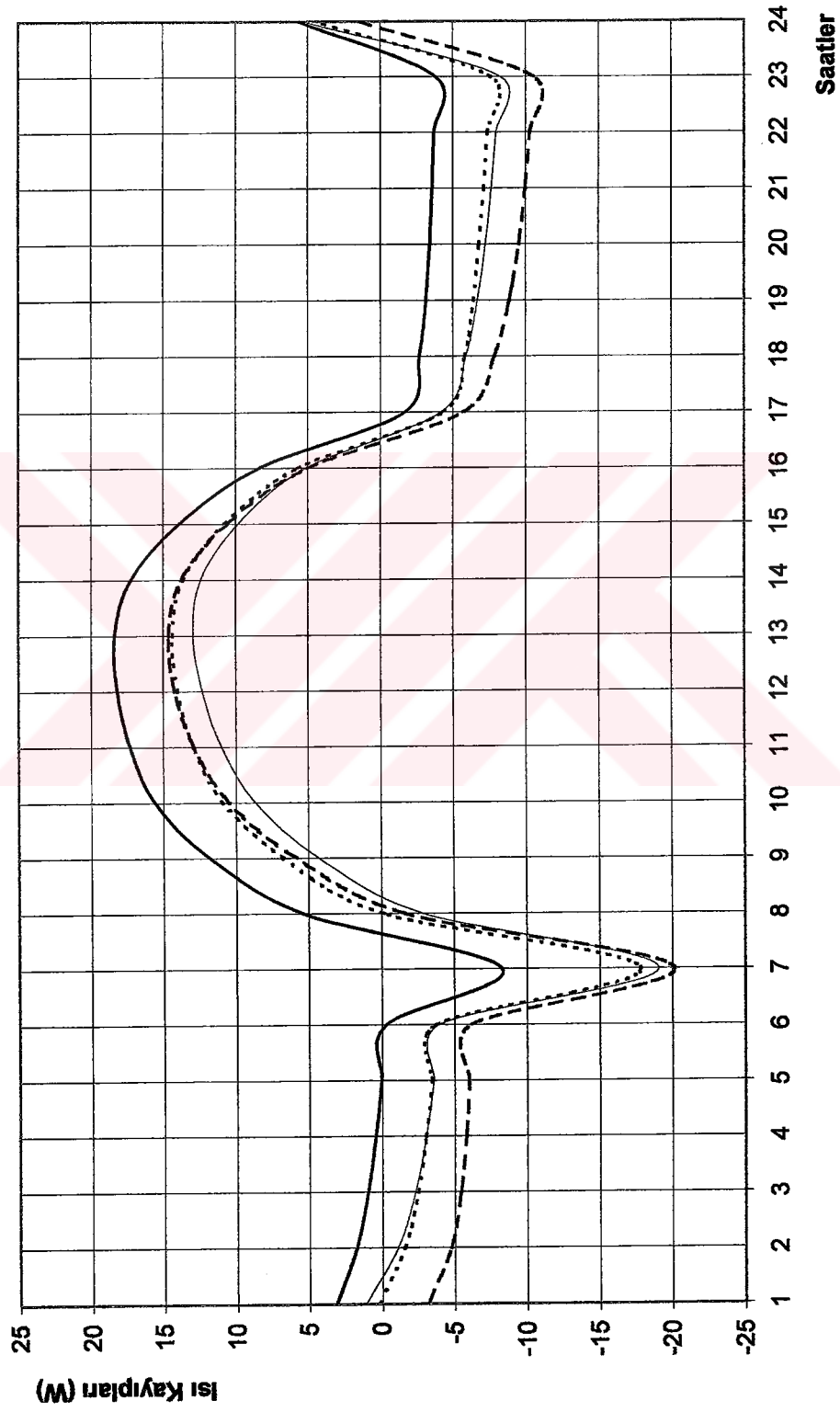
EK-B

ISI KAYIP ve KAZANÇ GRAFİKLERİ

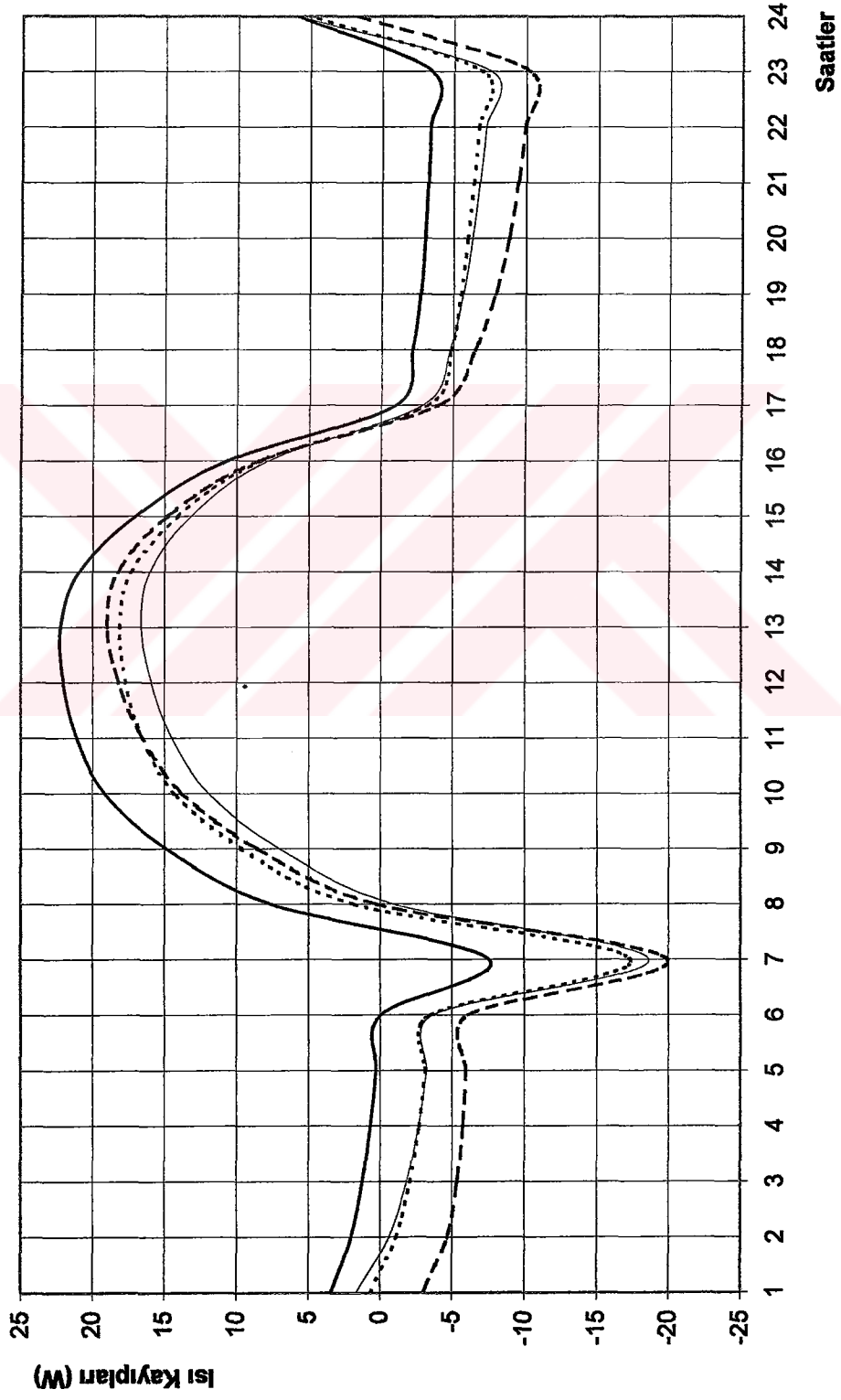




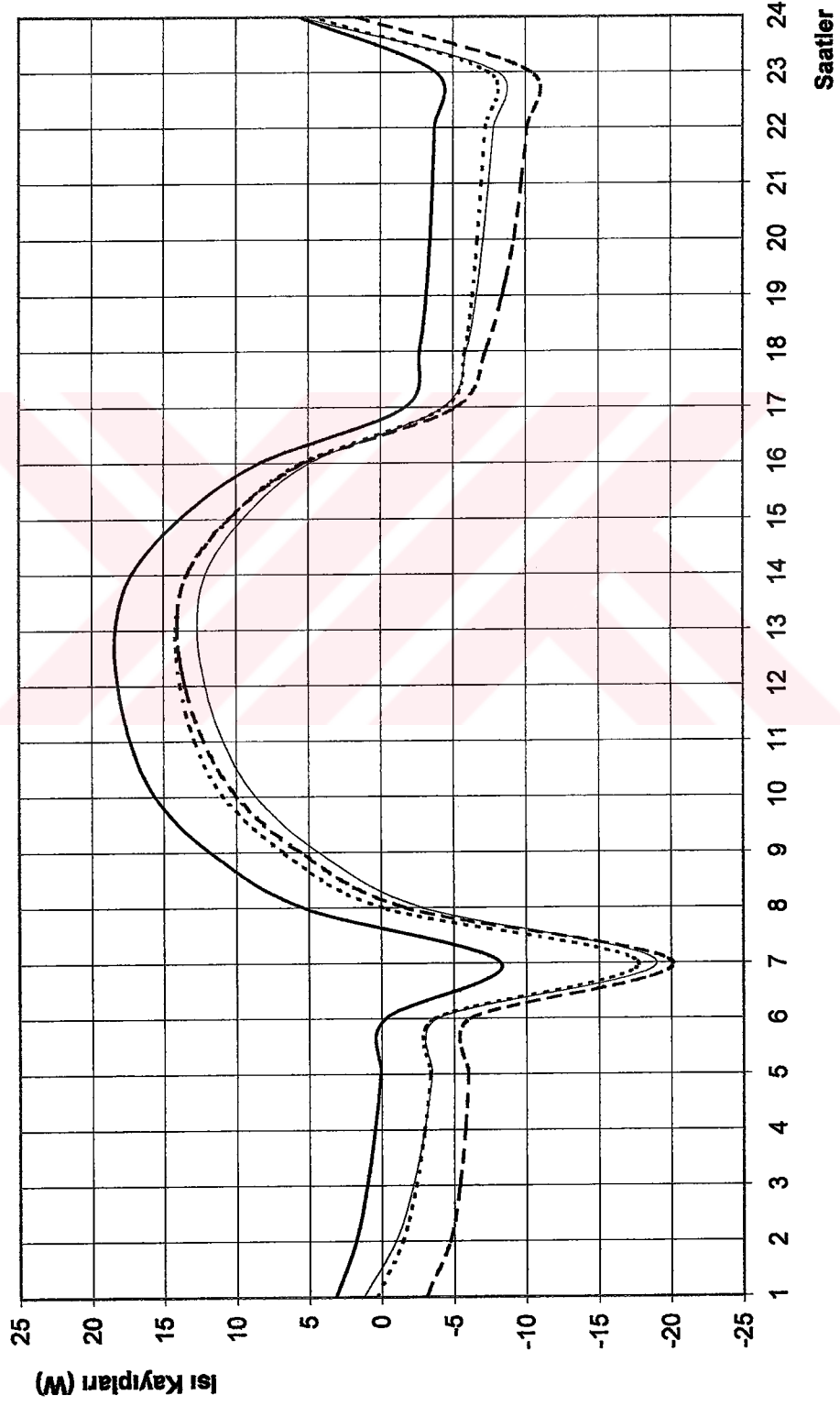
Şekil B.1. İstanbul - 21 Ocak - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



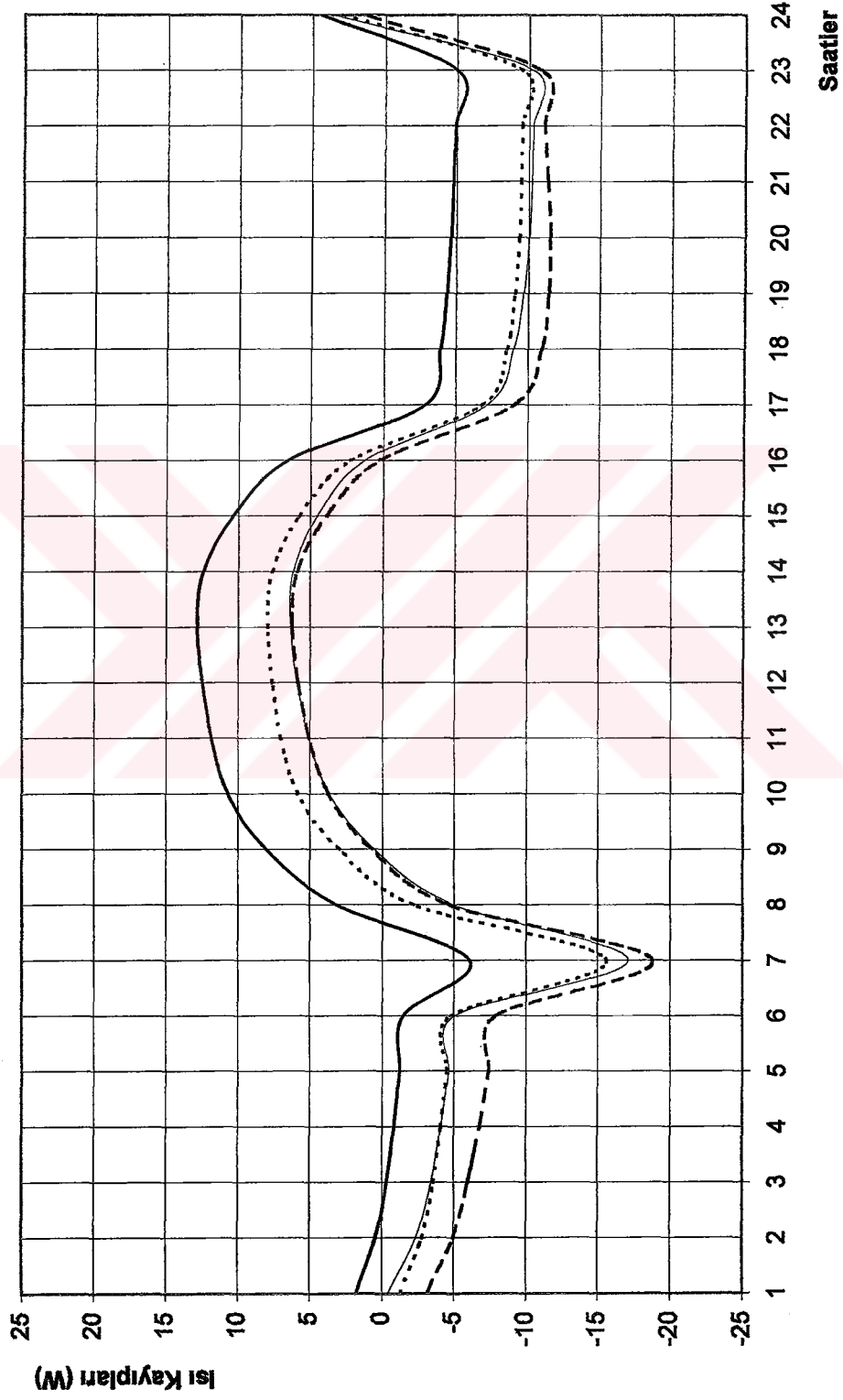
Şekil B.2. İstanbul - 21 Ocak - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



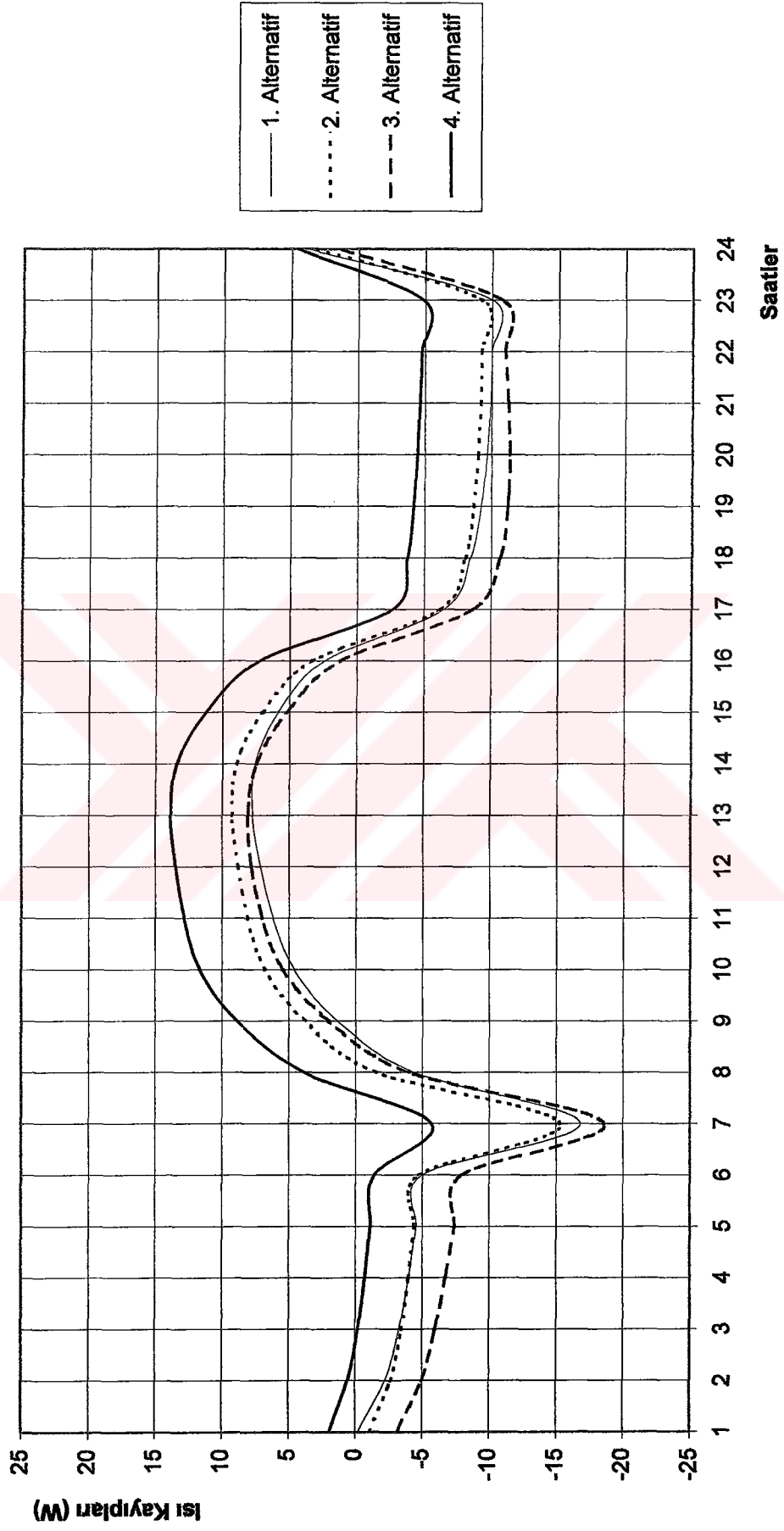
Şekil B.3. İstanbul - 21 Ocak - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



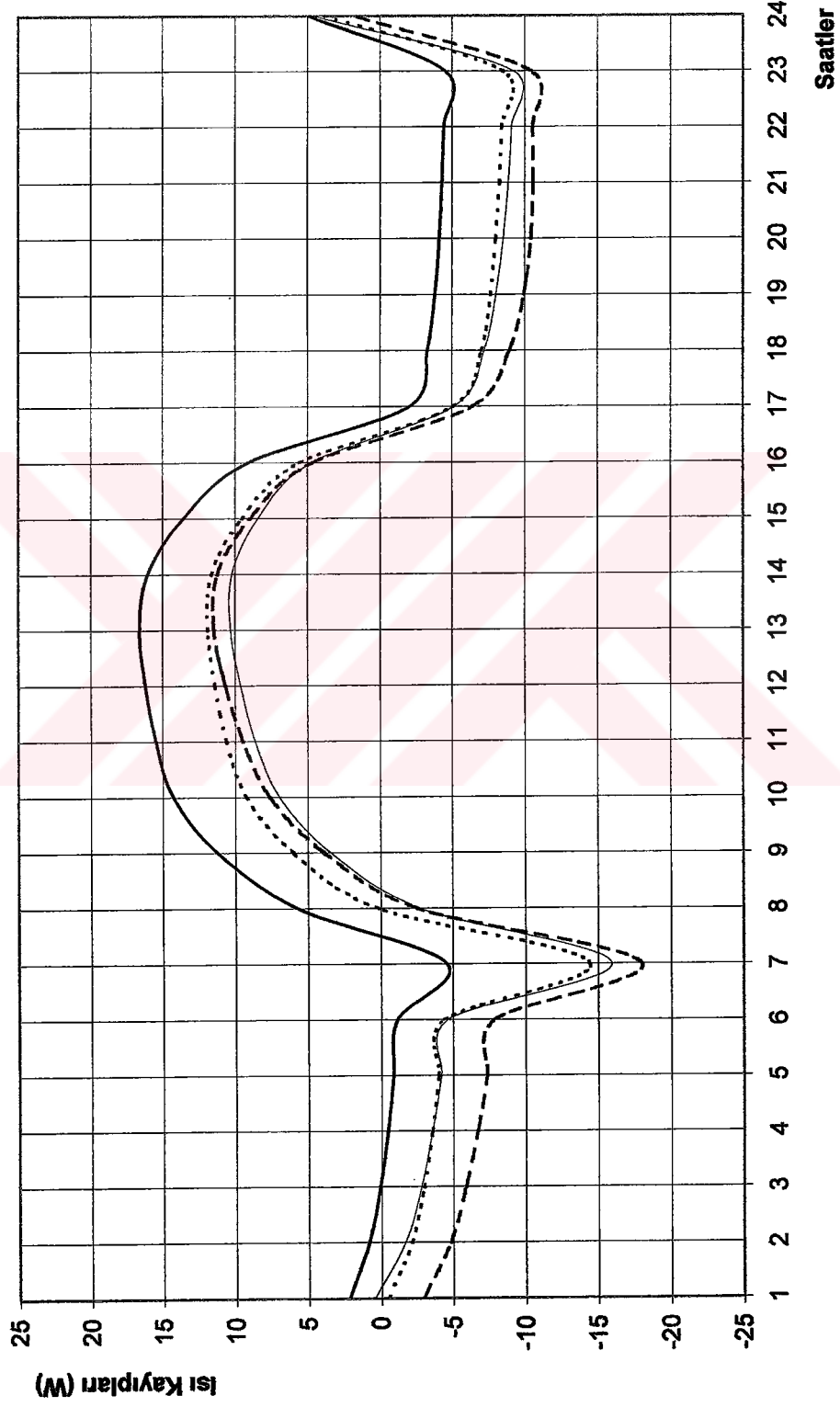
Şekil B.4. İstanbul - 21 Ocak - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



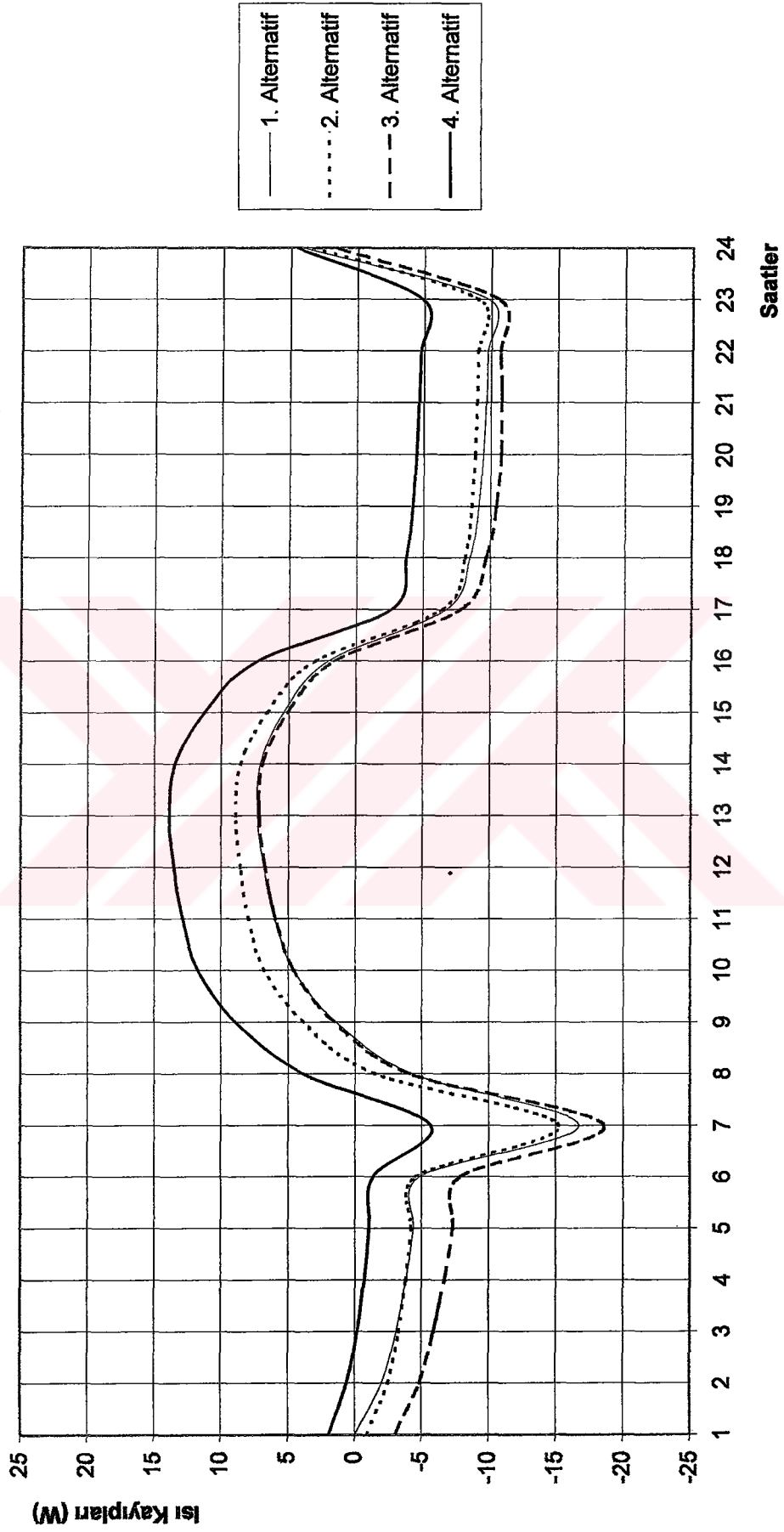
Şekil B.5. Diyarbakır - 21 Ocak - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



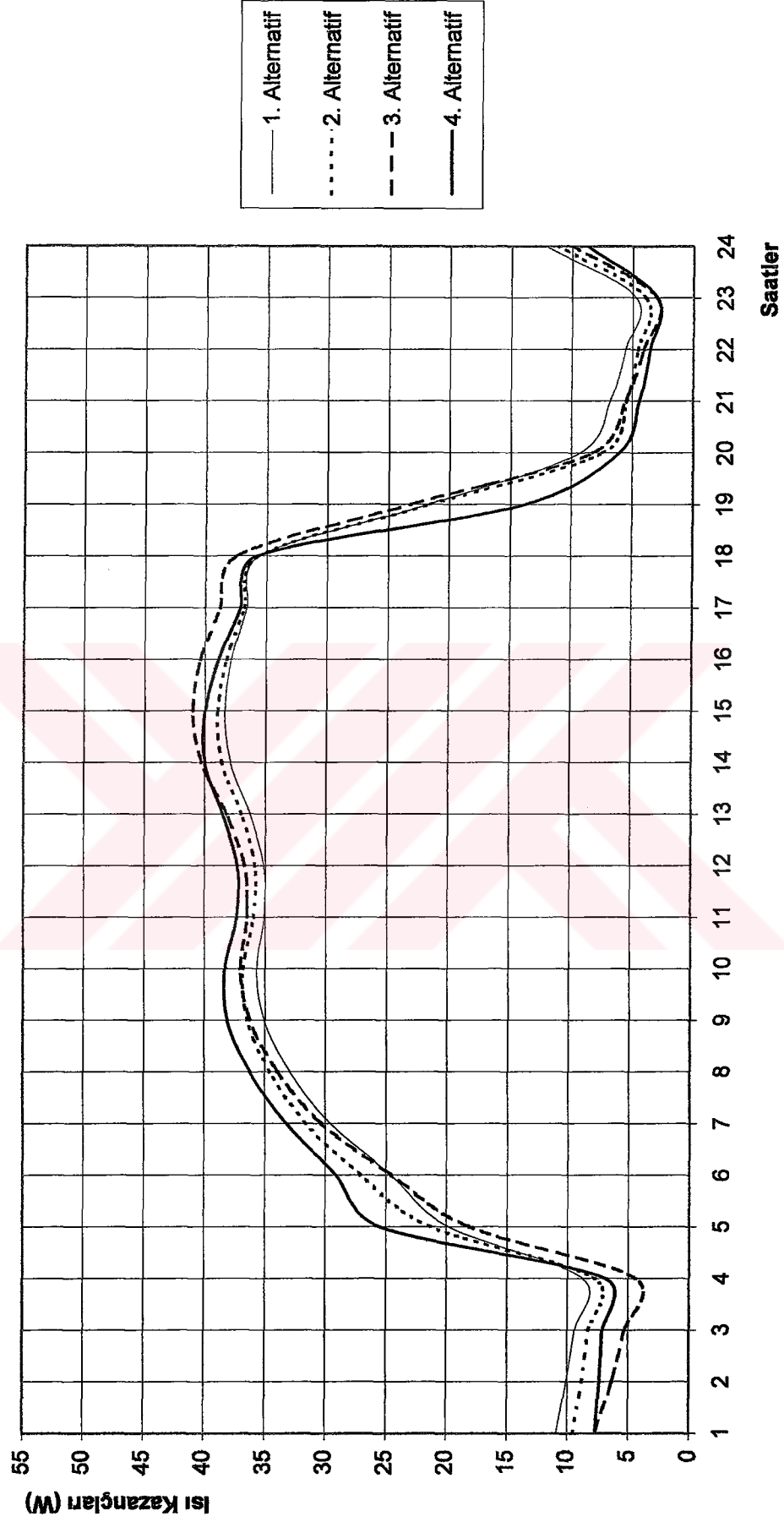
Şekil B.6. Diyarbakır - 21 Ocak - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



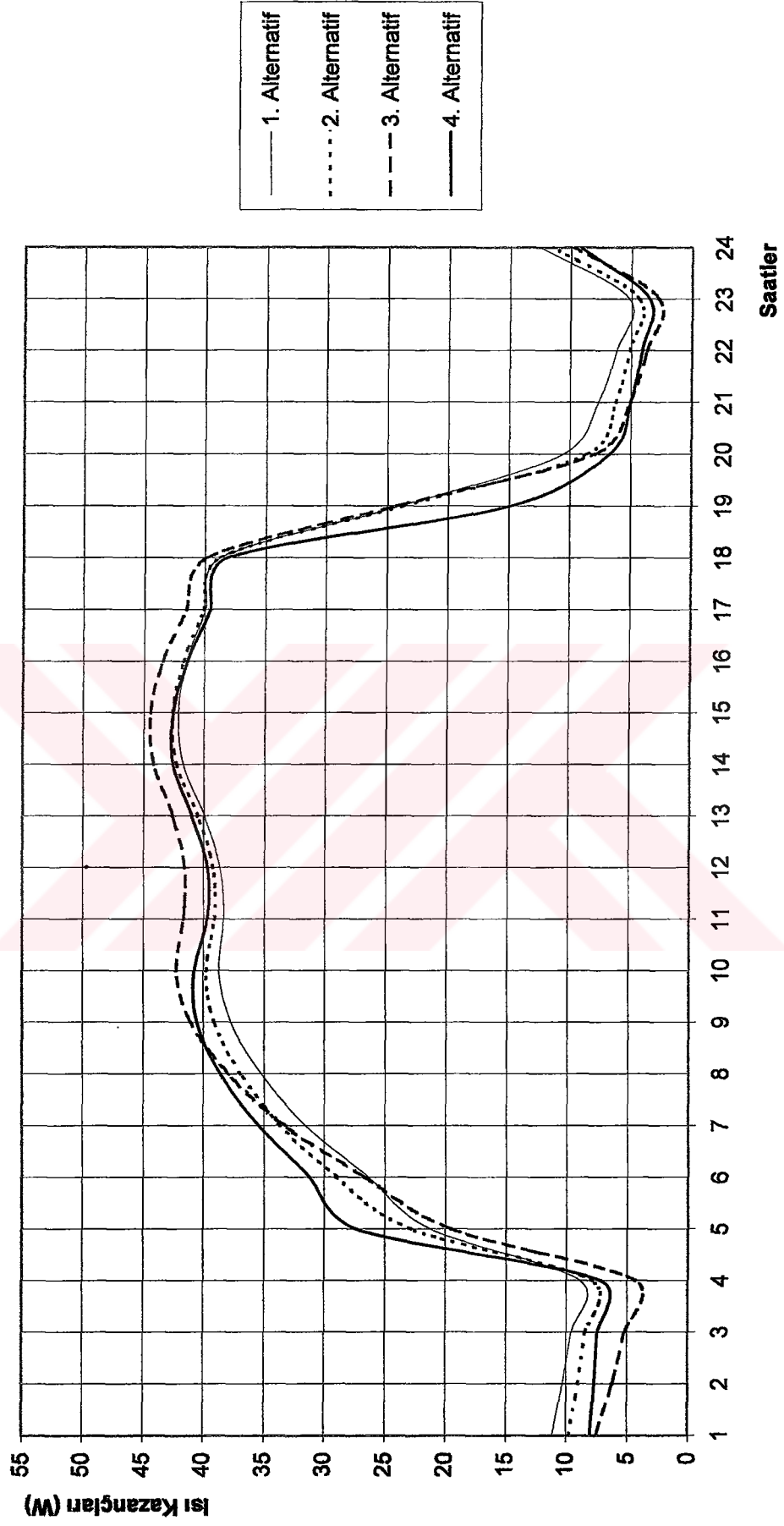
Şekil B.7. Diyarbakır - 21 Ocak - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



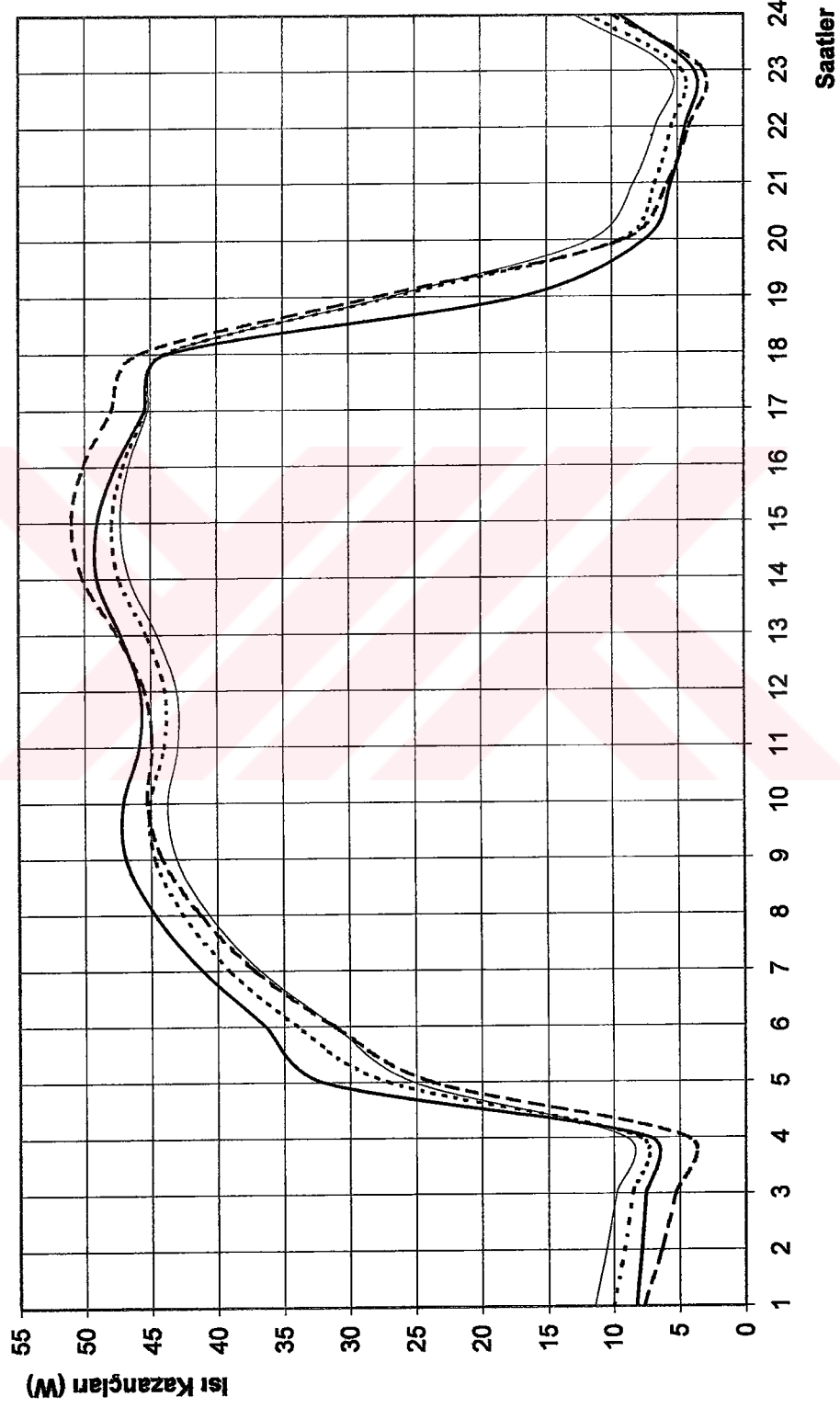
Şekil B.8. Diyarbakır - 21 Ocak - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kaybı Değişimleri



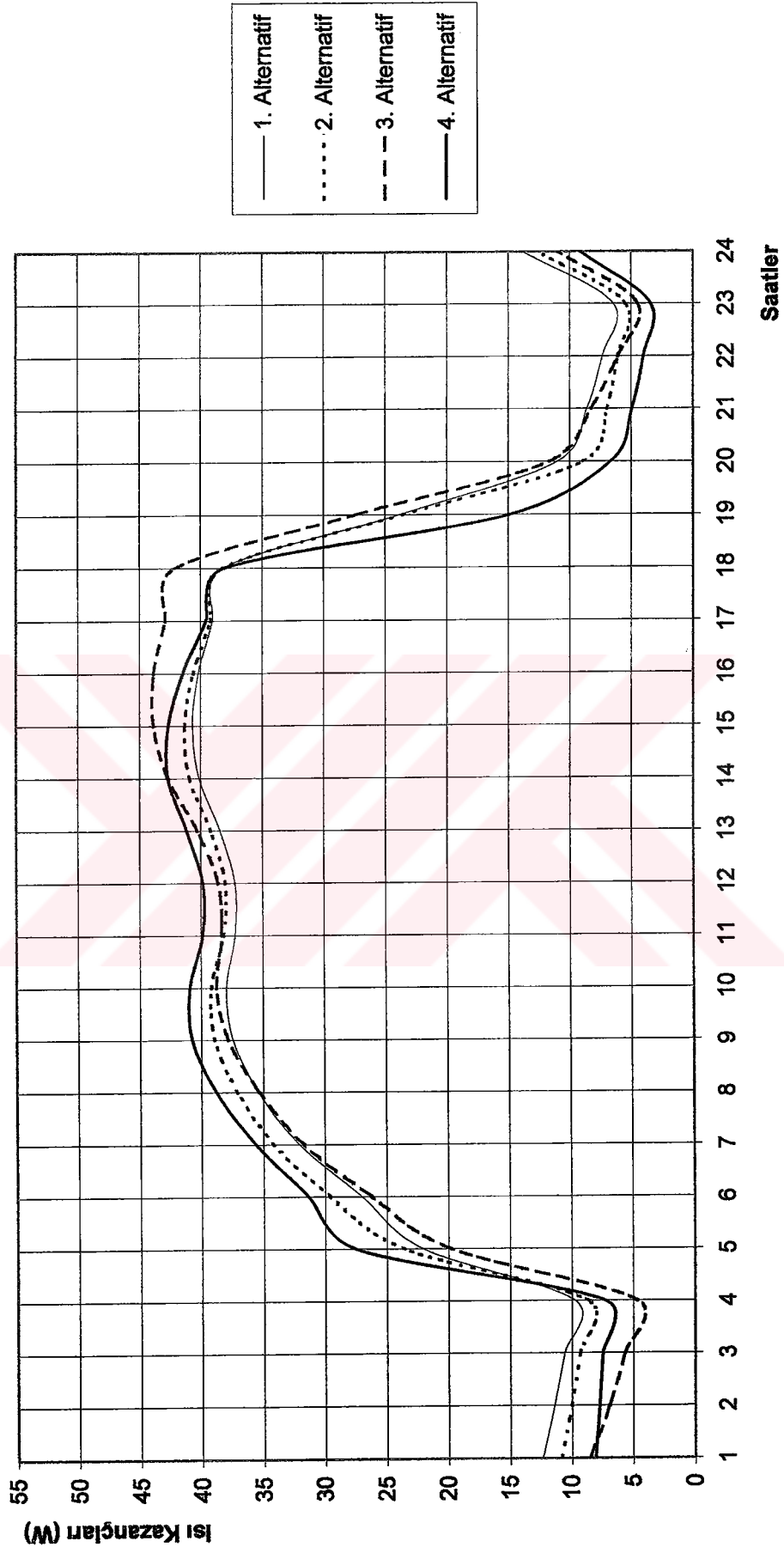
Şekil B.9. İstanbul - 21 Temmuz - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



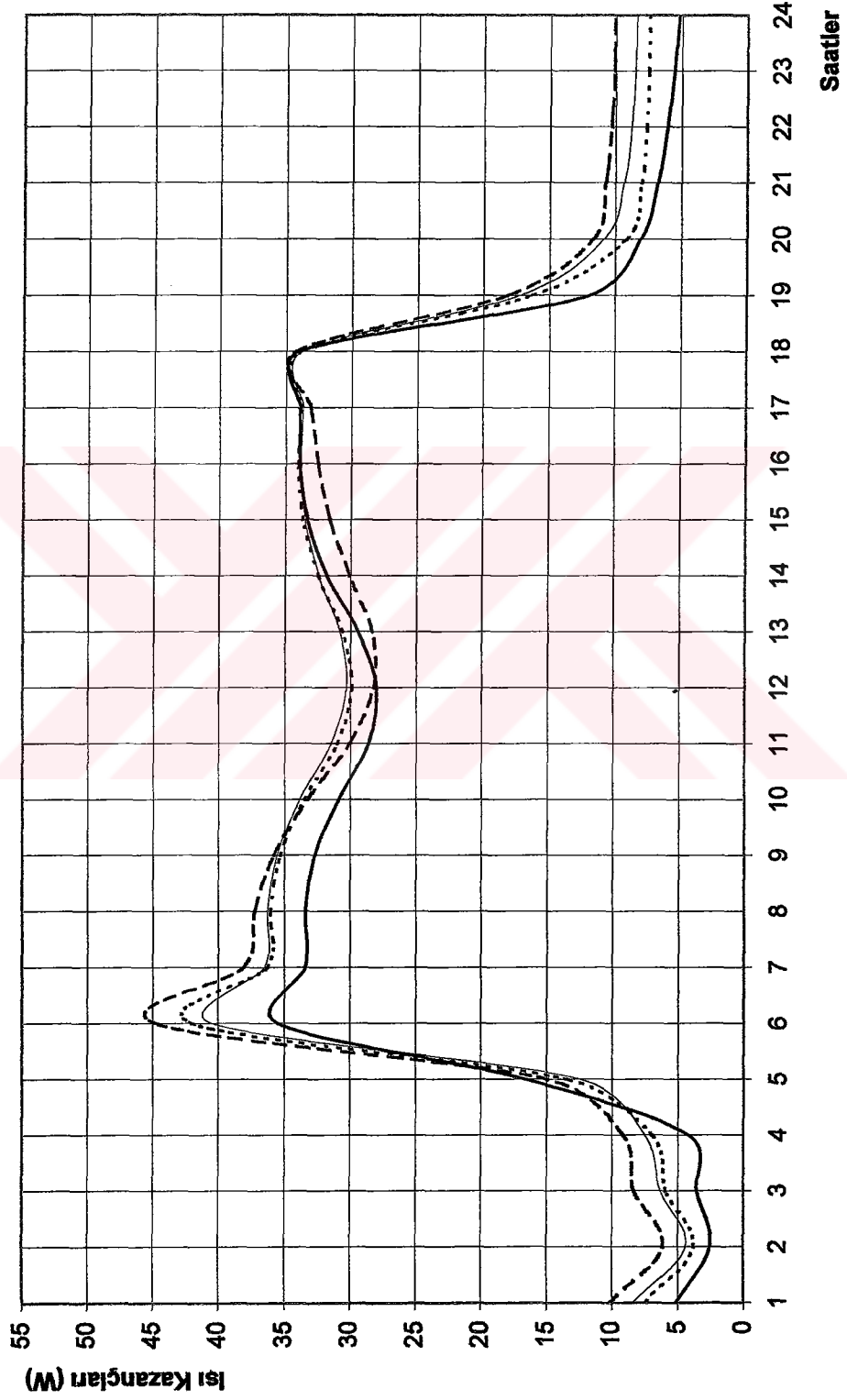
Şekil B.10. İstanbul - 21 Temmuz - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



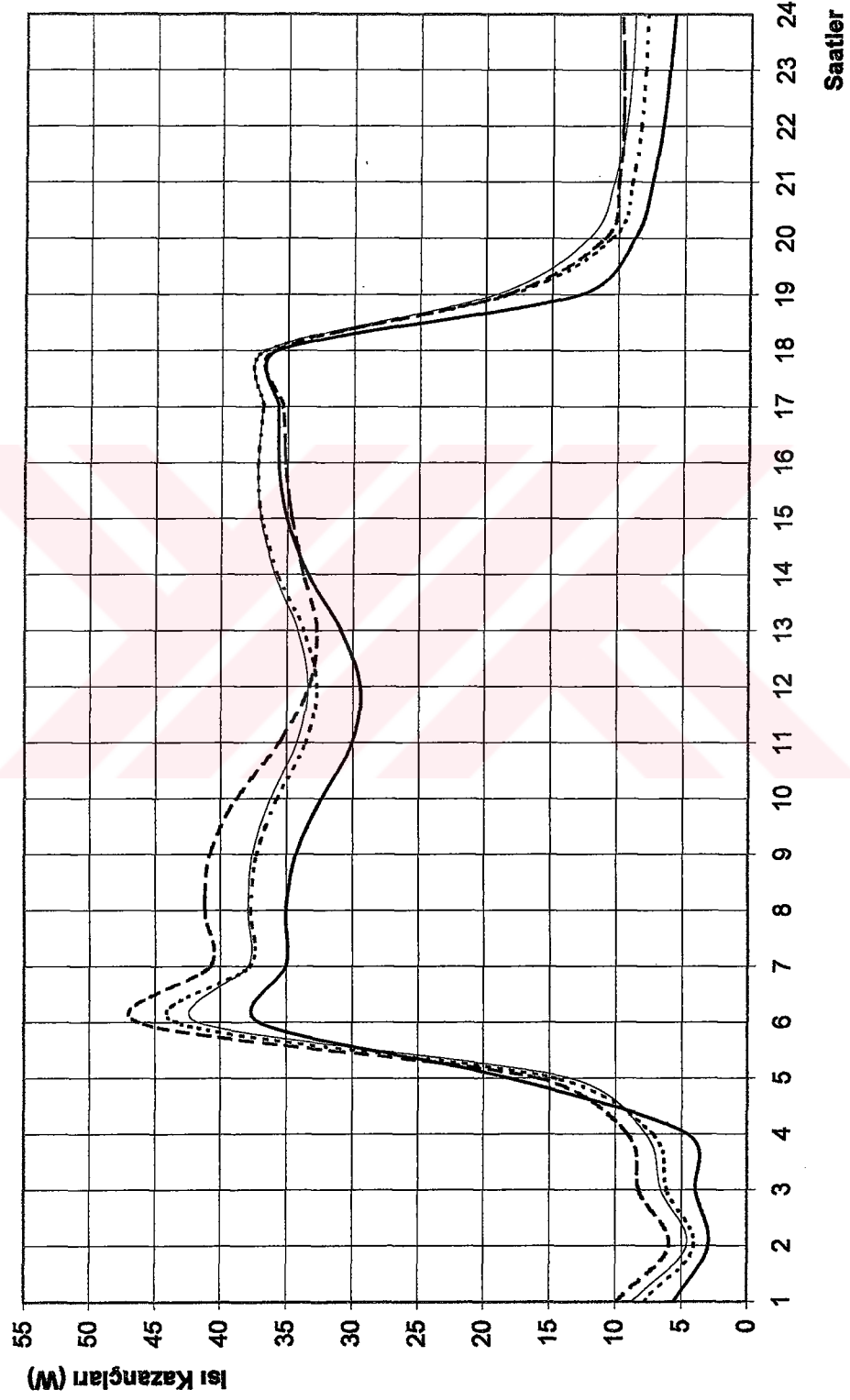
Şekil B.11. İstanbul - 21 Temmuz - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



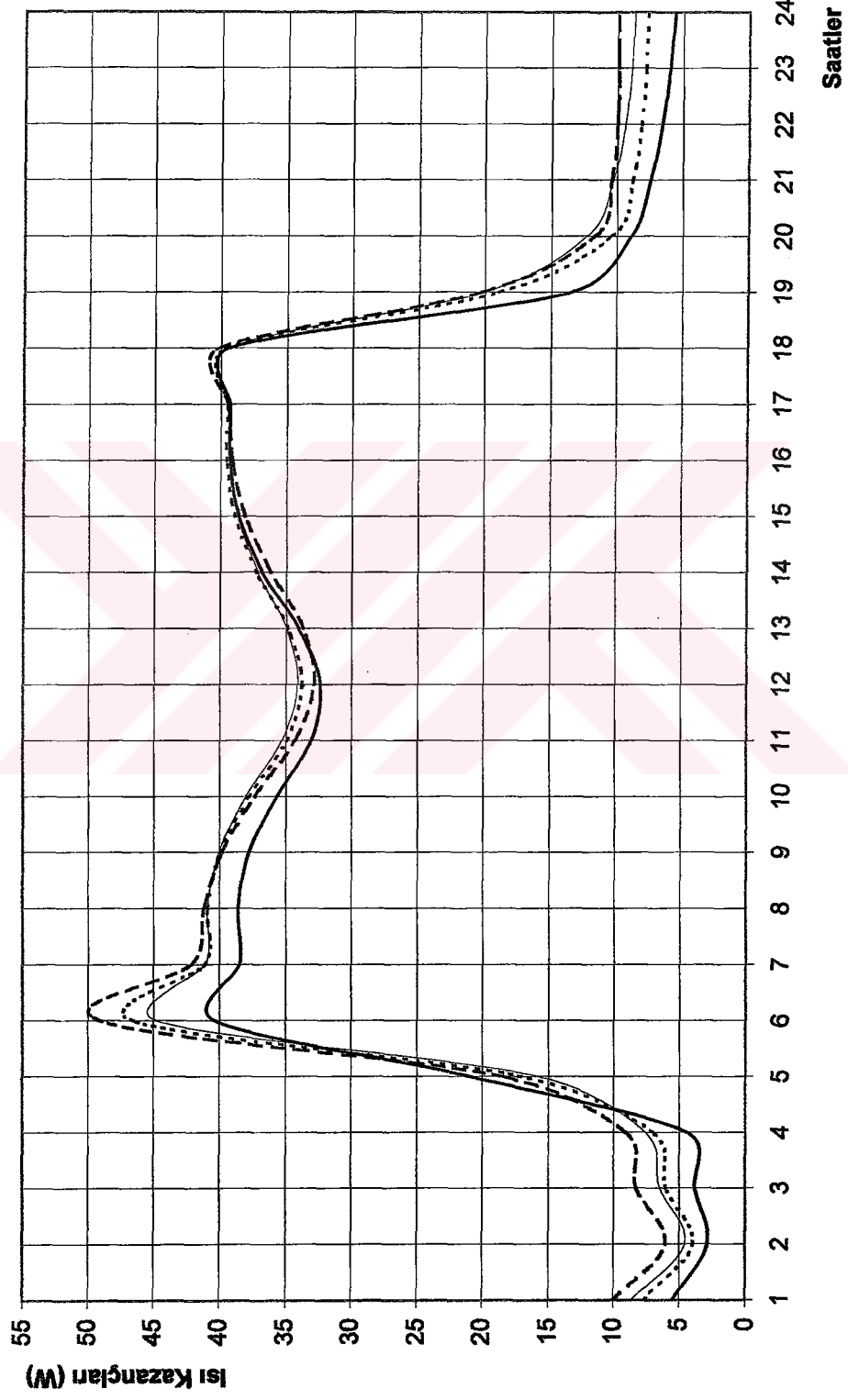
Şekil B.12. İstanbul - 21 Temmuz - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



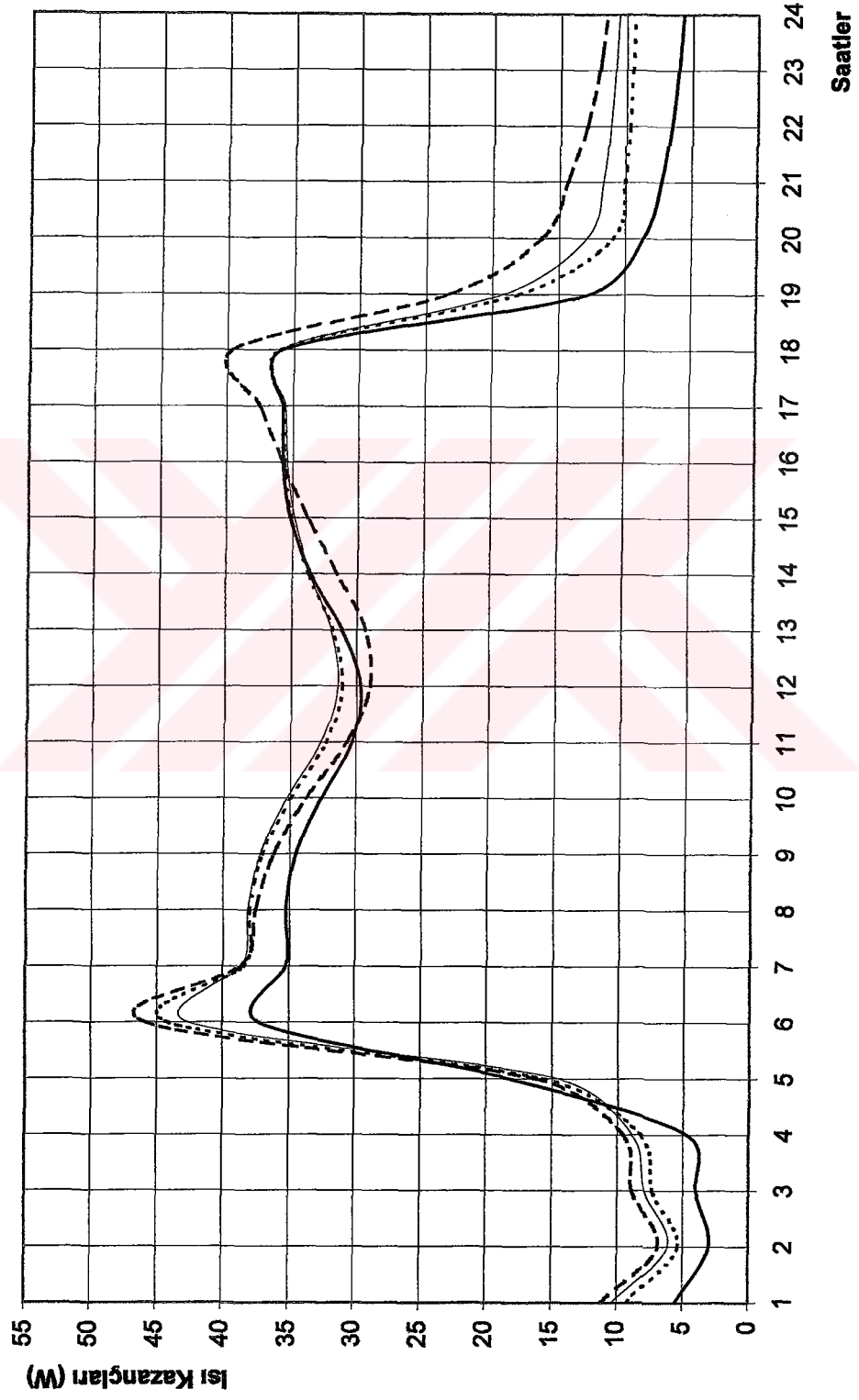
Şekil B.13. Diyarbakır - 21 Temmuz - Kuzey Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



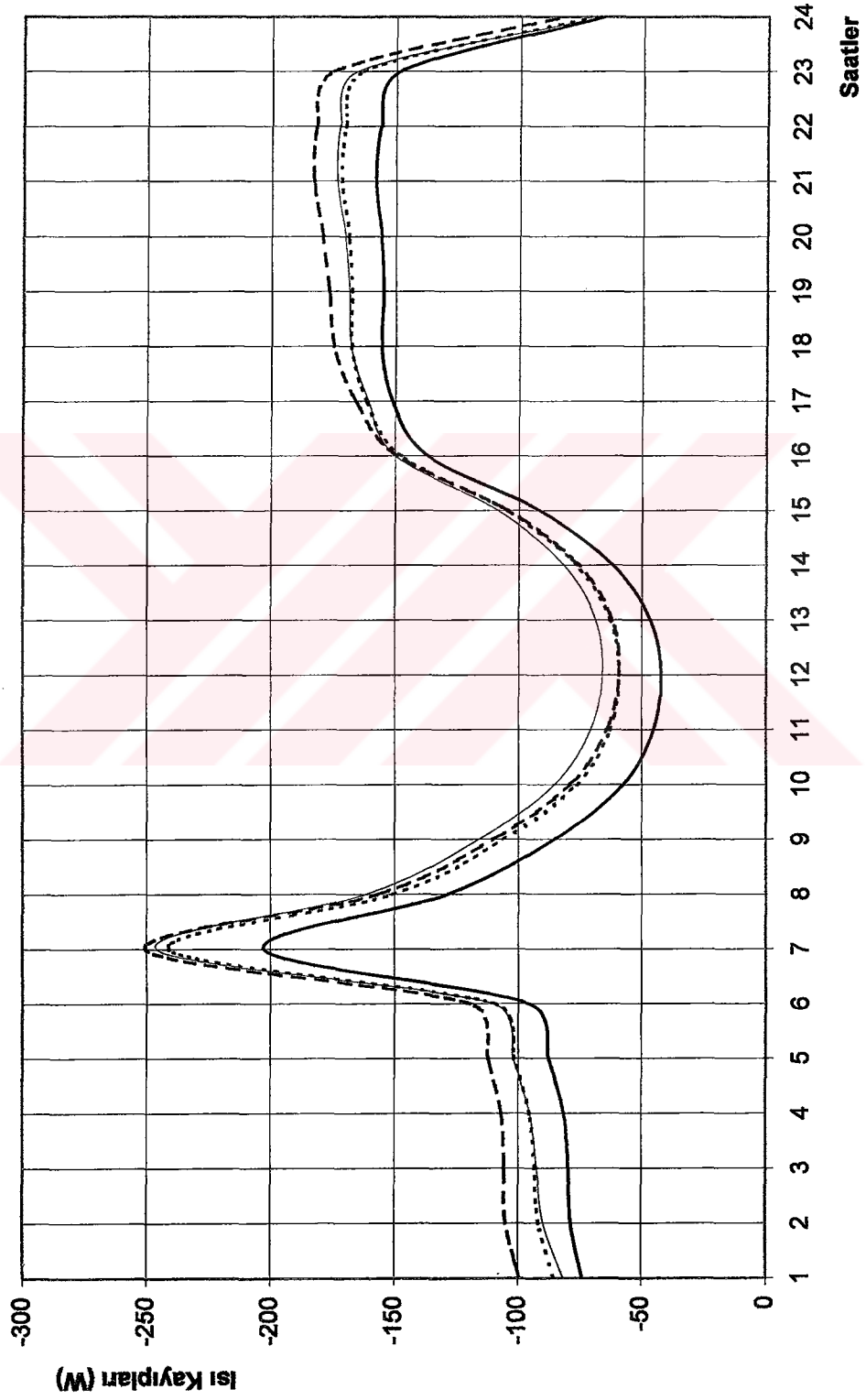
Şekil B.14. Diyarbakır - 21 Temmuz - Doğu Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



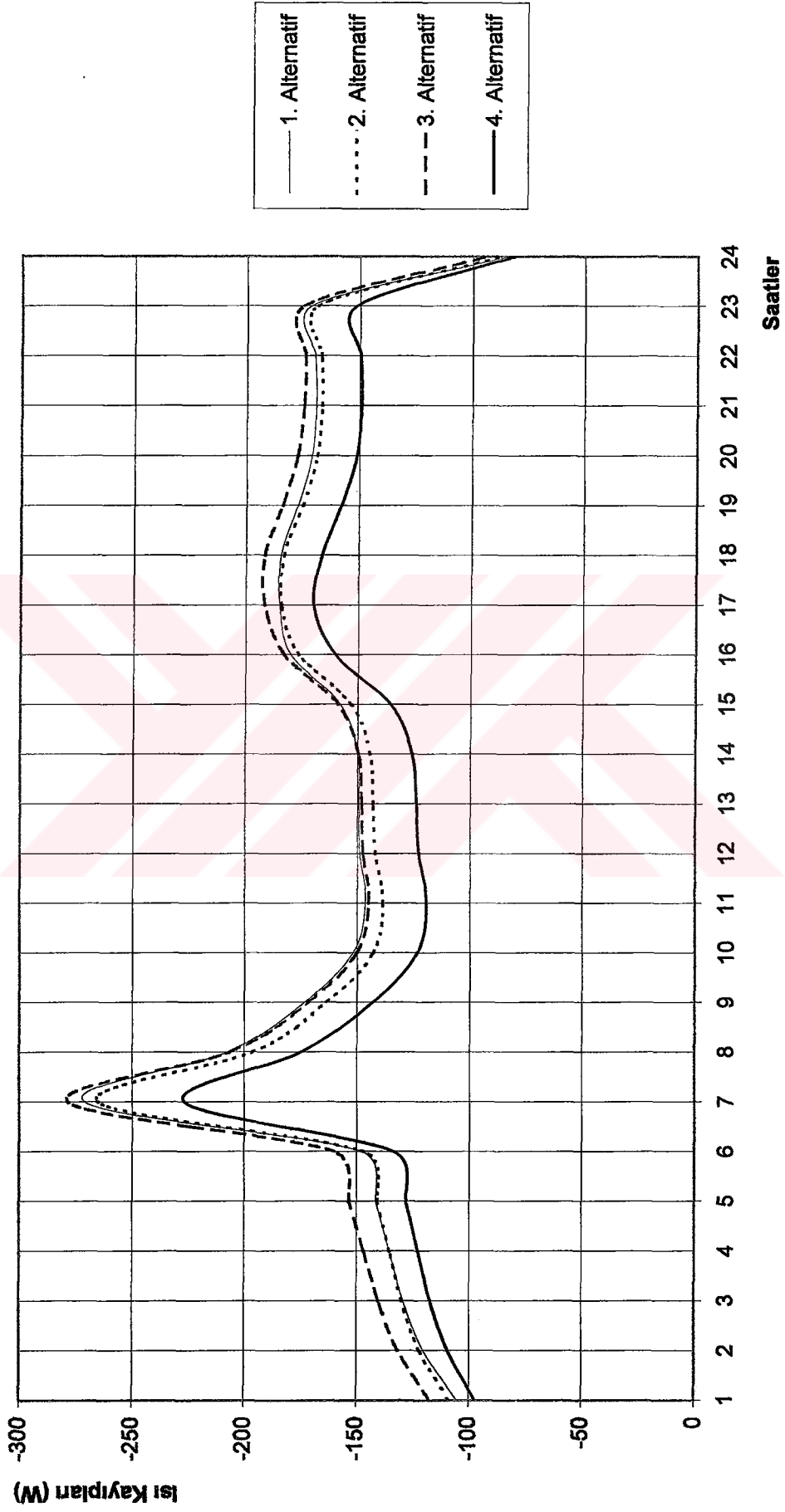
Şekil B.15. Diyarbakır - 21 Temmuz - Güney Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



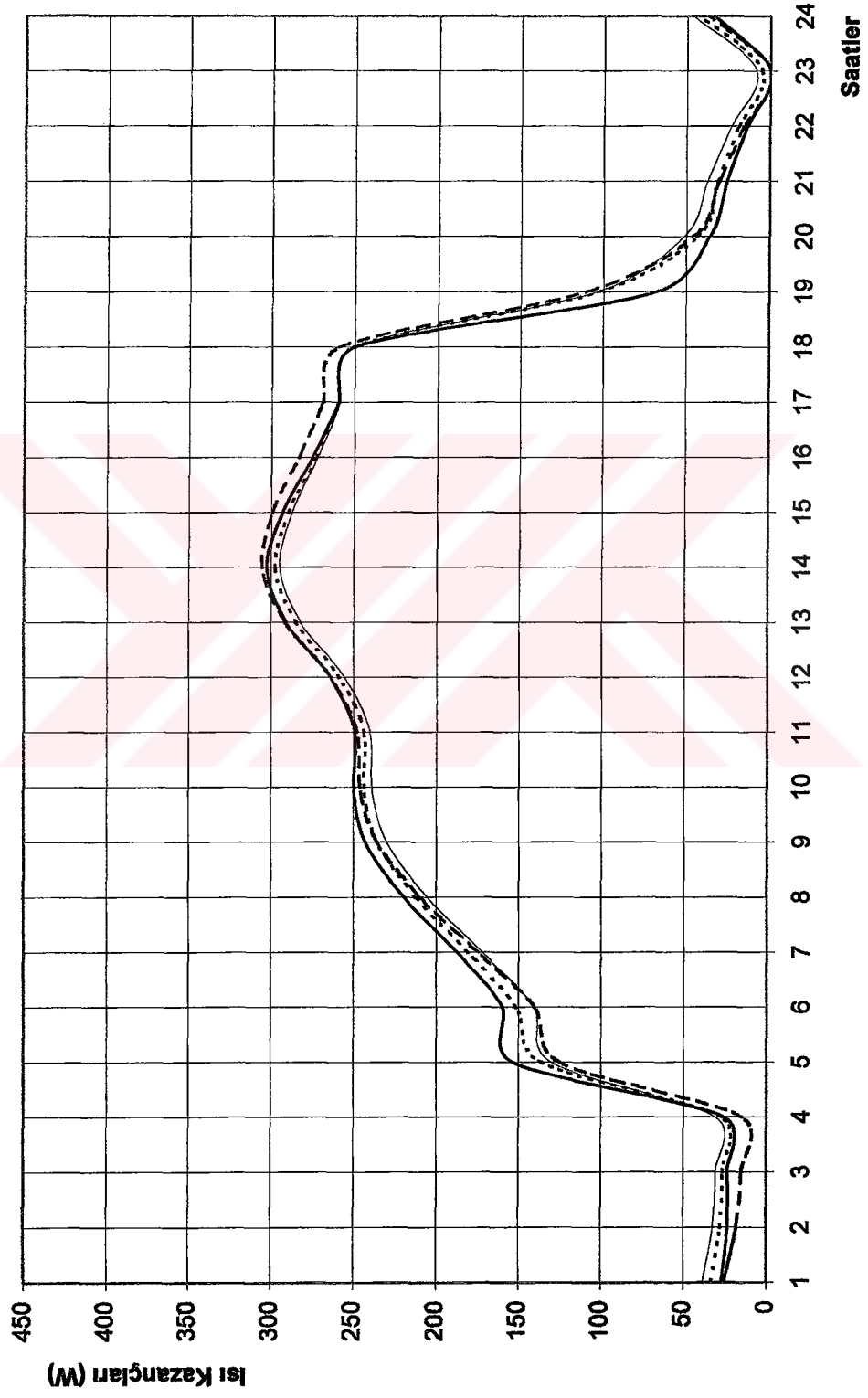
Şekil B.16. Diyarbakır - 21 Temmuz - Batı Yönü İçin Alternatiflerin Saatlik Isı Kazancı Değişimleri



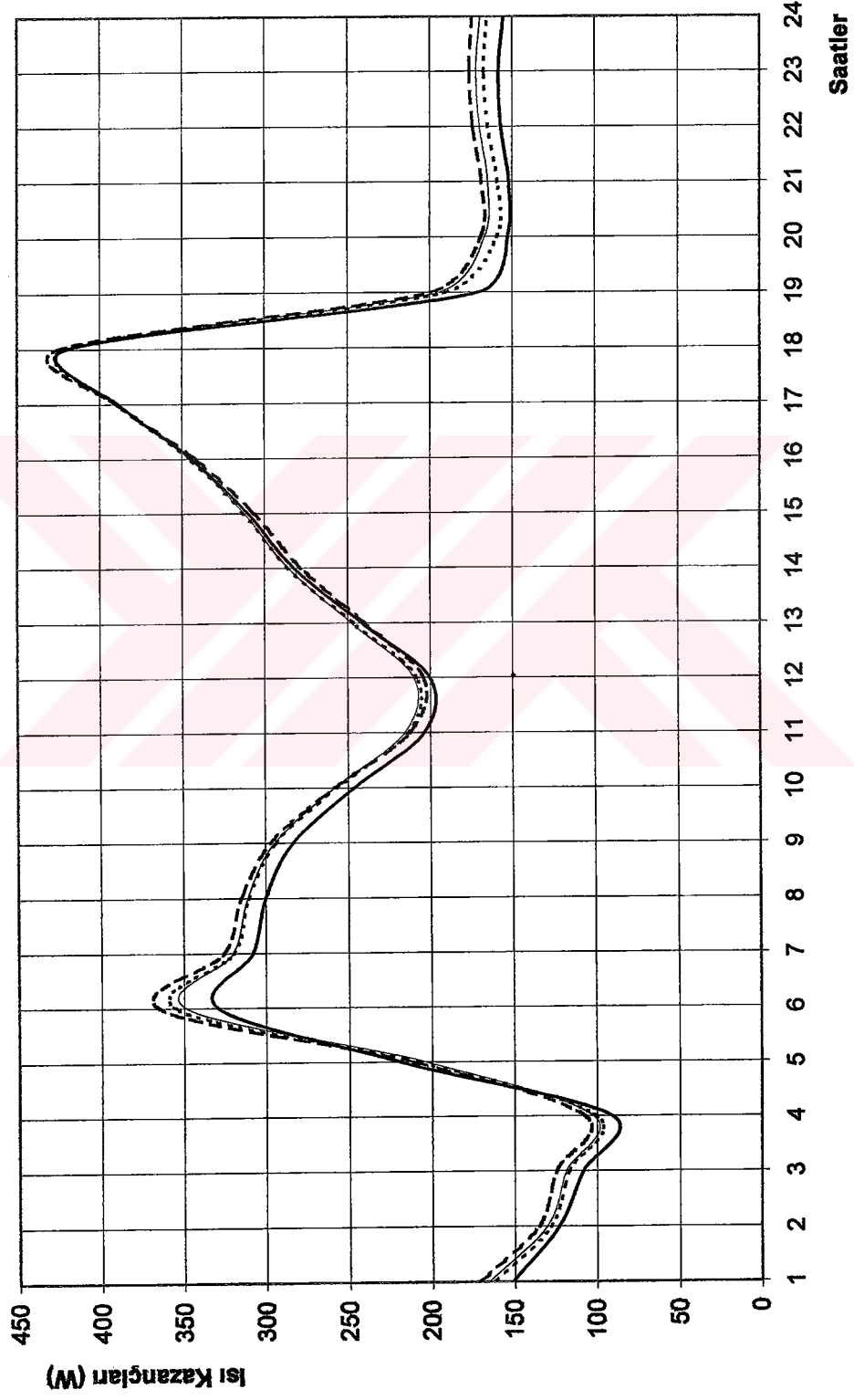
Şekil B.17. İstanbul - 21 Ocak - Günlük Isı Kaybı Değişimleri



Şekil B.18. Diyarbakır - 21 Ocak - Günlük Isı Kaybı Değişimleri



Şekil B.19. İstanbul - 21 Temmuz - Günlük Isı Kazancı Değişimleri



Şekil B.20. Diyarbakır - 21 Temmuz - Günlük Isı Kazancı Değişimleri

ÖZGEÇMİŞ

17 Ağustos 1976 tarihinde İstanbul'da doğdu. Orta öğrenimini 1994 yılında İSTEK Vakfı Özel Kaşgarlı Mahmut Lisesi'nde tamamladı. 1995 yılında İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde öğrenime hak kazandı. 1999 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.



**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**