

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

116575

İKLİMSEL KONFOR AÇISINDAN BİNA YÖNLENDİRİLMESİ
VE BİNA BİÇİMLENDİRİLMESİNİN ISITMA
MALİYETİNE ETKİSİ

U.Teoman AKSOY

DOKTORA TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YAPI RESSAMLIĞI ANABİLİM DALI

ELAZIĞ
2002

116575

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKLİMSEL KONFOR AÇISINDAN BİNA YÖNLENDİRİLMESİ VE
BİNA BİÇİMLENDİRİLMESİNİN ISITMA MALİYETİNE ETKİSİ**

U. Teoman AKSOY

DOKTORA TEZİ

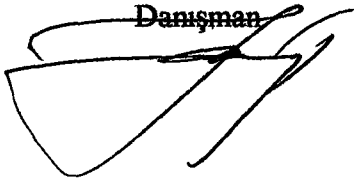
YAPI RESSAMLIĞI ANABİLİM DALI

Bu Tez,28.06.2002..... Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

İrd.Doç.Dr.Mehmet TUĞAL

Prof.Dr.Zerrin YILMAZ

Doç.Dr. Yasin VAROL

Danışman






Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / / tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET

DOKTORA TEZİ

**İKLİMSEL KONFOR AÇISINDAN BİNA YÖNLENDİRİLMESİ VE BİNA
BİÇİMLENDİRİLMESİNİN ISITMA MALİYETİNE ETKİSİ**

U. Teoman AKSOY

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Ressamlığı Anabilim Dalı

2002, Sayfa: 192

Bu çalışmada; bina biçim faktörü, bina kabuğu fiziksel özellikleri, yalıtım kalınlığı, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumu vb. pasif tasarım parametreleri ile binaların yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanabilmesinde kullanılabilecek yeni bir metot geliştirilmiştir. Metodun amacı, yıllık ısıtma enerjisi açısından bina alternatiflerinin pasif tasarım olarak gösterecekleri performansı değerlendirmek, dolayısıyla enerji tasarrufu ve ısıtma ekonomisi için projelendirme safhasında tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktır.

Çalışmada, aynı taban alanı ve üç farklı biçim faktörüne sahip bina alternatiflerindeki bina kabuğu sıcaklık dağılımları; dokuz farklı yönlendiriliş

durumuna, üç farklı saydam yüzey oranına ve beş farklı bina kabuğu detayına göre saat saat (Bir yıl=8760 saat) hesap edilmiştir. Bina kabuğunun iç yüzey sıcaklıklarına göre, opak yüzeylerden ve saydam yüzeylerden geçen ısı miktarı ve dolayısıyla binaların toplam ısıtma enerjileri ve bu değerlere de bağlı olarak bina alternatiflerinin ısıtma maliyetleri hesaplanmıştır. Elde edilen ısıtma enerjisi ve maliyeti değerlerine göre en uygun bina yönlendirilişi, yalıtım kalınlığı, saydamlık oranı ve biçim faktörü belirlenmiştir. Ayrıca ısıtma maliyeti değerlerine ve pasif tasarım parametrelerine göre bina alternatiflerinin avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır.

Bina kabuğundaki sıcaklık dağılımı hesaplamaları için bir boyutlu geçici rejim ısı iletimi, explicit sonlu fark yaklaşımı kullanılarak çözülmüştür. Çalışma, bina kabuk elemanındaki sıcaklık dağılımına göre opak yüzeylerde ve saydam yüzeylerde olan ısı geçişini hesaplayan ve sonuçları bir yıllık periyot için toplam ısıtma enerjisi miktarı olarak veren FORTRAN bilgisayar programı ile birlikte sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, Elazığ ili için örnek bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulama çalışması sonuçlarına göre; biçim faktörünün, saydamlık oranının ve özellikle bina yönlendirilişinin ve bina kabuğu detayının yıllık ısıtma enerjisi miktarına önemli oranda etkisinin olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik ve tablolar olarak gösterilmiş ve en uygun yapı tasarımı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklimsel konfor, Enerji korunumu, Güneş ışıınımı kazancı, Bina biçim faktörü, Saydamlık oranı, Bina yönlendirilişi, Pasif tasarım.

ABSTRACT

PhD Thesis

**THE EFFECT OF BUILDING ORIENTATION AND SHAPING ON THE COST OF
HEATING IN TERMS OF CLIMATIC COMFORT**

U. Teoman AKSOY



Firat University
Natural Sciences Institute
Department of Construction Design Education

2002, Page: 192

In this study is to develop a new method for the calculation of annual heating energy of the buildings depending on the passive design parameters, such as shape factor, physical properties of building envelope, insulation thickness, transparency ratio and orientation. The aim of the method is to evaluate the performance of building alternatives as passive design in terms of annual heating energy, thus help to consider the necessary precautions during the design stage for energy saving and heating economy.

In the study, the distribution of the temperatures in the building envelope is calculated hour by hour (a year=8760 hours) according to the nine different orientations, three different transparency ratios and five different building envelope details for building alternatives have three different shape factors and the same floor area. The

total heating energy amount of building alternatives are calculated with heat transfer through opaque and transparent surfaces according to the temperature distributio in the building envelope. The heating costs of the building alternatives are calculated according to total heating energy amount of buildings. The optimum combination of orientation, insulation thickness, transparency ratio and shape factor is determined according to the calculated heating energy amount and cost. Moreover, advantage and disadvantages of building alternatives are argued according to heating costs and passive design parameters.

Temperature distributions in the building envelope are calculated by using explicit finite difference approach of transient-state one-dimensional heat conduction. The study is presented with a computer programme of FORTRAN which is calculating heat transfer through the opaque and transparent surfaces according to temperature distribution in the building envelope and giving the results as total heating energy amount for a yearly period.

In this study a sample application is done for Elazığ. From the application results; it has been understood that shape factor, transparency ratio and especially orientation of building and detail of building envelope have important effect on the annual heating energy amount. The obtained results are shown in graphics and tables and suitablest building design has been determined.

Key Words : Climatic comfort, Energy saving, Solar energy gain, Shape factor of building, Transparency ratio, Orientation of building, Passive design.

ÖNSÖZ

Günümüzde yapıların, insanların iklimsel konfor ihtiyacını minimum ısıtma enerjisi tüketerek karşılaması, dolayısıyla pasif ısıtma açısından optimum performans gösteren yapıların tasarlanması zorunlu olmaktadır. Bu çalışmada da, enerji tasarruflu yapı tasarımı için projelendirme safhasında yararlı olabilecek ve mimarlık, şehircilik ve enerji mühendisliği alanlarında kullanılabilecek bir metot önerilmektedir.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösterici olan danışman hocalarım Doç. Dr. Mustafa İnallı ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Tuğal'a teşekkür eder saygılar sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında ilgi ve desteğini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Salih Yazıcıoğlu'na ve Yrd. Doç. Dr. Yaşar Bahri Ergen'e (Erciyes Üniversitesi Yozgat Müh.-Mim. Fakültesi Öğretim üyesi) teşekkür eder saygılar sunarım.

Ufuk Teoman AKSOY

Haziran 2002

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	IV
ÖNSÖZ.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
TABLolar LİSTESİ.....	XIX
SİMGELER LİSTESİ.....	XX
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KORUNUMLU YAPI TASARIMI.....	4
2.1. İklimsel Konfor İhtiyacı.....	4
2.2. İklimsel Konforu Sağlamada Etkili Olan Tasarım Parametreleri.....	5
2.2.1. Fiziksel Çevreye Ait Tasarım parametreleri.....	5
2.2.2. Binaya Ait Tasarım Parametreleri.....	6
3. YAPILARDA ISITMA ENERJİSİ KORUNUMU İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA.....	8
3.1. Güneş Enerjisi.....	8
3.1.1. Pasif Isıtma.....	9
3.2. Yatay ve Eğimli Yüzeylere Gelen Güneş Enerjisi Bileşenlerinin Hesaplanması.....	10
3.2.1. Güneş Açıları.....	10
3.2.2. Atmosfer Dışındaki Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı.....	14
3.2.3. Yatay Düzleme Gelen Günlük Tüm Güneş Işınımı.....	16
3.2.4. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınımı.....	17
3.2.5. Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayıllı Güneş Işınımı.....	18
3.2.6. Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayıllı Güneş Işınımı.....	18
3.2.7. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işınımı.....	19
3.2.8. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı.....	20
3.3. Saydam Yüzeyler.....	22
3.3.1. Ara Yüzeyin Işınımı Yansıtma Oranı.....	23

3.3.2. Saydam Yüzeyin Işınımı Yansıtma, Geçirme ve Yutma Oranı.....	25
4. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINA YÖNELİK MEVCUT ÇALIŞMALAR.....	27
4.1. Mevcut Çalışmaların Tartışılması.....	27
4.2. Önerilen Çalışmanın Literatürdeki Yeri ve Önemi.....	32
5. İKLİMSEL KONFOR AÇISINDAN BİNA YÖNLENDİRİLMESİ VE BİNA BİÇİMLENDİRİLMESİNİN ISITMA MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ İÇİN ÖNERİLEN MODEL.....	33
5.1. Sayısal Analiz.....	33
5.1.1. Geçici Rejimde Isı İletiminin Sonlu Farklarla İfadesi.....	33
5.1.2. Düzlem Duvarda Geçici Rejimde Isı İletiminin Sonlu Farklarla Çözümü.....	36
5.1.3. Bina Kabuğu Alternatiflerinin Explicit Sonlu Fark Formülasyonu.....	41
5.2. Isı Kaybı Hesabı.....	47
5.2.1. Opak Elemandan Olan Isı Kaybının Hesabı.....	48
5.2.2. Saydam Yüzeyden Olan Isı Kaybı ve Kazancının Hesabı.....	49
5.3. Isıtma Enerjisi Maliyet Hesabı.....	50
5.4. Metodun Adımları.....	51
5.5. Önkabuller ve Metodun Sınırlılıkları.....	53
5.6. Metodun Uygulanması.....	54
5.6.1. Biçim Faktörü.....	54
5.6.2. Saydamlık Oranı, Saydam ve Opak Yüzey Alanı.....	55
5.6.3. Bina Kabuğu Alternatifleri.....	58
5.6.4. Bina Alternatiflerinin Yönlendiriliş Durumu.....	59
5.6.5. Bina Kabuğunun Yalıtım Maliyeti.....	65
6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	67
7. SONUÇLAR.....	153
KAYNAKLAR.....	157
EKLER.....	160

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Güneş Işınımı Geliş Açıları.....	11
Şekil 3.2. Güneş Işınımı ve Yerküre.....	14
Şekil 3.3. Yıl Boyunca Güneş Işınımının Değişimi.....	15
Şekil 3.4. Eğik ve Yatay Düzleme Gelen Direk Güneş Işınımı.....	19
Şekil 3.5. Saydam Yüzeylere Gelen Güneş Işınımı.....	22
Şekil 3.6. Güneş Işınımının Saydam Yüzeyden Geçişİ.....	25
Şekil 5.1. Zamana Bağlı Sıcaklık Problemleri İçin Sonlu Fark Formülasyonu.....	34
Şekil 5.2. Bir Duvar Elemanda Geçici Rejimde Bir Boyutlu Isı İletiminin Sonlu Fark Formülasyonu.....	37
Şekil 5.3. Bir Duvar Elemanda Sınır Şartlarının Sonlu Fark Formülasyonu.....	39
Şekil 5.4. İki Farklı Malzemeden Meydana Gelen Bir Duvar Elemanda Ortak Yüzey Sınır Şartının Sonlu Fark Formülasyonu.....	40
Şekil 5.5. Yalıtımsız Bina Dış Kabuk Eleman Sonlu Fark Formülasyonu.....	42
Şekil 5.6. 2.5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu.....	43
Şekil 5.7. 5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu.....	44
Şekil 5.8. 10 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu.....	45
Şekil 5.9. 15 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu.....	46
Şekil 5.10. Yalıtımsız Bina Kabuğu Kesiti.....	58
Şekil 5.11. 2.5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti.....	58
Şekil 5.12. 5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti.....	58
Şekil 5.13. 10 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti.....	59
Şekil 5.14. 15 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti.....	59
Şekil 5.15(a). Biçim faktörü 1/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	60
Şekil 5.15(b). Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	61
Şekil 5.16(a). Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	62
Şekil 5.16(b). Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	63
Şekil 5.17(a). Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	64
Şekil 5.17(b). Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu.....	65
Şekil 6.1. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve	

Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	68
Şekil 6.2. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	68
Şekil 6.3. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	69
Şekil 6.4. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	69
Şekil 6.5. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20(S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	70
Şekil 6.6. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25(S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	70
Şekil 6.7. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 15(S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	71
Şekil 6.8. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20(S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	71
Şekil 6.9. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25(S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	72
Şekil 6.10. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	76
Şekil 6.11. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	76
Şekil 6.12. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	77
Şekil 6.13. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	77
Şekil 6.14. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	78
Şekil 6.15. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	78
Şekil 6.16. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	79

Şekil 6.17. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	79
Şekil 6.18. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	80
Şekil 6.19. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	80
Şekil 6.20. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	81
Şekil 6.21. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	81
Şekil 6.22. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	82
Şekil 6.23. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	82
Şekil 6.24. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	83
Şekil 6.25. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	85
Şekil 6.26. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	86
Şekil 6.27. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	87
Şekil 6.28. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	88
Şekil 6.29. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	89
Şekil 6.30. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e	

Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	90
Şekil 6.31. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	91
Şekil 6.32. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	92
Şekil 6.33. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı - Yönlendiriliş Durumu İlişkisi.....	93
Şekil 6.34. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	96
Şekil 6.35. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	97
Şekil 6.36. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	97
Şekil 6.37. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	98
Şekil 6.38. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	98
Şekil 6.39. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	99
Şekil 6.40. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	99
Şekil 6.41. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	100
Şekil 6.42. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	100
Şekil 6.43. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	101
Şekil 6.44. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk	

Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	101
Şekil 6.45. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	102
Şekil 6.46. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	102
Şekil 6.47. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	103
Şekil 6.48. Farklı Biçim faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	103
Şekil 6.49. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri	109
Şekil 6.50. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	109
Şekil 6.51. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	110
Şekil 6.52. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	110
Şekil 6.53. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	111
Şekil 6.54. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	111
Şekil 6.55. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	112
Şekil 6.56. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e	

Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	112
Şekil 6.57. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	113
Şekil 6.58. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	113
Şekil 6.59. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	114
Şekil 6.60. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	114
Şekil 6.61. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	115
Şekil 6.62. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	115
Şekil 6.63. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	116
Şekil 6.64. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	116
Şekil 6.65. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	117
Şekil 6.66. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	117
Şekil 6.67. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş	

Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	118
Şekil 6.68. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	118
Şekil 6.69. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	119
Şekil 6.70. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	119
Şekil 6.71. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	120
Şekil 6.72. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	120
Şekil 6.73. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	121
Şekil 6.74. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	121
Şekil 6.75. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri.....	122
Şekil 6.76. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Dış kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	124
Şekil 6.77. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Dış kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	124
Şekil 6.78. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	125

Şekil 6.79. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	125
Şekil 6.80. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	126
Şekil 6.81. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	126
Şekil 6.82. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	127
Şekil 6.83. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	127
Şekil 6.84. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydırlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	128
Şekil 6.85. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	130
Şekil 6.86. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	131
Şekil 6.87. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	131
Şekil 6.88. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	132
Şekil 6.89. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	132
Şekil 6.90. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	133
Şekil 6.91. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	133
Şekil 6.92. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	134
Şekil 6.93. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	134
Şekil 6.94. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydırlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	135

Şekil 6.95. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	135
Şekil 6.96. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	136
Şekil 6.97. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	136
Şekil 6.98. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	137
Şekil 6.99. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	137
Şekil 6.100. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	140
Şekil 6.101. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	140
Şekil 6.102. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	141
Şekil 6.103. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	141
Şekil 6.104. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	142
Şekil 6.105. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	142
Şekil 6.106. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	143

Şekil 6.107. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	143
Şekil 6.108. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	144
Şekil 6.109. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	144
Şekil 6.110. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	145
Şekil 6.111. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	145
Şekil 6.112. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	146
Şekil 6.113. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	146
Şekil 6.114. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri.....	147

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1. Bazı Saydam Maddelerin Kırma İndisleri ve Yutma Katsayıları.....	24
Tablo 5.1. Çalışmada Kullanılan Bina Kabuğu Malzemeleri ve Fiziksel Özellikleri....	59
Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Yalıtım Malzemesi Maliyet Değerleri.....	66
Tablo 5.3. Çalışmada Ele Alınan Bina Alternatiflerine Ait Toplam Yalıtım Malzemesi Maliyeti Değerleri.....	66
Tablo 6.1. Bina Alternatiflerinde Minimum ve Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisinin Gerçekleştiği Yönlendiriliş Durumları.....	73
Tablo 6.2. Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Bina Yönlendiriliş Durumu Tercih Sırası..	84
Tablo 6.3. Bina Kabuğu Özelliğine Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı.....	129
Tablo 6.4. Saydamlık Oranına Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı.....	138
Tablo 6.5(a). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı	148
Tablo 6.5(b). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı.....	149
Tablo 6.5(c). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı.....	150
Tablo 6.6(a). 2.5 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı.....	151
Tablo 6.6(b). 5 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı.....	151
Tablo 6.6(c). 10 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı.....	152
Tablo 6.6(d). 15 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı.....	152
Tablo EK-2.1. Çalışmada ve TS 825 Hesap Metoduna Göre Hesaplanan Bina Alternatiflerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi ve Isı İletim Katsayısı Değerleri.....	192

SİMGELER LİSTESİ

A_y	: Cismin güneş ışınlamını yutma oranı
a_1	: Yutma katsayısı (m^{-1})
B_y	: Tüketilen yakıt miktarı (kg/yıl)
C	: Özgül ısı ($J/kg\ ^\circ C$)
f	: Güneş sabitini düzeltme faktörü
H_u	: Tüketilen yakıtta ait alt ısı değeri (kcal/kg)
h_i	: İçteki taşınım katsayısı ($W/m^2\ ^\circ C$)
h_d	: Dıştaki taşınım katsayısı ($W/m^2\ ^\circ C$)
I	: Eğik düzleme gelen anlık tüm güneş ışınlamı (W/m^2)
I_a	: Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışınlamı (W/m^2)
I_d	: Yatay düzleme gelen direk güneş ışınlamı (W/m^2)
I_{ed}	: Eğik düzleme gelen direk güneş ışınlamı (W/m^2)
I_{ey}	: Eğik düzleme gelen yayılı güneş ışınlamı (W/m^2)
I_{gs}	: Güneş sabiti ($= 1353\ W/m^2$)
I_o	: Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen anlık güneş ışınlamı (W/m^2)
I_y	: Bir anda birim yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışınlamı (W/m^2)
I_{ya}	: Eğik düzleme yansıyarak gelen güneş ışınlamı (W/m^2)
k	: Isı iletim katsayısı ($W/m^\circ C$)
K_t	: Berraklık indeksi
L	: Duvar kalınlığı, saydam örtünün kalınlığı (m)
L_1	: Işınlamın katettiği mesafe (m)
M_d, M_y	: Işınlamın dik ve yatay bileşenlerinin yansıtılma oranı
Q	: Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışınlamı (MJ/m^2 -gün)
Q_o	: Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışınlamı (MJ/m^2 -gün)
Q_y	: Yatay düzleme gelen yayılı ışınlamı (MJ/m^2 -gün)
P	: Çevrenin (yerin) yansıtma oranı
p	: Ara yüzeyin ışınlamı yansıtma oranı

R	: Cismın güneş ışıınıını yansııma oranı
r_t	: Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışıınıı ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{-gün}$)
T	: Cismın güneş ışıınıını geçirme oranı
T_{di}	: Kabuk elemanın iç yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_i	: İç ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_d	: Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
t	: Güneşlenme süresi
t_g	: Gün uzunluğu
w	: Saat açısı
w_s	: Güneş batış saat açısı
z	: Şehrin yüksekliği
α	: Isıl difüzyon katsayısı (m^2/s)
$\alpha_d, \alpha_y, \alpha_{ya}$	: Cismın, direk, yayılı ve yansıyarak gelen ışıınıını yutma oranı
γ	: Yüzey azimut açısı
β	: Eğim açısı
δ	: Denklinasyon açısı
η_u	: Verim
θ	: Güneş geliş açısı
θ_g	: Ara yüzeye gelen ışıınıının geliş açısı
θ_k	: Kırılma açısı
θ_z	: Zenit açısı
ρ	: Yoğunluk (kg/m^3)
τ	: Saydam yüzey içerisinde ışıınıının kat ettiğı mesafe boyunca geçirilen oranı
$\tau_d, \tau_y, \tau_{ya}$	: Cismın, direk, yayılı ve yansıyarak gelen ışıınıını geçirme oranı
ϕ	: Enlem açısı

1. GİRİŞ

İnsanların yaşadığı çevredeki özel şartlar nedeni ile korunma ihtiyacı çeşitli boyutlar kazanmış olmasına karşın, yaşam güvencesi, üretim, iklimsel etkilerden korunma gibi boyutlar önemini hiçbir zaman kaybetmemiştir. Kullanılan teknoloji ise barınmak için kapalı bir çevre meydana getirilmesinde daima belirleyici bir öğe olmuştur. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yaşayan insan topluluklarının meydana getirmiş oldukları bina düzenlemelerine bakıldığında, gerek biçim gerekse bina kabuğu bakımından birbirinden oldukça farklılıklar gösterdikleri ve mekanların kullanım amacı ile iklimsel şartlar arasında vazgeçilmez bir birlikteliğin olduğu göze çarpmaktadır. İlk çağlardan bugüne, insanlar tarafından kullanılan mekanların belirlenmesinde işlevsel ve iklimsel faktörlerin, önem sıraları değişmiş olsa da, birlikte ele alındığını söylemek de vazgeçilmez bir gerçektir. Bu birliktelik ve farklılıkların temel sebebi; insanların, “iklimsel konfor” yönünden kontrol edilmiş bir iç çevre sağlama isteğidir.

Binalarda iklimsel konforu yılın her döneminde sağlamak için yapma enerji kaynaklarından yararlanmak gerekli olmaktadır. Ancak bu kaynakların hızla tükenmesi, maliyetlerinin artması ve insan sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşan hava kirliliği karşımıza önemli bir problem olarak çıkmaktadır. 1970 'li yıllardaki enerji krizi öncelikle gelişmiş ülkelerde, yeni modellerin araştırılmasını zorlamış, bir yandan tutumlu olunurken diğer yandan yeni ve yenilenebilir kaynaklara yönelinmiştir. Bu nedenle, birçok ülke toplam enerji kullanımını ve yakıt ithalatını azaltmak amacıyla yapılarda tüketilen enerji miktarının kontrol etmek ve sınırlandırmak yoluna gitmiştir.

Tüketilen enerjinin % 30-40 dolaylarındaki bölümünü kullanan yapılar, ülkelerin ekonomi programlarının ana hedeflerinden birini oluşturmaktadır. Bu sebeple, ısıtma enerjisi kaynaklarının kullanımını azaltan, dolayısıyla ısıtmanın istendiği dönemde ısı kayıplarını minimize eden ve yapıda enerji tasarrufu sağlayan bina tasarımı zorunlu olmaktadır. Yapılarda enerjinin akılcı kullanımı ile ısı kayıpları ve bağlı olarak hava kirliliği azaltılabilmektedir. Bu amaçla, pek çok ülkede ve ülkemizde ısı yalıtımı için çeşitli yönetmelikler uygulamaya konulmuştur. Ancak, yapıların ısıtılması için tüketilen enerjinin korunması yalnızca ısı kayıplarının azaltılması ile değil, aynı zamanda pasif yöntemler kullanılarak da sağlanabilmektedir. Bina kabuğu, bina biçimi ve iç bölme

elemanlar projelendirme aşamasında yapılabilecek düzenlemelerle güneş ışınlarının yapı ile etkileşimi bir ölçüde denetlenebilmekte ve özellikle pasif sistemlerde ısı kayıp ve kazançları ayarlanabilmektedir. Enerji tasarruflu bina tasarımında ise bina içi ve bina dışı çevrenin kontrol edilmesi önemli bir etkidir. Bu çerçeve içerisinde, bina içerisinde insanların konfor şartlarını sağlayabilmek için bina dışı çevre faktörlerinden gerektiğinde yararlanılması, gerektiğinde korunulmasına imkan veren bir koordinasyondan söz etmek doğru olacaktır. Bu koordinasyonun sağlanmasındaki en önemli faktör, binanın içerisini dış çevreden ayıran, saydam ve opak bileşen olarak adlandırdığımız bölümlerden meydana gelen bina kabuğudur. İklimsel çevre faktörlerinin kontrolünde, dolayısıyla yapıdaki ısı enerjisi kayıp ve kazançlarının sağlıklı olarak belirlenmesinde bina kabuğunun göstereceği performans önemli bir parametredir.

Binaları dış çevreden ayıran kabuk, sürekli olarak değişen çevre sıcaklığı ve güneş ışıınımı ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim sonucu kabuğun dış yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ve bu yüzeyden transfer edilen ısı akısı zamana bağlı olarak sürekli değişir. Bu değişim bina içinin şartlarını önemli ölçüde etkiler. Bina içi şartlarının konfor şartlarına uygun halde tutulması gerektiğinden, özellikle ısı depolayan opak yüzeyler ile saydam yüzeylerden transfer edilen ısı akısının ve zamanının bilinmesi konfor şartlarının sağlanmasında önemlidir. Bilindiği gibi bina ısı kayıp ve kazançlarının hesaplanmasında; çevre sıcaklığı, güneş ışıınımı şiddeti, bina içi şartları, bina kabuğunu oluşturan yapı malzemesinin özellikleri, saydam yüzeylerin oranı, yalıtım kalınlığı, bina biçim faktörü, binanın yönlendiriliş açısı ve rüzgar önemli parametrelerdir. Bu parametrelerin, ısı akısına olan etkilerinin araştırılması hem sağlıklı, düzenli, ekonomik bir ortam sağlayacağı gibi hem de gerekli pasif ve aktif önlemlerle projelendirme aşamasında enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Binalardaki ısı kayıp ve kazançların daha çok bina kabuğunda meydana geldiğini ve kabukta meydana gelen ısı geçişinin, güneş ışıınımı açısının göstereceği değişime bağlı olduğunu dikkate alan ısı geçişi problemlerinde, iklim ve zaman değişkeni, çok boyutluluk ve farklı şartlar için kontrol edilememe gibi temel güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu güçlükleri gidermek için literatürde yapılan analizler ön kabuller içermektedir. Her metotta farklı olan ön kabullerden dolayı değişik noktalarda farklı sonuçlar alınmaktadır. Bu nedenle, yapılarda ısı geçişi problemlerinin çözümünde

gerçekçi sonuçların alınabilmesi için izlenecek yolun seçiminde uygulamanın niteliği önem kazanmaktadır. Genel olarak yapılarda enerji analizlerinin birkaç kademede ele alınabileceği görüşü yaygınlık kazanmıştır (Wals ve Delsante, 1983). Bu görüşe göre birinci kademede yapının ısı davranışı her yüzey için ayrı ayrı hesaplanmakta, daha sonra tasarlanan sistem ile ilişki kurularak enerji tüketimi hesaplanmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın amacı da, bina içerisinde iklimsel konforun sağlanması esas alınarak, yılın 365 gününe ait saatlik olarak değişen dış ortam sıcaklığı, güneş ışınlama şiddeti ve rüzgar hızı gibi iklimsel veriler ile geçici rejim bir boyutlu ısı iletim denkleminin sonlu farklarla çözülmesi sonucu bulunan kabuk iç yüzey sıcaklıklarına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisine; biçim faktörü, yönlendiriliş açısı, saydamlık oranı, kabuk fiziksel özellikleri ve yalıtım kalınlığı gibi pasif tasarım parametrelerinin etkilerini tespit etmek ve gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktır.



2. ENERJİ KORUNUMLU YAPI TASARIMI

Günümüzde insanların iklimsel konfor durumunda bulundurulmasının, insan performansı ve iş verimi açısından önemli olduğu anlaşılmıştır. Fakat ısıtma ve iklimlendirme enerjisi ihtiyacında görülen artışa karşın ısıtma ve iklimlendirme de kullanılan enerji kaynakları (kömür, petrol v.b.) azalmaktadır. Dolayısıyla bu tür kaynakların maliyetlerinin artması, hava kirliliğinin insan sağlığını bozan düzeye ulaşması ve hava kirliliğini azaltıcı önlemlerin getireceği maliyet enerji harcamalarının minimum düzeye indirilmesini zorunlu kılmaktadır. Enerji etkin bina tasarımının asıl gerekçesi de iklimsel konforu minimum mekanik enerji ile sağlamak ve ısıtma maliyetlerini düşürmektir. Bu nedenle çevreyi kirliletmeyen ve üretim maliyeti minimum olan doğal enerji kaynaklarının kullanımı tercih edilerek ısı enerjisi sağlamada, “güneş enerjisi” gibi iklimsel elemanların etkilerinin binalar aracılığıyla optimizasyonu gerekli olmaktadır. Dolayısıyla iklimsel elemanlar pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemini aktive eden kaynaklar olarak düşünülmelidir.

2.1. İklimsel Konfor İhtiyacı

Enerji kullanımını zorunlu kılan faktörlerden başlıcası iklimsel konfor ihtiyacıdır. İklimsel konfor, belirli bir eylem gerçekleştirmekte olan insanın, bedensel ve zihinsel performansını en az enerji sarf ederek istenen düzeyde gerçekleşmesi olarak özetlenebilir (Yıldız, 1989). İnsan sağlığı ve konforunda sürekliliğin sağlanması için iklimsel konfor şartlarının bina içerisinde gerçekleştirilmesi zorunludur. Bina içinde konfor şartlarının gerçekleştiği durumlarda, insanın ruhsal, fiziksel ve sosyal performansı maksimum düzeye erişir.

- İç hava sıcaklığı,
- bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı,
- nem ve hava hareketi

gibi iç iklimsel bileşenler, İnsanların;

- aktivite düzeyi,

- giysilerin ısı yalıtım direnci ve
- kişinin duruş şekli

gibi kişisel faktörlere bağlı olarak iklimsel konfor üzerinde etkili olurlar. Dolayısıyla iklimsel konfor şartları;

- Bina içinde iklimsel konfor standartlarının saptanmasına,
- İklimsel açıdan konforlu olması ve enerji tüketiminde minimizasyon sağlaması istenen binalar ve yerleşme birimleri için önerilebilecek tasarım kriterlerine,
- Binaların ve yerleşme birimlerinin iklimsel konfor ve enerji tüketimi açılarından değerlendirilmesinde kullanılabilecek kriterlerin belirlenmesine

temel teşkil ederler. Özellikle günümüz şartlarından dolayı enerji korunumlu yapı tasarımı sürecinin başlangıç aşamasını oluştururlar.

2.2. İklimsel Konforu Sağlamada Etkili Olan Tasarım Parametreleri

İklimsel konforu sağlamada ve dolayısıyla enerji korunumu sürecinde etkili olan tasarım parametreleri, dış iklim şartları gibi fiziksel çevreye ait tasarım faktörleri ve binaya (hacim, yerleşme birimi) ait tasarım faktörleri olarak iki ana grupta ele alınabilirler.

2.2.1. Fiziksel Çevreye Ait Tasarım Parametreleri

Fiziksel çevreye ait tasarım parametreleri şöyle sıralanabilir:

- . Güneş ışıınımı şiddeti
- . Dış hava sıcaklığı
- . Dış hava nemliliği
- . Rüzgar

Bir yapı yüzeyini etkileyen güneş ışıınımı; direkt, yaygın ve yansıyan ışıınım olmak üzere üç ayrı bileşenden oluşur. Bunların ölçümleri meteoroloji istasyonları tarafından yapılmaktadır.

Dış hava sıcaklığı, güneşin yükseliş açısına bağlı olarak, periyodik olarak değişen ve 24 saatlik periyotlarla tekrarlanan bir iklim elemanıdır. Gün boyunca sinüzoidal bir değişim eğrisi gösterdiği bilinmektedir. Birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de 24 saatlik değerler meteoroloji istasyonlarında ölçülmekte ve meteoroloji bültenlerinde yayınlanmaktadır.

Dış hava nemliliği, yeryüzündeki çeşitli kaynaklardan buharlaşarak havaya karışan su miktarının buhar basıncı veya oran olarak ifade edilmesidir. Türkiye’deki çeşitli meteoroloji istasyonlarında günün belirli saatlerinde dış hava bağıl nemlilik okumaları yapılmakta ve aylık ortalama değerler olarak bültenlerde yayınlanmaktadır.

Hava hareketi olan rüzgar, iklimsel konfor açısından kontrol edilmesi güç bir elemandır. Ancak binaların ve yerleşmelerin yönlendirilmesinde mutlaka dikkate alınması gereklidir. Bu konuda çalışan araştırmacılar rüzgarı;

- . Yönü,
- . Hızı,
- . Esme adedi,
- . Karakteri (serin veya sıcak, kuru veya nemli)

gibi başlıklar altında tanımlamaya çalışmışlardır. Türkiye’de de yayınlanan meteoroloji bültenlerinde rüzgarın yönlere göre esme adedi ve hız değerleri verilmektedir (Yıldız, 1989).

2.2.2. Binaya Ait Tasarım Parametreleri

Binaya ait tasarım parametreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- . Bina yönü
- . Bina biçimi
- . Bina kabuğu
 - opak ve saydam bileşenlerin fiziksel özellikleri
- . Binanın diğer binalara göre konumlandırılış durumu

Güneş ışıınının direkt bileşeni doğrusal olduğundan, farklı yönlere bakan yüzeyleri etkileyen güneş ışıını şiddeti de farklı olacaktır. Bu nedenle binaların güneş ışıınından kazandığı ısı miktarı, binanın dış duvarının baktığı yönün bir fonksiyonudur

ve binadaki iklimsel konforu etkileyen önemli bir faktördür (Berköz, 1983). Aynı şekilde rüzgarın serinletici etkisi de yöne göre değişkenlik gösterir. Dolayısıyla bu iki değişkenin etkisi iklimsel konfor ihtiyaçlarına bağlı olarak binanın yönü aracılığıyla optimize edilebilirler.

Binanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları, binayı çevreleyen kabuk elemanın yüzey alanını belirleyen değişkenlerdir. Binanın taban alanı sabit kalsa bile, binanın genişliğinin derinliğine oranı olan “biçim faktörü” farklı olabilir. Tasarım sürecinde en uygun pasif ısıtma sisteminin seçilebilmesi için farklı biçim faktörlerine sahip binaların pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bina biçim faktörü; kabuk eleman yüzey alanının değişimini, geçen ısı miktarını, iç hava sıcaklığını ve dolayısıyla iklimsel konforu etkileyen bir başka tasarım faktörüdür.

Pasif ısıtma işlevi açısından bina kabuğunun tanımlanması, fiziksel özellikler aracılığıyla yapılabilir. Bina kabuğu fiziksel özellikleri, birim alandan dış hava sıcaklığı ve güneş ışıınımı etkileri ile kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarının belirleyicileridir. Bir binanın, çevresi ile yaptığı ısı alış verişinin hemen hemen tamamı kabuk elemanları yoluyla olmaktadır. Opak ve saydam bileşenlerden oluşan kabuk elemanların ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikler şunlardır:

- a) Saydam bileşen türünün seçilmesi.
- b) Camın güneş ışıınımına karşı yutma, yansıtma ve geçirme özelliklerinin hesaplanabilmesi için camın kalınlığı, kırılma indisi ve azaltma katsayısı belirlenmelidir.
- c) Saydamlık oranı değişim alan ve aralıklarının seçilmesi. Saydamlık oranı, saydam bileşen alanının tüm cephe alanına oranıdır. Saydamlık oranı alternatifleri oluşturulurken doğal aydınlatma açısından belli bir değerin altına düşmemek yararlı olmaktadır.
- d) Opak bileşen türünün seçilmesi. Opak bileşen türüne ait yutma katsayısı, yoğunluk, özgül ısı ve ısı iletim katsayısı gibi fiziksel özelliklerin ve varsa yalıtım elemanı türü, kalınlığı ve teknik özelliklerinin belirlenmesi gerekir.

Tüm bu fiziksel özelliklere bağlı olarak, kabuğun opak ve saydam yüzeylerinden geçen ısı miktarı, iç hava sıcaklığının değişimini etkiler. Dolayısı ile bina kabuğunun fiziksel özellikleri iklimsel konforu etkileyen önemli faktördür.

3. YAPILARDA ISITMA ENERJİSİ KORUNUMU İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANMA

3.1. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en çok ilgi gören ve uygulama alanı bulunan şüphesiz güneş enerjisidir. Bol ,temiz, tükenmeyen ve yerel uygulamalar için uygun bir kaynak oluşu, dışa bağımlı olmayışı, sistemlerin düşük işletme giderleri ile çalışması gibi üstünlüklerine karşılık, yüksek yatırım maliyetleri, kesintili ve değişken karakteri yüzünden yedek sistemlere bağımlılığı ve düşük yoğunluğu nedeni ile geniş ve serbest alanlara ihtiyaç göstermesi bugün için güneş enerjisinin yaygın olarak kullanılmasını engellemekte ise de, fosil yakıtlardaki fiyat artışlarına bağlı olarak güneşli tasarımların sayısı her geçen gün artmaktadır.

Güneş ışınımının yeryüzündeki dağılımı bölgelere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Türkiye'nin bir bölümü de güneş kuşağı adı verilen bölgede bulunmakta ve güneş enerjisi miktarı ve güneşlenme süresi bakımından orta zenginlikte olduğu kabul edilmektedir (Kılıç ve Öztürk,1983).

Ülkelerin bu enerjiden yararlanma yollarındaki öncelik sırası, güneşin o ülkedeki gücü, mevcut bilgi birikimi, teknolojik düzey ve sektörel enerji taleplerindeki artışlar göz önüne alınarak belirlenmektedir. Bu durumda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin güneş enerjisinden beklentileri farklı olmaktadır. Gelişmiş ülkeler çalışmalarını yüksek ve pahalı teknoloji gerektiren,

- Yüksek sıcaklıklı ısı çevirimli sistemlere,
- Yapılarda pasif ve aktif sistemlerin birleşik kullanımına,
- Işınımın yetersiz olduğu dönemler için ısı enerjinin depolanması,
- Güneş enerjisini fosil yakıtlarla rekabet edebilecek düzeyde verimli ve ekonomik kılabilecek

araştırmalara yönelmişlerdir.

Gelişmekte olan ülkeler ise güneş enerjisinin düşük yoğunluklu ve kesintili özelliği ile doğal bir uyum sağlayacak çalışmalara ağırlık vermektedirler.

Yapılarda güneş enerjisinden yararlanma metotları üç grupta toplanabilir:

1) Pasif sistemler

- Enerji korunumlu bina geometrisi,
- Mekanik enerjiye ihtiyaç göstermeyen, yapı ile bütünleşmiş toplama ve depolama

2) Pasif ve aktif sistemlerin birleşik kullanımı

- Mekanik enerjiye ihtiyaç gösteren, yapı ile bütünleşmiş toplama ve depolama

3) Aktif sistemler

- Mekanik enerjiye ihtiyaç gösteren ancak yapı ile bütünleşmemiş toplama ve depolama (Elagöz, 1989).

Güneş enerjisinin düşük yoğunluklu olma özelliği, bu kaynaktan yararlanabilmek için geniş ve serbest alanlara ihtiyaç göstermekte, buna karşılık nüfusun yoğun olduğu büyük şehirlerde bu alanlar kolayca bulunamamaktadır. Ayrıca güneş enerjisinin kesintili ve değişken oluşu, yapıların ısıtılması gibi enerjiye ihtiyaç duyulan mevsimler ve saatlerde en az olması, enerji depolamayı ve alışılmış bir sistemin her zaman yedekte bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu ise aktif sistemlerin yatırım maliyetlerini arttırmakta, geri dönüşüm süresini uzatmakta ve aktif sistemlerin yapı ile bütünleşmesini güçleştirmektedir. Bu nedenlerle yapının bütününe toplayıcı ve depolayıcı olarak tasarlandığı pasif sistem uygulamaları, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki toplu konut uygulamalarında giderek önem kazanmaktadır.

3.1.1. Pasif Isıtma

Pasif sistemlerle ilgili olarak geçerli olan kavramlar Olgyay ve Olgyay (1963) ve Anderson (1977) tarafından sunulmuş ve birçok araştırmacı tarafından da günümüze taşınmıştır. Pasif ısıtmaya olan ihtiyaç iklim özelliklerinin yanı sıra, kullanıcılar, makine-teçhizat v.b. iç kaynakların ürettiği ısıya bağlı olarak belirlenmektedir. İklim özellikleri ile ilgili konular Bölüm 2 'de açıklanmıştır. Pasif ısıtmanın güneşe bakan camlı yüzeylerle sağlanması, manzara ve doğal aydınlık için de gerekli olan cam yüzey alanının ısı ve görsel konfor şartlarını sağlaması, iklimsel konfor açısından olması istenendir (Balcomb ve Jones, 1988).

Doğrudan kazançlı pasif ısıtma sistemlerinde, cam yüzeyler toplayıcı gibi davranmakta ve güneş gören döşeme ve duvar elemanlar bir ölçüde ısı depolamaktadır. Güneş ışıının istenmediği durumlar için saçaklar, yatay ve düşey güneş kırınlar gibi engeller kullanılmakta, buna karşılık güneş ışıının istendiği soğuk aylarda cam yüzeylerde olan ısı kaçıı yalıtım elemanları ile önlenmektedir.

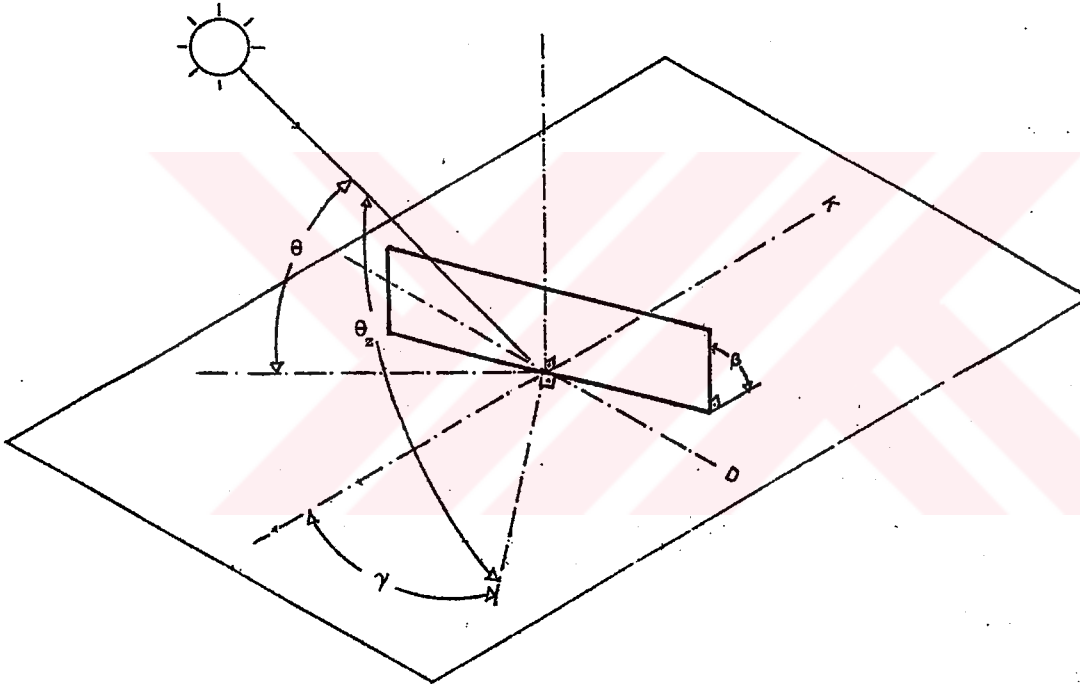
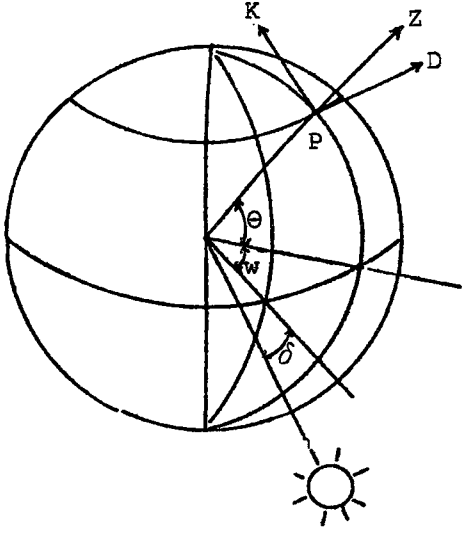
Pasif ısıtma ihtiyacına bağı cam yüzey alanı ısı ve ekonomik kriterlere göre tayin edilmekte ve hesaplamalar sonucunda bulunan cam yüzeyi alanının sınır değerleri aşması halinde ise iç konfor şartlarının sağlanması için dolaylı pasif ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla limonluklar, çakıl yatakları ve ısı depolama özelliğı yüksek olan Trombe-Michel duvarı kullanılmaktadır (Duffie ve Beckman, 1980).

3.2. Yatay ve Eğimli Yüzeylere Gelen Güneş Enerjisi Bileşenlerinin Hesaplanması

Yeryüzündeki bir yüzeye gelen güneş enerjisi miktarı, yüzeyin bulunduğu yöreye, konuma ve güneşin geliş açısına bağı olarak değişir. Bu değişimlerin incelenmesi farklı yöntemlerle mümkün olmaktadır. Bu yöntemlerden biri yüzey üzerine düşen güneş enerjisi miktarını hesaplamalarla tespit etmek olup, diğer bir yöntem ise ölçüm cihazlarının kullanılmasıdır. Bu çalışmada, yüzeye gelen güneş ışıını için hesap yöntemi kullanılmış ve aşağıdaki bağıntılardan faydalanılmıştır.

3.2.1. Güneş Açıları

Herhangi bir yönlendiriliş durumundaki yüzeye göre güneşin anlık durumu pek çok açı ile tanımlanmaktadır (Duffie ve Beckman, 1980). Bu açılar Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Güneş Işınımı Geliş Açıları

- Güneş geliş açısı (θ):

Söz konusu düzlemin yani eğik düzlemin normali ile direkt güneş ışınımı arasındaki açıdır. Bilindiği güneş ışınları yerkürenin yüzeyine, biri doğrudan diğeri dolaylı olmak üzere iki değişik yoldan gelir. Eğer güneş ışınları atmosfer içinde hiçbir sapmaya uğramadan yeryüzüne gelirlerse buna direkt güneş ışınımı denir. Eğer güneş

ışınları atmosfer içinden geçerken yönlerini ya yansıma ya da saçılma nedeni ile değiştirerek yeryüzüne ulaşırlarsa buna da yayılı ışıınım denir. verilen herhangi bir zamanda, yeryüzünde herhangi bir yerde, verilen yatay ile eğimi herhangi bir değer alan ve herhangi bir yöne bakan eğik bir düzleme gelen direkt güneş ışıını aşığıdaki Benford ve Boch'e göre verilen bağıntı ile hesaplanır (Atagündüz, 1989).

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta - \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega \quad (3.1)$$

- Denklinasyon açısı (δ):

Bu açı dünyanın dönme ekseninin yörünge düzlemine normali ile yaptığı açıdır. Bir başka deyişle, güneş ışıınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır ve -23.45 ve $+23.45$ arasında değişen değerler alır. Denklinasyon açıları astronomlar tarafından ölçülür ve bu ölçülen değerlere en yakın değerler veren bağıntı aşığıda verilen Cooper'ın amprik denklemidir. n , 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere;

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (3.2)$$

- Saat açısı (w):

Dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüşünün saatte 15° lik bir açıyı karşıladığı hesabı ile, güneşin yatay izdüşümünün, üzerinde bulunan meridyenden açısal uzaklığını ifade eden bu açı, öğleden evvel negatif (-), öğleden sonra pozitif (+) olarak alınır. Güneş öğlesinde $w = 0^\circ$ dir.

$$w = 15(GS-12) \quad (3.3)$$

Burada GS güneş saatidir.

Güneş doğuş ve batış saat açısı,

$$\cos w_s = - \frac{\sin \delta \cdot \sin \phi}{\cos \delta \cdot \cos \phi} = - \tan \delta \tan \phi \quad (3.4)$$

şeklinde tanımlanır. Gün uzunluğu ($|\cos w_s| \leq 1$ olduğundan 15^0 saat açısı 1 saat zamana eşit),

$$t_0(\text{saat}) = 2/15 w_s(\text{drc}) = 2/15 \arccos(-\tan \delta \tan \phi) \quad (3.5)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

- Zenit açısı (θ_z):

Direkt güneş ışınlamalarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Diğer bir deyişle güneş ışınlamalarının yatay düzleme geliş açısıdır. Yatay düzleme güneş ışınlamaları dik geldiği zaman $\theta_z = 0^0$ dir. Güneşin doğuşunda ve batışında $\theta_z = 90^0$ olur. Yüzey eğim açısının $\beta = 0^0$ olduğu yatay düzlemlerde geliş açısı (θ) zenit açısına eşitlenebilmekte ve 3.1 eşitliği,

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \phi \cos w_s + \sin \delta \sin \phi \quad (3.6)$$

şeklini almaktadır.

- Yüzey azimut açısı (γ):

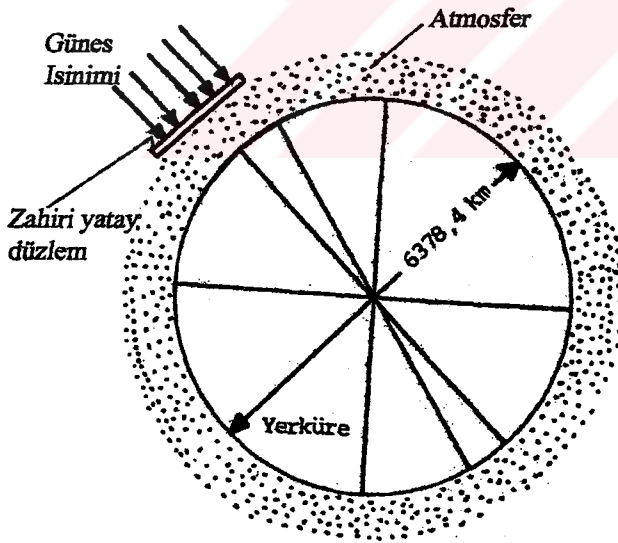
Söz konusu yüzeyin dikeyinin, yerel boylamdan sapma derecesidir. Dolayısıyla eğik düzlemin yatay düzlem içinde konumunu verir. Güneye bakan bir eğik düzlem için $\gamma = 0^0$ dir. Güneyden doğuya doğru, kuzeye kadar negatif (-) ve güneyden batıya doğru, kuzeye kadar pozitif (+) alınır. Yani $-180^0 < \gamma < +180^0$ değerlerini alır.

- Enlem açısı (ϕ):

Coğrafi enlem dairesidir. Bulunan noktada yerküreye teğet olan bir düzlem alınır ve bu düzleme bulunan noktadan dik olan bir doğru düşünülürse bu doğrunun ekvator düzlemi ile yaptığı açı, o noktanın enlem dairesidir.

3.2.2. Atmosfer Dışındaki Düzlemlere Gelen Güneş Işınımı

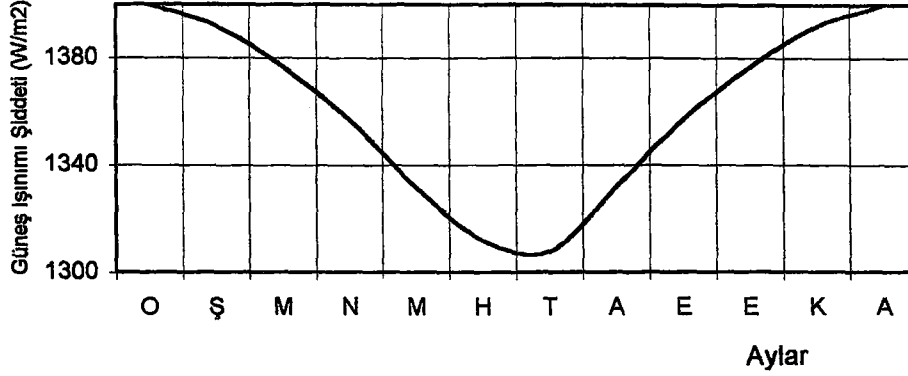
Dünyanın etrafında bir atmosfer tabakası olmasaydı, yeryüzünde güneş ışınlarına dik olan bir yüzeye ortalama 1353 W/m^2 'lik güneş enerjisi gelecekti. Eğer Şekil 3.2 'de gösterildiği gibi atmosfer tabakası dışında, güneş ışınlarına dik, zahiri yatay bir düzlem düşünülürse, bu düzleme gelen ortalama güneş enerjisi de aynı değere sahiptir. Bilindiği gibi 500 km yüksekliğindeki atmosferin exosfer tabakası yavaş yavaş uzay boşluğuna geçişi sağlar. Böylece atmosferin bittiği yerde güneş ışınlarına atmosfer olaylarının etkisi olmaz. Ancak yerkürenin güneşe olan uzaklığının değişmesinin etkisi olur, bu da Şekil 3.3 'de gösterilmiştir (Atagündüz, 1989).



Şekil 3.2. Güneş Işınımı ve Yerküre

Şekil 3.3 'de güneş ışınlarını yılın ayları üzerine taşınmıştır. Dünyanın güneşe en yakın olduğu Aralık ve Ocak aylarında güneş ışınımı en yüksek ve en uzak olduğu

haziran ayında en düşük değerini almaktadır. Literatürde güneş ışıını için sabit bir değer olan 1353 W/m^2 alınmaktadır (Thekaekara, 1977).



Şekil 3.3. Yıl Boyunca Güneş ışıınıının Değişimi

Yeryüzüne gelen güneş ışıınıının hesabında da daha çok atmosfer dışında yatay düzleme gelen ışıınından yararlanılır. Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir anda gelen güneş ışıınıı hesabında;

$$I_0 = I_{gs} f \cos\theta_z \quad (3.7)$$

eşitliği kullanılır. Burada I_{gs} ($= 1353 \text{ W/m}^2$) güneş sabiti, f güneş sabitini düzeltme faktörü,

$$f = 1 + 0.033 \cos\left(360 \frac{n}{365}\right) \quad (3.8)$$

ve θ_z zenit açısıdır. Atmosfer dışındaki yatay birim düzleme dt zaman aralığında gelen güneş ışıınıı,

$$dQ_0 = I_{gs} f \cos\theta_z dt \quad (3.9)$$

eşitliği ile hesaplanır. Literatürde güneş öğlesi, $t = 12$ saat ve bu vakitte saat açısı $w=0^0$ olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdan yola çıkarak, güneş zamanı t ile saat açısı w arasında,

$$t = (12/\pi) w \quad (3.10)$$

bağıntısı yazılabilir. Eşitlik (3.10)'dan yararlanarak,

$$dQ_0 = (12/\pi) I_{gs} f \cos\theta_z dw \quad (3.11)$$

yazılabilir. Eşitlik (3.11)'de zenit açısının değeri yerine konarak gün doğuşu ve batışı arasında integre edilirse, atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen güneş ışıınımı,

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} I_{gs} f (\cos\delta \cos\phi \sin w_s + \frac{\pi}{180} w_s \sin\delta \sin\phi) \quad (3.12)$$

eşitliği ile hesaplanır.

3.2.3. Yatay Düzleme Gelen Günlük Tüm Güneş Işınımı

Yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışıınının, bulutsuz bir günde aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımına oranının izafi güneşlenme süresinin (güneşlenme süresinin gün uzunluğuna oranı, t/t_0) bir fonksiyonu olarak lineer değiştiği ilk defa 1924 yılında Angstrom tarafından araştırılmıştır. Page (1964) tarafından, bulutsuz bir günde gelen güneş ışıınımı yerine atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışıınımı esas alınmıştır. Yatay birim düzleme gelen tüm güneş ışıınımı Q , atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışıınımı Q_0 , güneşlenme süresi t ve gün uzunluğu t_0 olmak üzere yeniden düzenlenmiş Angström denklemi,

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (3.13)$$

şeklindedir. Çeşitli kaynaklarda, tüm güneş ışıınının hesaplanabileceği çok sayıda ampirik bağıntı ile karşılaşılabilir. Ancak (3.13) eşitliği, pratik olarak Türkiye için daha kullanışlıdır. Eşitlik (3.13)'de a ve b katsayıları tüm güneş ışıını ve güneşlenme süresi verilerine bağılı olarak istatistik metotlarla tayin edilmektedir, a ve b katsayıları için,

$$a = 0.103 + 0.000017 z + 0.198 \cos(\phi - \delta) \quad (3.14)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\phi - \delta) \quad (3.15)$$

eşitlikleri kullanılabilir.

3.2.4. Yatay Düzleme Gelen Anlık Tüm Güneş Işınıını

Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışıını, günlük toplam tüm güneş ışıını hesabına bağılı olarak hesaplanabilir. Anlık tüm güneş ışıınıının (I_a), günlük toplam tüm güneş ışıınıına (Q) oranı ($r_t = I_a/Q$), anlık tüm güneş ışıınıının gün boyunca değişimi, exponansiyel ve sinüsoidal değişimler birlikte göz önüne alınarak,

$$\Psi = \exp \left\{ -4 \left(1 - \frac{|w|}{w_s} \right)^2 \right\} \quad (3.16)$$

$$r_t = \frac{I_a}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} \left\{ \cos \left(\frac{180}{2} \frac{w}{w_s} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} (1 - \Psi) \right\} \quad (3.17)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

3.2.5. Yatay Düzleme Gelen Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Günlük direkt ve yayılı güneş ışımasını, yatay düzleme gelen tüm güneş ışımasının bir fonksiyonu olarak hesaplayan çok sayıda ampirik bağıntı çeşitli kaynaklarda sunulmuştur.

Ampirik bağıntıların gelişmesinde temel alınan ilk geniş çalışma Liu ve Jordan tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, yayılı ışıma oranı (yatay düzleme gelen yayılı ışımanın tüm güneş ışımasına oranı),

$$K_y = Q_y/Q \quad (3.18)$$

berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışımasının atmosfer dışındaki düzlemlere gelen güneş ışımasına oranı),

$$K_t = Q/Q_0 \quad (3.19)$$

veya izafi güneşlenme süresinin (t/t_0) fonksiyonu olarak gösterilmiş ve yayılı ışıma oranının berraklık indeksi ile değişimi bir diyagramla verilmiştir (Liu ve Jordan, 1961).

Berraklık indeksi değerlerine bağlı olarak yayılı ışıma oranının, Liu ve Jordan diyagramına göre hesap yoluyla bulunabilmesi için Klein ,

$$K_y = 1.390 - 4.027 K_t + 5.531 K_t^2 - 3.108 K_t^3 \quad (3.20)$$

üçüncü dereceden polinomu önermiştir (Klein, 1977).

3.2.6. Yatay Düzleme Gelen Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

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

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{I_0}{Q_0}$$

$$r_y = \frac{\pi}{24} \frac{\cos w - \cos w_s}{\sin w_s - \frac{\pi}{180} w_s \cos w_s} \quad (3.21)$$

eşitliği elde edilir.

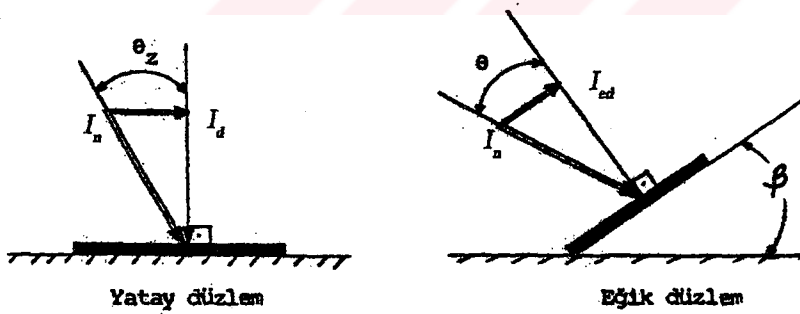
Anlık direkt güneş ışıınımları ise anlık tüm ve yayılı güneş ışıınımları ile

$$I_d = I_a - I_y = r_t Q - r_y Q_y \quad (3.22)$$

hesaplanabilir.

3.2.7. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Direkt Güneş Işıınımları

Yerküre üzerinde herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda ve herhangi bir konumda bulunan eğik bir düzleme ve aynı yer aynı zamanda yatay bir düzleme gelen anlık direkt güneş ışıınımları bileşenleri Şekil 3.4 'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.4. Eğik ve Yatay Düzleme Gelen Direkt Güneş Işıınımları

Burada, güneş ışıınımlarına dik birim düzleme gelen güneş ışıınımları,

$$I_n = I_{gs} f \quad (3.23)$$

güneş ışınımının eğik düzleme gelen geliş açısı θ ve zenit açısı θ_z olmak üzere, eğik düzleme gelen direkt güneş ışınımı,

$$I_{ed} = I_n \cos \theta \quad (3.24)$$

ve yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımı,

$$I_d = I_n \cos \theta_z \quad (3.25)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Eşitlik (3.24) ve (3.25) 'ün birbirlerine oranı ile

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (3.26)$$

yazılabilir.

Güneş ışınımının, herhangi bir yüzeye geliş açısı için (3.1) ve zenit açısı için (3.6) eşitlikleri göz önüne alınırsa, güney- kuzey doğrultusuna dönük ($\gamma = 0^\circ$) için,

$$R_d = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos w + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \cos w + \sin \phi \sin \delta} \quad (3.27)$$

dik yüzeyler için ($\beta = 90^\circ$),

$$R_d = \frac{\cos \delta \sin \phi \cos \gamma \cos w + \cos \delta \sin \gamma \sin w - \sin \delta \cos \phi \cos \gamma}{\cos \phi \cos \delta \cos w + \sin \phi \sin \delta} \quad (3.28)$$

elde edilir.

3.2.8. Yeryüzünde Eğik Düzleme Gelen Anlık Toplam Güneş Işınımı

Yeryüzünde eğik düzlem üzerine gelen toplam güneş ışınımı, direkt ve yayılı güneş ışınımları ile yansiyarak gelen güneş ışınımının toplamına eşittir. Yatay düzleme

bir anda gelen yayılı güneş ışıını I_y ve düzlemin eğimi β olmak üzere yeryüzünde eğik düzleme gelen yayılı ışıını,

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (3.29)$$

eşitliği ile hesaplanır. Yerin (çevrenin) yansıtma oranı P , yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışıını I_a olmak üzere yeryüzünde eğik düzleme yansiyarak gelen güneş ışıını,

$$I_{ya} = P I_a \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.30)$$

eşitliği ile hesaplanır. Yerin (çevrenin) yansıtma oranı P ; bitki örtüsüne, topoğrafik yapıya ve kar durumuna bağlı olarak değişir. Yerde kar olmayan bütün aylarda yerin yansıtma oranının ortalama değeri olarak 0.2 sabiti kabul edilmektedir. Zaman zaman karla kaplı olan Kasım – Nisan dönemi arasında yerin yansıtma oranı,

$$P = 0.2(1-c) + 0.7c \quad (3.31)$$

eşitliğinden faydalanılır. Burada c ; bir ay boyunca yerdeki kar kalınlığının 2.54 cm'den fazla olduğu zaman yüzdesidir. Genel olarak kar kalınlığının 2.54 cm'den fazla olduğu durumlarda $P = 0.7$ olarak kabul edilir (Elagöz, 1989).

Bu çalışmada P değeri olarak 0.2 sabiti kabul edilmiştir.

Yeryüzünde eğik düzlem üzerine gelen toplan güneş ışıını ise bu düzlem üzerine direkt, yayılı ve yansiyarak gelen güneş ışıınılarının toplamına eşit olduğundan,

$$I = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (3.32)$$

şeklinde yazılır. (3.26), (3.29), (3.30) eşitliklerinden faydalanarak,

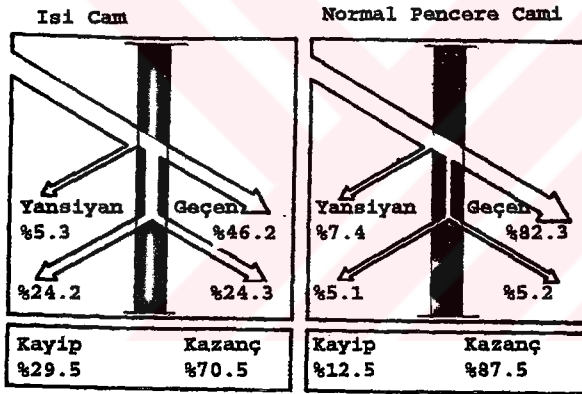
$$I = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos \beta}{2} + I_a P \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (3.33)$$

eşitliği yazılabilir. Düzlemin eğimi arttıkça düzleme gelen yayılı güneş ışıını miktarı azalmakta, fakat yansıyarak gelen güneş ışıını miktarı artmaktadır.

3.3. Saydam Yüzeyler

Saydam cisimler, güneş ışıını yansıtır, yutar ve geçirirler. Bina kabuğunun saydam bileşeninin ana malzemesi, yapıya girdiğinden bu yana cam olmuştur. Camın, güneş ışıınına karşı yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları, birim alandan güneş ışıını ile kazanılan ısı miktarını etkilemektedir (Yılmaz, 1983).

Saydam bir yüzeyden elde edilen güneş ışıını kazançları Şekil 3.5 'de (The American Architectural Foundation, 1996) gösterildiği gibidir.



Şekil 3.5. Saydam Yüzeylere Gelen Güneş Işını

Belirli bir dalga boyunda gelen güneş ışıını için cismin yansıtma (R), geçirme (T) ve yutma (A_y) oranlarının toplamı 1'dir.

$$R + T + A_y = 1 \quad (3.34)$$

Bu bağıntı belli bir dalga boyu aralığı için geçerlidir. Yeryüzünü etkileyen ışıını iki farklı türdedir. Kısa dalga güneş ışıını, 290 nm ile 3500 nm arasındaki dalga boylarında değişen ışıındır. Uzun dalga ışıını, dalga boyu 3500 nm'den büyük olan

ışınımdır. Kısa dalga boylu ışıma göre daha az enerji içermektedir. Maksimum ışımanın olduğu dalga boyu sıcaklık ile değişir, sıcaklık arttıkça dalga boyu kısalmaktadır. Bu nedenle dalga boyunun sıcaklık ile değişimi önemlidir ve güneş ışıımından verimli olarak faydalanabilmek için toplam enerjinin dalga boyuna göre dağılımının bilinmesi gereklidir (Tavil, 1995).

3.3.1. Ara Yüzeyin Işınımı Yansıtma Oranı

Işınım, kırma indisi n_1 olan ortamdan kırma indisi n_2 olan ortama geçerken iki ortam arasındaki ara yüzeyde, bir kısmı diğer tarafa geçer, diğer kısmı geliş açısına bağlı olarak yansıtılır. Ara yüzeye gelen ışıının geliş açısı (θ_g) ve ara yüzeyden geçip diğer ortama ulaşan ışıının kırılma açısı (θ_k) olmak üzere polarize olan ışıının dik (M_d) ve yatay (M_y) bileşenlerinin yansıtılma oranları,

$$M_d = \frac{\sin^2(\theta_g - \theta_k)}{\sin^2(\theta_g + \theta_k)} \quad (3.35)$$

$$M_y = \frac{\tan^2(\theta_g - \theta_k)}{\tan^2(\theta_g + \theta_k)} \quad (3.36)$$

şeklinde yazılabilir.

Işınımın, dik ve yatay yansıtılma oranlarının birbirine oranı ise ara yüzeyin ışıını yansıtma oranını verir ve buda Fresnel eşitliğine (Robert ve John, 1980) göre

$$p = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_g - \theta_k)}{\sin^2(\theta_g + \theta_k)} + \frac{\tan^2(\theta_g - \theta_k)}{\tan^2(\theta_g + \theta_k)} \right] \quad (3.37)$$

şeklindedir.

Işınımın geliş açısı (θ_g) ve kırılma açısı (θ_k) arasında,

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_g}{\sin \theta_k} \quad (3.38)$$

ilişki vardır ve bu Shell kırma kanunudur (Robert ve John, 1980).

Güneş ışınımı, saydam bir yüzeyden geçerken yansıyacak ve kırılacaktır. Sıydam yüzeyin kalınlığı L , kırılma açısı θ_k olmak üzere sıydam yüzey içerisinde ışınımın kat ettiğı mesafe,

$$L_1 = L / \cos \theta_k \quad (3.39)$$

kadar olacaktır (Robert ve John, 1980). Sıydam yüzey içerisinde ışınımın, kat ettiğı mesafe boyunca geçirilen oranı,

$$\tau = \exp(-a_1 L / \cos \theta_k) \quad (3.40)$$

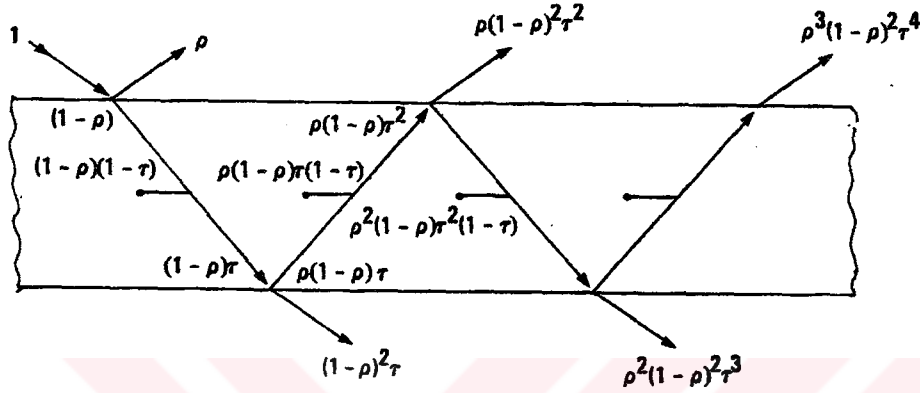
ile hesaplanır. Burada a_1 , yutma katsayısıdır ve ışınım dalga boyunun bir fonksiyonudur (Robert ve John, 1980). Çeşitli sıydam elemanlara ait kırma indisi (n) ve yutma katsayısı (a_1) Tablo 3.1 'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Bazı Sıydam Maddelerin Kırma İndisleri ve Yutma Katsayıları

Cam Tipi	n	a_1 (m^{-1})
Pencere camı	1.50 - 1.53	15 - 30
Su-beyazı cam (Water white)	1.50	4
Teflon (Fluorinated ethylene popylene, FEP)	1.34	59
Tedlar (Polyvinly floride, PVF)	1.45	140
Mylar (Polyethylene terephthalate, PET)	1.64	205

3.3.2. Saydam Yüzeyin Işınımı Yansıtma, Geçirme ve Yutma Oranı

Güneş ışınımı , bir saydam yüzeyden geçişi Şekil 3.6 da (Robert ve John, 1980) gösterildiği gibidir. Saydam yüzey üzerine gelen güneş ışınımının ara yüzeyi geçen kısmı saydam yüzey içerisinde azalarak ilerler ve alt yüzeyde bir kısmı yeniden yansıtılır, bir kısmı geçirilir.



Şekil 3.6. Güneş Işınımının Saydam Yüzeyden Geçişi

Bir tabaka saydam yüzey için Şekil 3.6 dan ışınımı izleme metodu ile polarizasyonun bir bileşeni için saydam yüzeyin ışınımı yansıtma, geçirme ve yutma oranları,

$$R = p [1 + (1 - p)^2 \tau^2 (1 + p^2 \tau^2 + p^4 \tau^4 + \dots)] = p - \frac{(1-p)^2 \tau^2}{1-p^2 \tau^2} \quad (3.41)$$

$$T = \tau (1 - p)^2 [1 + p^2 \tau^2 + p^4 \tau^4 + \dots] = \frac{(1-p)^2 \tau}{1-p^2 \tau^2} \quad (3.42)$$

$$A_y = 1 - R - T = 1 - p - \frac{(1-p)^2 \tau}{1-p\tau} \quad (3.43)$$

şeklinde yazılır (Robert ve John, 1980).

Birden fazla saydam yüzeyin ışınlı, yansıtma, geçirme ve yutma oranları bir tabaka saydam yüzey için hesaplanan özelliklerden faydalanılarak bulunabilmektedir. Aynı özellikteki m ve n tabakalarından meydana gelmiş bir saydam yüzey sisteminin ışınlı yansıtma, geçirme ve yutma oranları,

$$R_{m+n} = R_m + R_n T_m^2 (1 + R_m R_n + R_m^2 R_n^2 + \dots) = R_m + \frac{R_n T_m^2}{1 - R_m R_n} \quad (3.44)$$

$$T_{m+n} = T_m T_n (1 + (1 + R_m R_n + R_m^2 R_n^2 + \dots)) = \frac{T_m T_n}{1 - R_m R_n} \quad (3.45)$$

$$A_{y\ m+n} = 1 - R_{m+n} - T_{m+n} \quad (3.46)$$

şeklinde ifade edilir (Robert ve John, 1980).

4. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINA YÖNELİK MEVCUT ÇALIŞMALAR

Bina yönlendiriliş açısı ve biçim faktörü konusunda birçok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda binalar bir bütün olarak, binanın içerisindeki bir mekan veya yapı elemanı boyutunda ele alınmış ve iç sıcaklıklar, ısı kayıp ve kazançları, bina dış yüzeyinde gerçekleşen güneş ışıınımı şiddeti gibi iklimsel parametreler ve pasif tasarım parametreleri incelenmiştir.

4.1. Mevcut Çalışmaların Tartışılması

○ V. Olgyay'ın Çalışması

Bu çalışmada, bina biçim faktörünün belirlenmesinde, bina dış yüzeyinden ısıtmanın istendiği dönemde kaybedilen ve ısıtmanın istenmediği dönemde kazanılan günlük ısı miktarlarının optimizasyonu en önemli amaçtır. Yapı kabuğu fiziksel özellikleri değerleri, yönlendiriliş durumu ve çatı türü gibi parametrelerin farklı değerlerinin tanımlandığı alternatifler değerlendirilerek biçim faktörü için optimum değerin belirlenmesine gidilmiştir. Değerlendirmede, “bina dış yüzeyinden 21 Ocak'ta minimum ısı kaybeden ve 21 Temmuz'da minimum ısı kazanan yön ve biçim faktörü optimumdur” kriteri esas alınmıştır.

○ E. Berköz'ün Çalışması

Bu çalışmada, binanın yönlendiriliş durumu, biçimi, çatı türü, yapı kabuğu fiziksel özellikleri gibi pasif sistem öğelerinin, günlük kaybedilen ve kazanılan ısı miktarlarına bağlı olarak değerlendirilmesi dikkate alınmıştır. Hesaplanan değerler, pasif sistem öğelerine bağlı olarak değişim grafikleri haline getirilir. Bu grafiklerde “optimum ısı kayıp ve kazancını veren kombinezon, optimum performans gösteren yapıyı tanımlar” kriteri esastır.

○ M. Ş. Küçükdoğanın Çalışması

Bu çalışmada, gün ışığından maksimum yararlanma amacıyla hacim derinliğinin belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla farklı pencere sistemleri seçilmiş ve bu sistemlere % 10 ile % 80 arasında onar onar değişen saydamlık oranı verilmiştir. Her saydamlık oranına göre pencere sistemlerinin genişlik ve derinliğe göre değişen gün ışığı bağıl artış değerleri elde edilmiş sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir. Maksimum bağıl artış değerinin gerçekleştiği derinlik optimum kabul edilmiştir.

○ M. Buldurur'un Çalışması

Kent planlamada, güneş enerjisinden optimum yararlanabilmek için dikkat edilmesi gereken ilkeler ortaya konulmuştur. Bu amaçla, belirlenen bir gün için halihazır binaların gölge durumları incelenmiş, imar durumuna göre binaların kat adetleri, boyutları ve bina aralıkları değiştirilerek en iyi güneşlenmeyi sağlayan düzenleme bulunmaya çalışılmıştır.

○ Z. Yılmaz'ın Çalışması

Bu çalışmada, bina hacimlerinin ısısal açıdan konfor sağlaması esas alınmış ve binaların performansı birim konforlu alan başına harcanan ısı enerjisi miktarına göre değerlendirilmiştir. Seçilen dizayn günlerinde hesaplanan birim konforlu alan başına harcanan ısı enerjisi değerleri grafikler haline getirilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

○ G. Koçlar'ın Çalışması

Bu çalışmada, bina hacimlerinin pasif ısıtma sistemi olarak değerlendirilmesi esas alınarak, hacim içersinde gerçekleşen iç hava sıcaklığı değerlerinin yıllık değişimine göre hacimlerin ısıtma süreleri belirlenmiştir. Isıtma süreleri grafikler haline getirilmiştir. Grafikler “minimum ısıtma süresini veren hacim kombinezonu optimumdur” kriterine göre değerlendirilmiştir.

○ E. Yıldız'ın Çalışması

Bu çalışmada, bina içi mekanların organizasyonunda, iklimsel konfor, enerji tasarrufu esas alınarak, mekanların işlevine göre kullanıma süreleri belirlenmiş, çeşitli bina kabuğu kombinezonları üretilmiş ve kabuk kombinezonlarının iç yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan iç yüzey sıcaklıkları ve kullanıma süreleri tablolar haline getirilmiştir. Tablolar, önceden belirlenen “iklimsel konfor şartlarının hangi yönlerde sağlandığının belirlenmesi” kriterine göre değerlendirilmiştir.

○ A. Elagöz'ün Çalışması

Bu çalışmada, binanın kabuk elemanında meydana gelen ısı geçişi ele alınmadan kabuk düşey yüzeylerinde doğrudan güneş ışınlamına bağlı güneşlenme yüzdeleri ve ısı etkilerinin değişimini, yer, biçim ve yön gibi pasif tasarım parametreleriyle inceleme amaçlanmıştır. Çeşitli bina alternatiflerinin dış yüzeylerindeki güneşlenme değerleri bir bilgisayar programı yardımı ile hesaplanmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

○ F. Ak'ın Çalışması

Bu çalışmada, binalardaki enerji harcamalarını minimuma indirebilmek için binaların ve yerleşme birimlerinin mümkün olduğunca pasif sistemler olarak tasarlanmasını gerçekleştirme amaçlanmıştır. Yapma çevreye ilişkin tasarım değişkenleri bu amaç doğrultusunda incelenerek uygun bina kombinezonlar belirlenmiştir. Bina kombinezonlarının gerçekleştirdiği değerler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

○ M. Özel'in Çalışması

Bu çalışmada, duvar elemanlarda meydana gelen ısı geçişi yön ve rüzgara bağlı olarak incelenmiştir. Çalışma belirli bir gün için yapılmış ve hesaplanan ısı akısı değerleri birbirleri ile karşılaştırılarak duvar elemanlar için optimum yön tespit edilmeye çalışılmıştır. Hesaplamalar, bir boyutlu geçici rejim ısı iletimi denkleminin sonlu fark yaklaşımı ile çözülmesiyle yapılmıştır.

○ İ.Y. Kuzu' nun Çalışması

Bu çalışmada, pasif tasarım parametreleri ve binaların pasif tasarım sistemleri olarak düzenlenmesi örneklerle açıklanmıştır. Kabuk elemanı farklı malzemelerden meydana gelen binaların farklı iklim bölgelerine göre yıllık ısıtma enerjileri hesaplanmıştır.

○ R.T. Oğulata, T. Yılmaz ve H.R. Beğaki'nin Çalışması

Bu çalışmada, farklı yönlere bakan çeşitli bina kabuk kombinezonları ele alınmış ve her bir yön ve o yöne ait kabuk kombinezonunun ısı kazancı ve iç ortam sıcaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan ısı kazancı ve iç ortam sıcaklıklarının, yön ve kabuk malzemesi ile ilişkisi incelenmiştir.

○ T. Yılmaz ve R.T. Oğulata'nın Çalışması

Bu çalışmada, yapıların opak elemanlarından geçen ısı kazancının hesaplanması esas alınarak, ısı kazancına etki eden parametreleri dikkate alan bir bilgisayar programı yapılmış ve çeşitli şehirler ve farklı yapı elemanları için ısı kazancı hesaplamalarında kullanılacak basit çizelgeler düzenlenmiştir.

○ İ. Durgun ve T. Derbentli'nin Çalışması

Bu çalışmada da, yapı elemanlarındaki ısı kazancının hesaplaması esas alınmış ve çeşitli yapı elemanlarında geçici rejimde ısı transfer miktarını hesaplayan bir yöntem geliştirilerek, Türkiye'nin değişik bölgelerindeki yapılara ait duvar ve çatılardan olan ısı kazançları hesaplanmıştır.

○ N. Bouchlaghem'in Çalışması

Çalışma, yaz mevsimi şartlarında bina içinde iklimsel konforu sağlamak amacıyla, güneş ışıının bina içerisine girebilmesinde önemli rol oynayan kabuk ve dolayısıyla pencere elemanlar üzerinde yapılmıştır. Bir bilgisayar programı kullanılarak, güneş açıları ve güneş enerjisi kazancı ile kabuk ve pencere boyutları arasında optimizasyon yapılmıştır.

○ J. Onishi, H. Soeda ve M. Mizuno'nun Çalışması

Bina içi konfor şartlarını sağlamak amacıyla, bir test odası ele alınmış bu odanın, güney cephesi trombe duvar ve yalıtımlı kabuk eleman diğer cephe yüzeyleri sabit detaylı olacak şekilde alternatifleri düşünülmüştür. Her bir alternatife ait oda sıcaklığı tespit edilerek trombe duvar ve yalıtım malzemesi arasında karşılaştırma yapılmıştır. Böylece yapıların pasif sistemler olarak da düşünülebileceği ispat edilmeye çalışılmıştır.

○ K. A. Antonopoulos ve S. P. Valsamakis'in Çalışması

Çalışmada, değişik yönlerde yönlendirilmiş duvar elemanları üzerinde sonlu fark yaklaşımı kullanılarak bir boyutlu geçici rejim ısı iletim denkleminin çözümü yapılmıştır. Hesaplamalarda, iç ve dış ısı taşınım katsayıları ve yapı elemanı yutma katsayısının ısı sistem tasarımına etkisi araştırılmıştır. Çalışma, yaz ve kış mevsimi boyunca seçilen belirli günler için yapılmıştır.

○ J. Kindangen, G. Krauss ve P. Depecker'in Çalışması

Bu çalışmada, seçilen bir yapı modelinin üzeri, farklı yüksekliklere sahip çeşitli çatı elemanlarıyla örtüldüğü kabul edilmiştir. Her çatı tipi için bina içerisindeki hava hareketleri ve hızı incelenmiştir. Çatı tipleri ile hakim rüzgar yönü arasında, bina içi hava hareketleri açısından ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

○ K. Peippo, P. D. Lund ve E. Vartiainen'in Çalışması

Bu çalışmada, güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma prensibi esas alınmıştır. Çeşitli biçim faktörüne sahip binaların, farklı detaylı ve pencere oranlı kabuk elemanlardan meydana geldiği ve her alternatifin çatısında güneş kolektörleri olduğu düşünülmüştür. Bina alternatifleri, yön-pencere ilişkisi, pencere alanı, ışık alma, kabuk detayı ve yalıtım, çeşitli iç iklimsel veriler ve toplam maliyet açısından birbirleri ile karşılaştırılmışlardır.

o A. Malama ve S. Sharples'in Çalışması

Bu çalışmada, tropikal ülkelerdeki geleneksel yapılar ile modern yapıların iç konfor şartlarının sağlanmasında gösterdikleri performansı incelenmiştir. Geleneksel ve modern yapılarda sıcak bir yaz ayı esnasında , hava sıcaklığı ve hızı, nispi nem gibi iç iklimsel veriler aletlerle ölçülerek karşılaştırma yapılmıştır.

4.2. Önerilen Çalışmanın Literatürdeki Yeri ve Önemi

Bu çalışmada konutların ısıtma enerjisinde etkin olan çok sayıda pasif ısıtma parametreleri sayısal bir analizle araştırılmıştır. Bu amaçla:

- Saat saat dinamik bir analiz yapılmıştır. Literatürde, genelde seçilen kritik günler için ısı kayıp ve kazanç hesaplamaları yapılmıştır.
- Çok sayıda parametrenin, ısıtma enerjisine olan etkisi sayısal değerler olarak incelenmiştir. Dolayısıyla ülkemizin enerji ekonomisine getirilebilecek katkılar sunulmaya çalışılmıştır.
- Isıtma enerjisi hesaplamaları, incelenen binaların tüm alanları için yapılmıştır. Literatürde ısı kayıp ve kazancı hesaplamaları, genelde bir yapı elemanı veya binanın bir mekanı için yapılmıştır.
- Pasif ısıtma sisteminin ülke enerji ekonomisi açısından önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.
- Standart ile mukayese yapılmaya çalışılmıştır.

Çalışma, konu ile ilgilenenlerin anlayabileceği teori ve uygulama bölümleri, kolaylıkla kullanılabilecekleri bilgisayar programı ile birlikte sunulmuştur.

5. İKLİMSEL KONFOR AÇISINDAN BİNA YÖNLENDİRİLMESİ VE BİNA BİÇİMLENDİRİLMESİNİN ISITMA MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ İÇİN ÖNERİLEN MODEL

Bir yapının tüm kabuğundan kaybedilen toplam ısı miktarı, bina kabuğunu meydana getiren elemanların (duvar, çatı vb.) fiziksel ve güneş ışınlamına ilişkin özelliklerine, hacmin yönlendiriliş durumuna, bina biçimine ve kabuk eleman alanına bağlı olarak değişim gösterir (Berköz, 1983). Yapılarda, ısıtmanın istendiği dönem içerisinde dış çevreye doğru olan ısı kaybı azaldıkça, iklimsel konfor şartlarının sağlanması için gerekli olan ısıtma yükü de azalır. Dolayısıyla , “ısıtmanın istendiği dönemde, toplam ısı kaybını ve ısıtma ihtiyacını minimuma indiren hacim, optimum pasif ısıtma gerçekleştirmiştir” kriterine göre yapıların pasif ısıtma sistemleri olarak tasarlanması ve değerlendirilmesi mümkündür (Kocaaslan, 1991).

Bu çalışmada, yukarıdaki kriterler göz önüne alınarak, bina kabuğundaki sıcaklıklara bağlı olarak hesaplanan ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi maliyetinin, bina kabuğunun fiziksel ve yalıtım özelliğine, kabuğun saydam yüzey oranına, bina biçimine ve bina yönlendiriliş açısına bağlı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için çalışmanın bu bölümünde, kullanılan sayısal metottan söz edilmiştir.

5.1. Sayısal Analiz

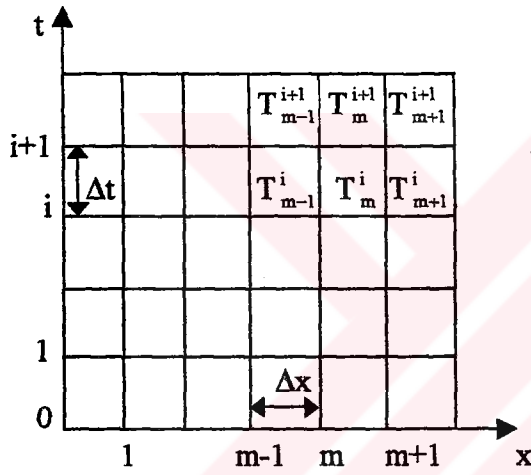
5.1.1. Geçici Rejimde Isı İletiminin Sonlu Farklarla İfadesi

Isıtma döneminde, yapı içerisinde iklimsel konforun sağlanması için yapıdan kaybedilen ısı miktarının ve bina iç ısı kazançlarının bilinmesi gerekir. Bir yapıdan kaybedilen ısı miktarının bilinmesi ise ısı kazancı hesapları ile mümkün olmaktadır.

Isıtma enerjisi hesaplamalarında, en önemli parametreler olan dış hava sıcaklığı ve güneş ışınlamı şiddeti zamana bağlı olarak anlık değişebilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada kullanacağımız bina alternatiflerini, oda tasarım sıcaklığında sabit

tutabilmek için binadan dış ortama olan anlık ısı kayıplarının hesap edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, binayı oluşturan, farklı fiziksel özelliklere sahip kabukta anlık sıcaklık dağılımları hesap edilmiş ve bu sıcaklıklar kullanılarak anlık ısı akıları belirlenmiştir. Analizde; iç ve dış yüzeylerde taşınım ile ısı transferi ve sınır şartları kullanılmıştır. Ayrıca anlık güneş ışıması şiddetinin etkisi de hesaplara dahil edilmiştir.

Bu çalışmada incelenecek olan bina kabuğunda, geçici rejimde bir boyutlu ısı iletiminin gerçekleştiği kabul edilmiş ve problemin çözümünde sonlu fark yaklaşımı kullanılmıştır (Çengel, 1998). Şekil 5.1 'de katı bir cismin farklı iç düğümlerindeki sıcaklıklarının zamana bağlı olarak hesaplanabilmesinde kullanılacak sonlu fark ağı gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Zamana Bağlı Sıcaklık Problemleri İçin Sonlu Fark Formülasyonu

Katı bir cismin farklı düğümlerindeki sıcaklıklarının zamana bağlı olarak değişimi probleminin çözümü, istenen sürenin sonuna kadar seçilen zaman aralığının (Δt) her biri için hesaplamaların tekrarlanması ile gerçekleştirilir. Örneğin, zaman aralığı $\Delta t = 5$ dakika seçilen bir cismin, $t = 3$ saatlik bir süre sonunda her düğümü için hesaplamalar, $3 \cdot 60 / 5 = 36$ defa tekrarlanacaktır. Zaman adımı i ve $t_i = i \Delta t$ olmak üzere,

$$i = 1, \quad t_i = 1 \Delta t = 5 \text{ dakika}$$

$$i = 2, \quad t_i = 2 \Delta t = 10 \text{ dakika}$$

$$i = 36 \quad t_i = 36 \Delta t = 180 \text{ dakika}$$

şeklinde cisim, zaman adımlarına bölünerek düğümlerindeki zamana bağlı sıcaklık değişimi incelenir. Cismin seçilen bir parçası (hacim eleman) üzerinde alınacak zaman adımları T_m^i şeklinde genel bir terimle ifade edilir. T_m^i , m - düğümünün i - zamanındaki sıcaklığının ifadesidir (Çengel, 1998).

Bir cismin herhangi bir düğümündeki ısı kazancı enerji balansı metodu ile ifade edilir. Seçilen zaman aralığı (Δt) esnasında bir cismin üzerindeki enerji balansı,

$$\left[\begin{array}{l} \Delta t - \text{esnasında} \\ \text{hacim elemana} \\ \text{tüm yüzeylerden} \\ \text{giren ısı miktarı} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \Delta t - \text{esnasında} \\ \text{hacim eleman} \\ \text{içerisinde} \\ \text{üretilen ısı miktarı} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \Delta t - \text{esnasında} \\ \text{hacim eleman iç} \\ \text{enerjisindeki} \\ \text{değişim miktarı} \end{array} \right]$$

ya da,

$$\Delta t * \Sigma Q_{\text{tüm yüzeyler}} + \Delta t * G_{\text{eleman}} = \Delta E_{\text{eleman}} \quad (5.1)$$

şeklinde tanımlanır.

$$\Delta E_{\text{eleman}} = mC\Delta t = \rho V_{\text{eleman}} C \Delta T \quad (5.2)$$

olmak üzere (5.1) eşitliğinin her iki tarafı Δt ile sadeleştirilirse, bir ortamdaki herhangi bir m - düğümü için enerji balansı denkleminin sonlu farklarla ifadesi

$$\Sigma Q_{\text{tüm yüzeyler}} + G_{\text{eleman}} = \rho V_{\text{eleman}} C \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta t} \quad (5.3)$$

şeklinde yazılır. Burada T_m^i , m - düğümünde $t_i = i\Delta t$ zamanındaki sıcaklık, T_m^{i+1} , m - düğümünde $t_{i+1} = (i+1)\Delta t$ zamanındaki sıcaklıktır.

(5.3) eşitliğinin sol tarafındaki terimler için i veya $i+1$ zaman adımı kullanılmasına göre sonlu fark yaklaşımı için iki metottan söz etmek gerekir:

- Explicit metot (ileri sonlu farklarla ifade),

$$\Sigma Q_{\text{tüm yüzeyler}}^i + G_{\text{eleman}}^i = \rho V_{\text{eleman}} C \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta t} \quad (5.4)$$

şeklinde ifade edilir.

- Implicit metot (geri sonlu farklarla ifade)

$$\Sigma Q_{\text{tüm yüzeyler}}^{i+1} + G_{\text{eleman}}^{i+1} = \rho V_{\text{eleman}} C \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta t} \quad (5.5)$$

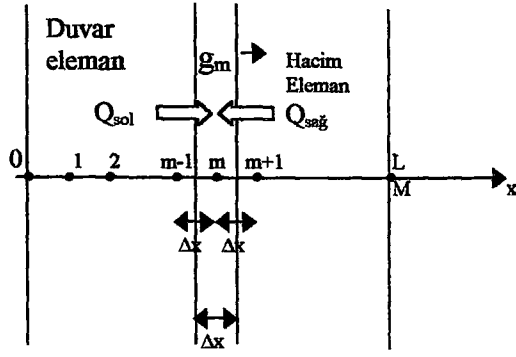
şeklinde ifade edilir.

Bu çalışmada, binanın kabuk elemanındaki anlık sıcaklık dağılımının tespitinde explicit metot kullanılmıştır (Çengel, 1998). Bu metodun dezavantajlarının yanı sıra bazı avantajları da vardır. Bu metotta bir yakınsama kriterinin mevcudiyeti en önemli dezavantajdır. Bu yüzden müsaade edilebilir bir zaman adımı zorunluluğu vardır. Bu zorunluluk zaman adımı ile düğümler arasında belirli bir ilişkinin kurulması ile giderilir. Çoğu zaman çok düşük zaman adımları ile işlem yapmayı gerektirir. Ancak çalışmada dinamik bir analiz yapıldığından, sonuçların hassasiyeti ve sayısal analizlerde karşılaşılan kesme hatasının kontrolü, mümkün olduğunca çok sayıda zaman (Δt) ve koordinat (Δx) aralığı kullanılarak sağlanabileceği göz önüne alınmış ve explicit sonlu fark yaklaşımının da buna imkan veren bir çözüm sağladığından çalışmada bu metot kullanılmıştır.

5.1.2. Düzlem Duvarda Geçici Rejimde Isı İletiminin Sonlu Farklarla Çözümü

- Isı iletim denklemi

Kalınlığı L olan bir yapı elemanında Şekil 5.2 'de gösterildiği gibi geçici rejimde bir boyutlu ısı iletimi; eleman detayı, zaman (t), ısı iletim katsayısı (k), koordinat aralığı (Δx) ve düğümlere ($0,1,2,\dots,M$) bağlı olarak değişir.



Şekil 5.2. Bir Duvar Elemanda Geçici Rejimde Bir Boyutlu Isı İletiminin Sonlu Fark Formülasyonu

Şekil 5.2 'de hacim elemanına her iki kenardan ısı iletimi olmakta ve hacim eleman içerisinde g_m ısı üretimi gerçekleşmektedir. Elemanın hacmi, eleman yüzey alanı A olmak üzere $V_{\text{eleman}} = A\Delta x$ 'dir. Burada $\Delta x = L/(M-1)$ 'dir. Eşitlik (5.3) esas alınarak, duvar elemanın bir iç düğümü için geçici rejimde sonlu fark formülasyonunu,

$$kA \frac{T_{m-1} - T_m}{\Delta x} + kA \frac{T_{m+1} - T_m}{\Delta x} + g_m A \Delta x = \rho A \Delta x C \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta t} \quad (5.6)$$

şeklinde yazabiliriz. Eşitlik (5.6), $\Delta x/(kA)$ ile sadeleştirilirse,

$$T_{m-1} - 2T_m + T_{m+1} + \frac{g_m \Delta x^2}{k} = \frac{\Delta x^2}{\alpha \Delta t} (T_m^{i+1} - T_m^i) \quad (5.7)$$

elde edilir. Bu eşitlikte; α (m^2/s) bina kabuk elemanının ısı difüzyon katsayısı olup,

$$\alpha = k/(\rho C) \quad (5.8)$$

şeklinde tanımlanır. Burada, k (W/mK) malzemenin ısı iletim katsayısı, ρ (kg/m^3) malzemenin yoğunluğu, C (J/kgK) malzemenin özgül ısıdır. Hücre Fourier sayısı,

$$\tau = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (5.9)$$

olmak üzere Eşitlik (5.7) yeniden düzenlenirse,

$$T_{m-1} - 2T_m + T_{m+1} + \frac{g_m \Delta x^2}{k} = \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\tau} \quad (5.10)$$

elde edilir. Eşitlik (5.10), explicit sonlu fark formülasyonu olarak,

$$T_{m-1}^i - 2T_m^i + T_{m+1}^i + \frac{g_m \Delta x^2}{k} = \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\tau} \quad (5.11)$$

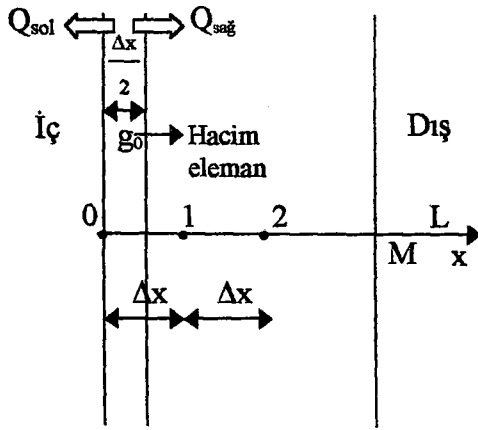
şeklinde yazılır. Buradan, ısı sistem içerisinde ısı üretiminin olmadığı varsayılırsa ($g_m=0$), bina kabuk elemanının tüm iç düğümlerinde ($m=1,2,3,\dots,M-1$) yeni sıcaklık (T_m^{i+1}) hesaplamaları için

$$T_m^{i+1} = \tau(T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2\tau)T_m^i \quad (5.12)$$

eşitliği elde edilir.

- **Sınır şartları**

Bina kabuk elemanına ait iç düğümler için geçerli sonlu farklar ifadeleri yukarıda elde edilmiştir. Problemin formülasyonunun tamamlanabilmesi için kabuk eleman sınır düğümleri için explicit sonlu fark formülasyonunu kurmamız gerekir. Sınır şartları için kabuk elemanın her iki tarafında da taşınımın meydana gelen ısı geçişi söz konusudur. Sınır düğümlerindeki ısı geçişinin sonlu fark modellemesinde; Şekil 5.3 'de gösterilen hacim elemanından yararlanılmıştır.



Şekil 5.3. Bir Duvar Elemanda Sınır Şartlarının Sonlu Fark Formülasyonu

Bina kabuk elemanının sınır düğümü (0) için explicit sonlu fark formülasyonu,

$$h_{iç}A(T_{\infty} - T_0^i) + kA \frac{T_1^i - T_0^i}{\Delta x} + g_0^i A \frac{\Delta x}{2} = \rho A \frac{\Delta x}{2} C \frac{T_0^{i+1} - T_0^i}{\Delta t} \quad (5.13)$$

şeklinde tanımlanır. Eşitlik (5.13), $\Delta x/(kA)$ ile sadeleştirilirse,

$$T_0^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} T_1^i + \tau \frac{g_0^i \Delta x}{k} \quad (5.14)$$

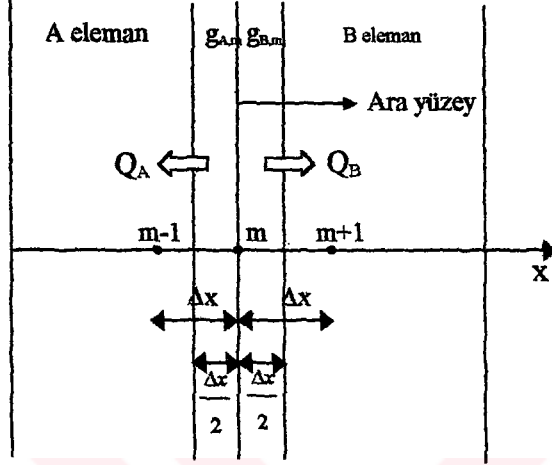
elde edilir. Aynı şekilde kabuk elemanının sınır düğümü (M) için explicit sonlu fark formülasyonu, Eşitlik (5.14) dikkate alınarak,

$$T_M^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k}\right) T_M^i + 2\tau T_{m+1}^i + 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} T_d^i + \tau \frac{\kappa q_{güneş}^i \Delta x}{k} \quad (5.15)$$

şeklinde ifade edilir (Çengel,1998). Burada, h_d dıştaki ısı taşınım katsayısı, h_i içteki ısı taşınım katsayısı, T_i oda tasarım sıcaklığı, T_d dış ortam sıcaklığı, κ yüzeyin güneş ışınımını yutma katsayısı (çalışmada, açık renkli duvar için $\kappa = 0.5$ alınmıştır.) ve $q_{güneş}$ eğik yüzeye gelen toplam güneş ışınımıdır.

- Ortak yüzey sınır şartı

A ve B gibi iki farklı malzemeden meydana gelen bina kabuğundaki ısı geçişi analizinde Şekil 5.4 'de gösterilen hacim elemanı kullanılmıştır.



Şekil 5.4. İki Farklı Malzemeden Meydana Gelen Bir Duvar Elemanda Ortak Yüzey Sınır Şartının Sonlu Fark Formülasyonu

Kabuk elemanın iki farklı malzemesinin ara yüzeyindeki m - düğümü için explicit sonlu fark formülasyonu,

$$k_A A \frac{T_{m-1}^i - T_m^i}{\Delta x} + k_B A \frac{T_{m+1}^i - T_m^i}{\Delta x} + g_{A,M} A \frac{\Delta x}{2} + g_{B,M} A \frac{\Delta x}{2} = \frac{\rho_A + \rho_B}{2} A \Delta x \frac{C_A + C_B}{2} \frac{T_m^{i+1} - T_m^i}{\Delta t} \quad (5.16)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (5.16), $\frac{\Delta x}{k_A k_B A}$ ile sadeleştirilir ve gerekli eşitlikler kurulursa,

$$T_m^{i+1} = \left(1 - \frac{\tau_{A,B}}{k_B} - \frac{\tau_{A,B}}{k_A} \right) T_m^i + \tau_{A,B} \left(\frac{T_{m-1}^i}{k_A} + \frac{T_{m+1}^i}{k_B} \right) \quad (5.17)$$

eşitliği elde edilir.

Explicit sonlu fark formülasyonu ile gerçekleştirilen denklemlerin çözümünde kullanılacak zaman adımı (Δt) 'nin seçimi önemlidir. Sistem kompozit bir yapıdan meydana gelmiş ise seçilecek olan zaman adımı (Δt) değeri, sistemdeki en küçük zaman adımı alınmalıdır. Ayrıca explicit sonlu fark formülasyonunda, zaman adımı (Δt) değeri ne kadar küçük ise çözümünde o kadar hassas olacağı ve sayısal çözümlerde karşılaşılan kesme hatasının, mümkün olduğu kadar çok sayıda zaman (Δt) ve koordinat (Δx) aralığı kullanılarak azaltılabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle bir boyutlu explicit sonlu fark formülasyonunda zaman adımı (Δt) değeri seçiminde,

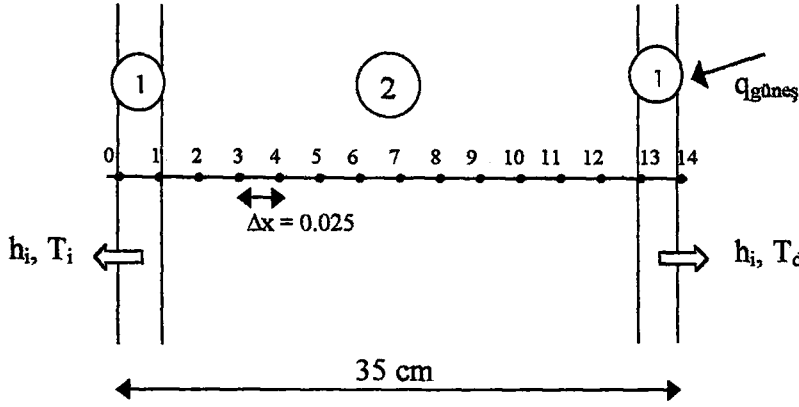
$$\frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \quad (5.18)$$

eşitliği, katı bir cismin iç düğümleri için yakınsama kriteri olarak kullanılmaktadır.

5.1.3. Bina Kabuğu Alternatiflerinin Explicit Sonlu Fark Formülasyonu

Mevcut çalışmada incelenen; yalıtımsız, 2.5 cm yalıtımlı, 5 cm yalıtımlı, 10 cm yalıtımlı ve 15 cm yalıtımlı beş farklı bina kabuğu kesiti için enerji bilançosu kullanılarak elde edilen formülasyon aşağıda verilmiştir:

• Yalıtımsız bina kabuğu (Şekil 5.5):



Şekil 5.5. Yalıtımsız Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu

$$0 \text{ düğümü} : T_0^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} T_i + \tau \frac{g_0^i \Delta x}{k} \quad (5.14)$$

$$1,13 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \left(1 - \frac{\tau_{A,B}}{k_B} - \frac{\tau_{A,B}}{k_A}\right) T_m^i + \tau_{A,B} \left(\frac{T_{m-1}^i}{k_A} + \frac{T_{m+1}^i}{k_B}\right) \quad (5.17)$$

$$2, \dots, 12 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \tau(T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2\tau) T_m^i + \tau \frac{g_m \Delta x^2}{\tau} \quad (5.12)$$

$$14 \text{ düğümü} : T_M^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k}\right) T_M^i + 2\tau T_{M+1}^i + 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} T_d^i + \tau \frac{\kappa q_{güneş}^i \Delta x}{k} \quad (5.15)$$

① nolu yapı malzemesi (iç ve dış sıva; $k=1.4 \text{ W/m}^0\text{C}$, $\alpha=6.66 \cdot 10^{-7}$, $L=2.5 \text{ cm}$) için

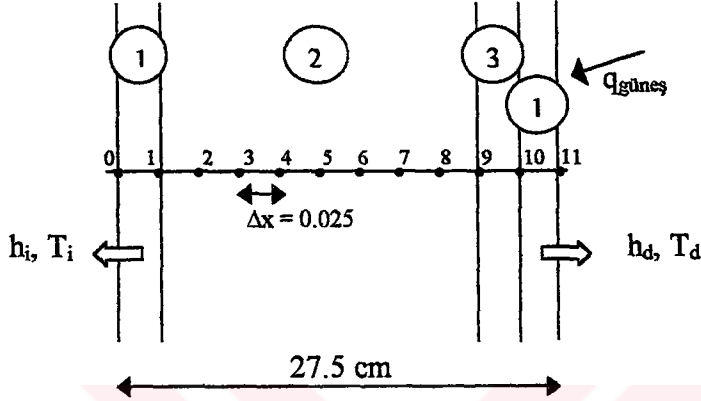
$$\Delta x = \frac{L}{M-1}, \quad M=2, \quad \Delta x = 0.025 \text{ m} \quad \text{ve} \quad \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \text{ 'den} \quad \Delta t_1 = 469 \text{ sn}$$

② nolu yapı malzemesi (delikli tuğla; $k=0.7 \text{ W/m}^0\text{C}$, $\alpha=4.63 \cdot 10^{-7}$, $L=30 \text{ cm}$) için

$$\Delta x = \frac{L}{M-1}, \quad M=13, \quad \Delta x = 0.025 \text{ m} \quad \text{ve} \quad \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \text{ 'den} \quad \Delta t_2 = 675 \text{ sn}$$

$\Delta t_1 < \Delta t_2$ olduğundan ve çözümün hassasiyeti düşünülerek,
 $\Delta t = 360$ sn seçilmiştir.

- 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu (Şekil 5.6):



Şekil 5.6. 2.5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu

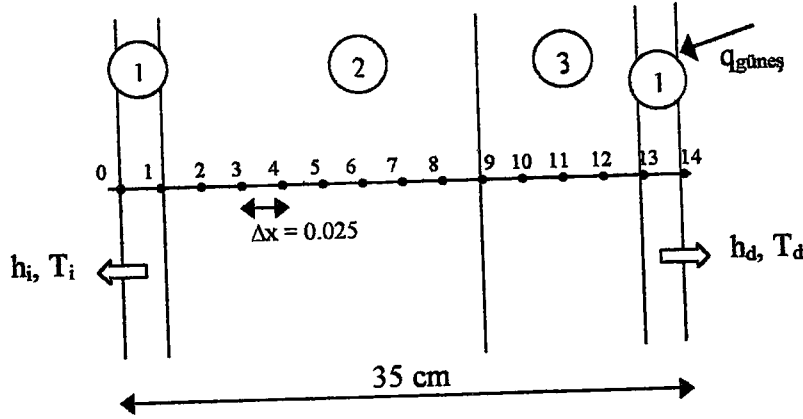
$$0 \text{ düğümü} : T_0^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} \right) T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} T_i + \tau \frac{g_0^i \Delta x}{k} \quad (5.14)$$

$$1, 9 \text{ ve } 10 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \left(1 - \frac{\tau_{A,B}}{k_B} - \frac{\tau_{A,B}}{k_A} \right) T_m^i + \tau_{A,B} \left(\frac{T_{m-1}^i}{k_A} + \frac{T_{m+1}^i}{k_B} \right) \quad (5.17)$$

$$2, \dots, 8 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \tau (T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2\tau) T_m^i + \tau \frac{g_m \Delta x^2}{\tau} \quad (5.12)$$

$$11 \text{ düğümü} : T_M^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} \right) T_M^i + 2\tau T_{m+1}^i + 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} T_d^i + \tau \frac{\kappa q_{güneş}^i \Delta x}{k} \quad (5.15)$$

- 10 cm yalıtımlı bina kabuğu (Şekil 5.8):



Şekil 5.8. 10 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu

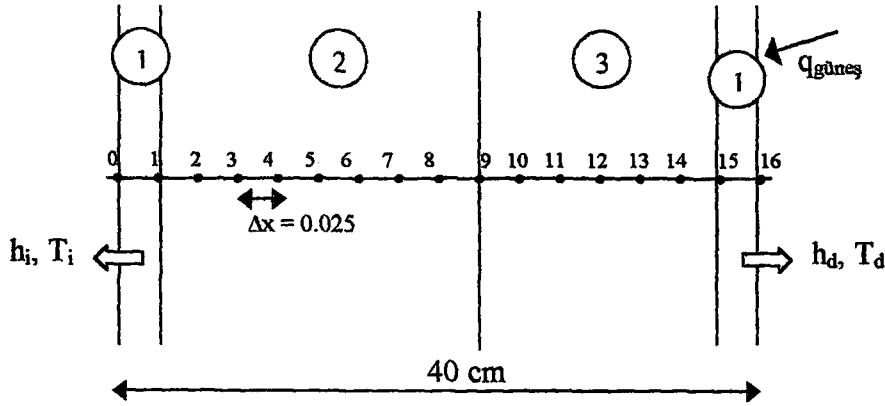
$$0 \text{ düğümü} : T_0^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} T_i + \tau \frac{g_0^i \Delta x}{k} \quad (5.14)$$

$$1, 9 \text{ ve } 13 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \left(1 - \frac{\tau_{A,B}}{k_B} - \frac{\tau_{A,B}}{k_A}\right) T_m^i + \tau_{A,B} \left(\frac{T_{m-1}^i}{k_A} + \frac{T_{m+1}^i}{k_B}\right) \quad (5.17)$$

$$2, \dots, 8 \text{ ve } 10, 11, 12 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \tau(T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2\tau)T_m^i + \tau \frac{g_m \Delta x^2}{\tau} \quad (5.12)$$

$$14 \text{ düğümü} : T_M^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k}\right) T_M^i + 2\tau T_{M+1}^i + 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} T_d^i + \tau \frac{\kappa q_{güneş}^i \Delta x}{k} \quad (5.15)$$

- 15 cm yalıtımlı bina kabuğu (Şekil 5.9):



Şekil 5.9. 15 cm Yalıtımlı Bina Kabuğunun Sonlu Fark Formülasyonu

$$0 \text{ düğümü} : T_0^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k}\right) T_0^i + 2\tau T_1^i + 2\tau \frac{h_i \Delta x}{k} T_i + \tau \frac{g_0 \Delta x}{k} \quad (5.14)$$

$$1, 9 \text{ ve } 15 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \left(1 - \frac{\tau_{A,B}}{k_B} - \frac{\tau_{A,B}}{k_A}\right) T_m^i + \tau_{A,B} \left(\frac{T_{m-1}^i}{k_A} + \frac{T_{m+1}^i}{k_B}\right) \quad (5.17)$$

$$2, \dots, 8 \text{ ve } 10, \dots, 14 \text{ düğümleri} : T_m^{i+1} = \tau(T_{m-1}^i + T_{m+1}^i) + (1 - 2\tau)T_m^i + \tau \frac{g_m \Delta x^2}{\tau} \quad (5.12)$$

$$16 \text{ düğümü} : T_M^{i+1} = \left(1 - 2\tau - 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k}\right) T_M^i + 2\tau T_{m+1}^i + 2\tau \frac{h_d \Delta x}{k} T_d^i + \tau \frac{kq_{güneş}^i \Delta x}{k} \quad (5.15)$$

- ① nolu yapı malzemesi (iç ve dış sıva; $k=1.4 \text{ W/m}^0\text{C}$, $\alpha=6.66 \cdot 10^{-7}$, $L=2.5 \text{ cm}$) için

$$\Delta x = \frac{L}{M-1}, \quad M=2, \quad \Delta x = 0.025 \text{ m} \quad \text{ve} \quad \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \text{ 'den} \quad \Delta t_1 = 469 \text{ sn}$$

- ② nolu yapı malzemesi (delikli tuğla; $k=0.7 \text{ W/m}^0\text{C}$, $\alpha=4.63 \cdot 10^{-7}$, $L=30 \text{ cm}$) için

$$\Delta x = \frac{L}{M-1}, \quad M=13, \quad \Delta x = 0.025 \text{ m} \quad \text{ve} \quad \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \text{ 'den} \quad \Delta t_2 = 675 \text{ sn}$$

3 nolu yapı malzemesi (EPS-Strafor; $k=00.4 \text{ W/m}^0\text{C}$, $\alpha=1.33*10^{-6}$, $L=15 \text{ cm}$) için

$$\Delta x = \frac{L}{M-1}, \quad M=7, \quad \Delta x = 0.025 \text{ m} \quad \text{ve} \quad \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \leq \frac{1}{2} \quad \text{'den} \quad \Delta t_3 = 234 \text{ sn}$$

$$\Delta t_3 < \Delta t_1 < \Delta t_2$$

olduğundan, çözümün hassasiyeti ve sayısal çözümdeki kesme hatasının azaltılması da düşünülerek, $\Delta t = 15 \text{ sn}$ seçilmiştir.

Bütün iç ve sınır düğümleri için geçerli explicit sonlu fark formülasyonu sonucu oluşan cebrik denklemlerin çözümünde önce bütün düğümlerde başlangıçta sabit bir sıcaklık olduğu ($T_m^i = 20 \text{ }^0\text{C}$) varsayılmıştır. Bu sabit değere göre bütün düğümlerin bir sonraki zaman adımıdaki yeni sıcaklıkları (T_m^{i+1}) hesaplanmıştır. Sonraki adımlarda en son hesaplanan sıcaklık değerleri, başlangıç sıcaklıkları alınarak hesaplamalar tüm yıl boyunca tekrar edilmiştir. Böylece bütün zaman adımlarında, yapı elemanı içerisindeki sıcaklık dağılımları hesaplanmıştır. Bina kabuğu boyunca aynı dış sıcaklık değişiminin ard arda uygulanması sonucu birinci 8760 saatlik süre sonunda sıcaklık dağılımı periyodik hale gelmiştir. Başlangıç sıcaklığının farklı değerleri için aynı sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. Bu sıcaklık değerleri, sonraki bölümlerde gösterilen ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplamalarında kullanılmıştır.

5.2. Isı Kaybı Hesabı

Binalarda genel olarak ısıtma periyodu süresince ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanırken, kalan miktarın ise ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. İç ortamı belli bir sıcaklıkta tutmak ve ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gereken ısıtma enerjisi miktarını belirlemek için yapılan ısı kaybı hesapları, gün uzunluğu boyunca sürekli değiştiğinden oldukça karmaşıktır. Projelerde bu hesaplar gerçekleştirilirken maksimum ısı kaybı dikkate alınır. Bu da önemli oranda enerji kaybına neden olur.

Bir yapının ısıtma periyodu süresince toplam ısı kayıp ve kazancı genel olarak şu kısımlarda meydana gelmektedir;

- Duvar ve çatıda olan ısı kayıp ve kazancı,
- Saydam yüzeylerde olan ısı kayıp ve kazancı,
- İç mekanlar, tavan ve döşemelerde olan ısı kayıp ve kazancı,
- İç ortamı kullanan insanlardan olan ısı kayıp ve kazancı,
- Aydınlatma ve diğer elektrikli cihazlardan olan ısı kayıp ve kazancı,

Çalışmanın “Ön kabuller ve sınırlılıklar” bölümünde, yukarıda sıralanan ısı kayıp ve kazancına sebep olan kısımlar ile ilgili varsayımlar yapılmıştır.

Bilindiği gibi gün boyunca güneş ışımasını ve çevre sıcaklığının yapı üzerindeki etkisi sürekli farklılık göstermektedir. Bu nedenle yapının kabuk elemanının opak ve saydam kısımlarında olan ısı geçişi zamana bağlı olarak anlık değişmektedir.

5.2.1. Opak Elemandan Olan Isı Kaybının Hesabı

Isı kayıp ve kazançları için halen uygulanmakta olan yöntemde, iklim şartlarına, yöreye ve mevsime göre seçilen, dolayısı ile sabit olarak kabul edilen çevre ve iç ortam sıcaklıkları ve toplam ısı taşınım katsayısı esas alınarak;

$$Q = UA\Delta T \quad (5.19)$$

eşitliği ile ısı yükleri bulunmaktadır. Eşitlik (5.18)'de, U toplam ısı transfer katsayısını (W/m^2), A yapı bileşeninin alanını (m^2), ΔT iç-dış ortam sıcaklık farklarını (C^0) göstermektedir. Toplam ısı transfer katsayısı U;

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{k_i} + \frac{1}{h_d}} \quad (5.20)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bu yöntemde, seçilen süre boyunca ısı akısı sabit kabul edildiğinden, gerçek çalışma şartları için geçerli olan zamana göre değişimleri tespit etmek mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada ise zamana göre değişen dış ortam sıcaklıkları, güneş ışımasını şiddeti, rüzgar hızı vb. faktörlerin etkisini dikkate alan bir hesap yöntemi

kullanılmıştır. Bu hesap yönteminde özellikle bina yönlendiriliş açısının etkisi araştırılmış ve en uygun bina yönlendiriliş açısı tespit edilmiştir.

İç ortama taşınım ile transfer edilen anlık ısı, (5.11), (5.14), (5.15) ve (5.17) eşitliklerinden faydalanılarak bina kabuğu kesitlerine göre kurulan denklem takımlarının çözümü ile bulunan bina kabuğu iç yüzey sıcaklığının;

$$q_i = h_i (T_{di} - T_i) \quad (5.21)$$

eşitliğinde yerine konulması ile tespit edilmiştir. Güneş ışınımının farklı yönlerdeki duvarlarda farklı değerler almasından dolayı ısı kayıp ve kazancı her duvarda farklı değerler almaktadır.

İç (h_i) ve dış (h_d) ortamın taşınım katsayıları ise

$$h_i = h_{sk} + h_r \quad (5.22)$$

$$h_d = h_{zk} + h_r + h_{sk} \quad (5.23)$$

$$h_{zk} = 2.8 + 3V \quad (5.24)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Duffie ve Beckman, 1980). h_{zk} (W/m^2K) dış ortama bakan duvar yüzeyi ile bu ortam arasındaki zorlanmış taşınım ile olan ısı taşınım katsayısı, h_{sk} (W/m^2K) doğal taşınım ile olan ısı transfer katsayısı, h_r (W/m^2K) ışınlama ile olan ısı transfer katsayısı, V (m/s) anlık rüzgar hızı değeridir.

İç ortam taşınım katsayısı (h_i) literatürde 5-7 W/m^2K arasında verilmiştir. Bu çalışmada ise $h_i = 6$ W/m^2K olarak sabit bir değer alınmış ve h_d ise rüzgar hızına bağlı olarak (5.23) ve (5.24) eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

5.2.2. Saydam Yüzeyden Olan Isı Kaybı ve Kazancının Hesabı

Yapıların saydam yüzeylerinden zamana bağlı olarak ısı geçişi iki kısımdan meydana gelmektedir. Birincisi, güneşten gelen ışınlamanın saydam yüzeyden geçerek iç ortamı ısıtması, ikincisi ise iç-dış ortam arasında taşınım ile meydana gelen ısı kaybıdır.

Ancak saydam yüzeylerin ısı depolama kabiliyeti ihmal edildiğinden, ısı kazancı sürekli rejimdeki ısı transferi gibi hesaplanabilmektedir (Threlkeld, 1970).

Herhangi bir saydam yüzeyde olan ısı kaybı,

$$q_i = (F_s \tau_d I_d + \tau_y I_y + \tau_{ya} I_{ya}) + \frac{(F_s \alpha_d I_d + \alpha_y I_y + \alpha_{ya} I_{ya})}{1 + \left(\frac{h_d}{h_i} \right)} + U(T_d - T_i) \quad (5.25)$$

eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte F_s gölgeleme faktörü olup 1 olarak alınmıştır. U ise

$$U = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_d)} \quad (5.26)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, bina kabuğu alternatiflerinden elde edilen ısıtma enerjileri; kabuk elemanın sıcaklık dağılımına, eğik düzleme gelen direk, yayılı ve yansıyan güneş ışınımı değerlerine ve güneş geliş açlarına bağlı olarak bilgisayarda sayısal olarak hesaplanmıştır.

5.3. Isıtma Enerjisi Maliyet Hesabı

Herhangi bir yapıda, ısıtma sistemi vasıtası ile elde edilmesi gereken ısıtma enerjisi maliyeti, ısıtma sisteminde kullanılan yıllık yakıt miktarı ile ilişkili olarak bulunur. Buna göre, yıllık gerekli yakıt miktarı (B_y (kg/yıl));

$$B_y = \frac{Q_k Z_g Z_y}{H_u \eta_u} \quad (5.27)$$

eşitliği ile hesaplanır (Özcan ve Vural, 1982). Bu eşitlikte, Q_k saatlik ısı kaybı (kcal/h), Z_g günlük ısınma süresi (saat), Z_y yıllık ısınma zamanı (gün), H_u yakıtın alt ısı değeri (kcal/kg) ve η_u verimdir (%).

Bu çalışmada, bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi, saatlik olarak hesaplandığı için (5.27) eşitliği,

$$B_y = \frac{Q_k}{H_u \eta_u} \quad (5.28)$$

şeklinde kullanılmıştır.

Isıtma periyodu boyunca sarfedilen yakıt miktarının hesabı için kalorifer yakıtı fiyatı 587.000 TL/kg olarak alınmış ve Eşitlik (5.28)'de hesaplanan yakıt miktarı (B_y) değerleri de dikkate alınarak bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi maliyetleri hesaplanmıştır. Bina alternatiflerinin kendilerini amorti etme sürelerinin hesabı, gelecek yıllarda yıllık enflasyon oranının %35 sabit bir değerle bir sonraki yıla taşınacağı senaryosu üzerinde yapılmıştır. Hesaplamalar bilgisayar ortamında (Excel),

$$K_m = (M_{Y1} - M_{Ys}) - M_Y \quad (5.29)$$

eşitliği kullanılarak yapılmıştır. Her defasında $K_m = M_Y$ olmak üzere eşitliğin sağ tarafındaki değerler %35 oranında arttırılarak bir sonraki yıla taşınmış ve sonuç, negatif (-) değer çıkıncaya kadar işlemlere devam edilmiştir. Eşitlik (5.29)'da M_{Y1} yalıtımlı bina ısıtma enerjisi maliyeti (TL), M_{Ys} yalıtımsız bina ısıtma enerjisi maliyeti (TL), M_Y binanın yalıtım maliyeti (TL) ve K_m kazanç miktarıdır (TL).

Hesaplamalara bu şekilde, her bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumu için yalıtım maliyeti değerinin sıfırlanmasına kadar devam edilmiştir. Negatif (-) değer elde edildiği yıl, binanın kendini amorti etme süresi (yıl), elde edilen değer (TL) ise kazanç miktarı olarak kabul edilmiştir.

5.4. Metodun Adımları

Metodun uygulanması için izlenecek yol aşağıdaki gibidir:

1. Yeryüzünde eğik bir düzleme gelen saatlik direk, yayılı, yansıyan ve toplam güneş ışınlamaları ile güneş geliş açısının hesaplanması:
Eğik düzlem, doğudan batıya doğru bir eksen etrafında 90^0 'ye kadar 10^0 'lik farklı azimut açıları ile zemine oturtulmuştur. Her bir konum için binanın

dört ayrı yöne bakan bina kabuğu üzerine gelen direk, yayılı, yansıyan ve toplam güneş ışınlamaları (MJ/m^2) ile güneş geliş açıları saatlik olarak hesaplanır.

2. Bina kabuğu, iç yüzey sıcaklıklarının hesaplanması:

Isıtma enerjisi hesaplarında temel alınacak bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı; her bir kabuk alternatifi için explicit sonlu fark formülasyonu ile kurulan denklem takımları ile bir önceki adımda hesaplanan eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınlamı değerleri ve Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan Elazığ ili için saatlik dış sıcaklık ve rüzgar hızı verileri kullanılarak hesaplanır.

3. Bina kabuğunun opak kısmı için yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanması:

Bir önceki adımda zamana bağlı olarak hesaplanan bina kabuğunun iç yüzey sıcaklığı değerlerinin saatlik aritmetik ortalaması ve yüzeyin, saydam yüzey çıkartılarak hesaplanan alanı geçici rejim ısı kazancı denkleminde yerine konulması ile farklı yönlere bakan opak elemanda meydana gelen ısı kazancı hesaplanır. Saatlik olarak hesaplanan ısıtma enerjisi değerleri, yılın oniki ayına ait toplam saatlik değerler olarak düzenlenir.

4. Saydam yüzeylerden geçen ısı miktarının hesaplanması:

Birinci adımda hesaplanan direk, yayılı ve yansıyan güneş ışınlamı değerleri ve güneş geliş açıları, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Elazığ ili için saatlik dış sıcaklık ve rüzgar hızı verileri ve kullanılan cam elemana ait fiziksel özelliklerle birlikte saydam yüzeyden geçen ısı miktarı saatlik olarak hesaplanır.

5. Saydam yüzeyler için yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanması:

Bir önceki adımda hesaplanan, saydam yüzeye ait saatlik ısı kaybı değerleri, saydam yüzeyin alanı da hesaba katılarak, farklı yönlere bakan saydam elemanda meydana gelen saatlik ısıtma enerjisi her yön için yeniden hesaplanır. Yıl boyunca saat saat hesaplanan ısıtma enerjisi değerleri, yılın oniki ayına ait toplam saatlik değerler olarak düzenlenir.

6. Bina kabuğunun yıllık toplam ısıtma enerjisinin hesaplanması:

Üçüncü ve beşinci adımlarda hesaplanan, binanın dört farklı yöne bakan, opak ve saydam kısımlarında meydana gelen aylık-saatlik ısıtma enerjileri

bu adımda, aynı ay ve saatler olarak toplanır. Sonuçta binanın, dört farklı yöne bakan kabuğunda meydana gelen ısıtma enerjileri yılın oniki ayına ait toplam aylık- saatlik veriler olarak düzenlenir.

Yukarıda anlatılan metot adımları, FORTRAN programlama dilinde yazılmış bir bilgisayar programı ile Pentium-2 (300 MHz) bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Bina kabuğu konfigürasyonuna bağlı olarak 2-20 dakikalık bir işletim süresi (her yönlendiriliş durumu için) söz konusudur.

5.5. Önkabuller ve Metodun Sınırlılıkları

Önerilen metodun geliştirilmesinde dikkate alınan önkabul ve sınırlılıklar, önceki bölümlerde ve yeri geldikçe açıklanmış olmakla beraber, şöyle özetlenebilir:

- Uygulama çalışması, Elazığ iline ait 1999 yılı iklimsel verileri ile bir yıllık zaman periyodu ($365 \times 24 = 8760$ saat) için yapılmıştır. Elazığ iline ait 1999 yılı dış ortam sıcaklığı, güneş ışıınımı, rüzgar hızı, güneşlenme süresi vb. iklimsel veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
- Çalışmada ısı kaynaklarından (insan ve elektrikli cihazlardan), tavan ve döşemeden olacak ısı kayıp ve kazancı ihmal edilmiştir.
- Çalışmada yapı bileşenlerinin iç yüzeylerinde, yoğunlaşmanın olmadığı varsayılmıştır.
- Elazığ ili enlem açısı $\phi = 38.4^\circ$, yükseklik $z = 1105$ m alınmıştır.
- İç ortam tasarım sıcaklığı 20°C ve eğik düzlemler için $\beta = 90^\circ$ alınmıştır.
- Yerin yansıtma oranı $P = 0.2$ ve bina kabuğunun güneş ışıınımını yutma katsayısı $\kappa = 0.5$ varsayılmıştır.
- Bina alternatifleri, 1/1, 2/1, 1/2 olmak üzere üç farklı biçim faktörüne (BF) ve cephe yüzey alanının %15, %20, %25 olmak üzere üç farklı saydamlık oranına (S1, S2, S3) sahip olduğu varsayılmıştır.

- Bina alternatifleri, aynı taban alanına, her yöndeki bina kabuğu üzerinde aynı oranda saydam yüzey alanına sahip olduğu varsayılmıştır.
- Saydam yüzeylerde; doğramasız, kalınlığı 0.003 m, kırma indisi $n = 1.5$ ve azaltma faktörü $K = 15 \text{ m}^{-1}$ olan tek katlı cam elemanı kullanılmıştır. Dolayısıyla hava sızıntısı vb. yollarla ısı kaybının olmadığı varsayılmıştır.
- Bina alternatiflerine kendisinin ve dışardan herhangi bir yapı veya elemanın gölgesinin düşmediği ve saçaksız, balkon vb. girinti ve çıkıntılardan yoksun, kat yüksekliği 3 m olan kare ve dikdörtgen kütlelerden meydana gelmiş ara katlar olduğu varsayılmıştır.
- Bina alternatifleri, 90° 'ye kadar 10° 'lik farklara sahip yüzey azimut açıları ile zemine oturtulduğu varsayılmıştır.

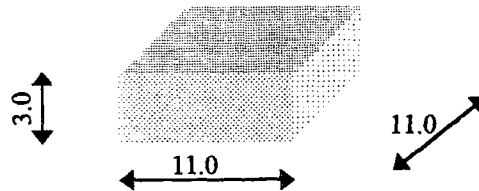
5.6. Metodun Uygulanması

Teorik yapısı açıklanan sistemde, parametrelerin etkilerinin görülebilmesi amacıyla bir dizi uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama için seçilen bina alternatifleri ile ilgili bilgiler ve özellikler çalışmanın bu bölümünde sunulmuştur.

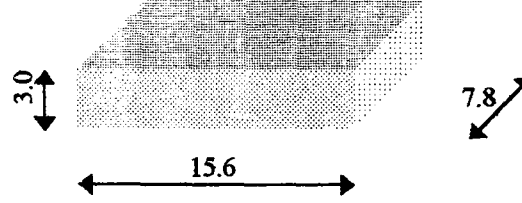
5.6.1. Biçim Faktörü (BF)

Uygulama çalışmasında ele alınan tüm bina alternatiflerinin ara katlarda yer aldığı varsayılmıştır.

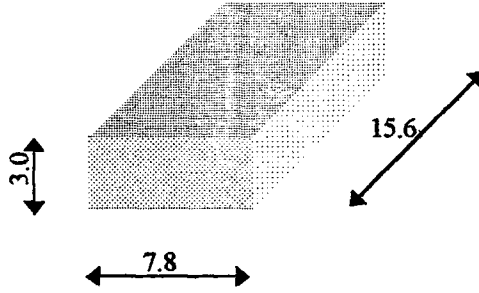
BF: 1/1



$$\text{Taban alanı} = 11.0 \times 11.0 = \underline{121 \text{ m}^2}$$

BF: 2/1

$$\text{Taban alanı} = 15.6 * 7.8 = \underline{121.6 \text{ m}^2}$$

BF: 1/2

$$\text{Taban alanı} = 7.8 * 15.6 = \underline{121.6 \text{ m}^2}$$

5.6.2. Saydamlık Oranı (S), Saydam ve Opak Yüzey Alanı

S1 (%15), BF 1/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

$$\text{Tüm yönlerde} \dots\dots\dots (11.0 * 3.0) * 0.15 = \underline{4.95 \text{ m}^2} \text{ (saydam)}$$

$$\text{Tüm yönlerde} \dots\dots\dots (11.0 * 3.0) - 4.95 = \underline{28.05 \text{ m}^2} \text{ (opak)}$$

BF 2/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

$$\text{Kuzey, güney} \dots\dots\dots (15.6 * 3.0) * 0.15 = \underline{7.02 \text{ m}^2} \text{ (saydam)}$$

$$\text{Kuzey, güney} \dots\dots\dots (15.6 * 3.0) - 7.02 = \underline{39.78 \text{ m}^2} \text{ (opak)}$$

$$\text{Doğu, batı} \dots\dots\dots (7.8 * 3.0) * 0.15 = \underline{3.51 \text{ m}^2} \text{ (saydam)}$$

$$\text{Doğu, batı} \dots\dots\dots (7.8 * 3.0) - 3.51 = \underline{19.89 \text{ m}^2} \text{ (opak)}$$

$$\text{Kuzeydoğu, güneybatı} \dots\dots\dots (15.6 * 3.0) * 0.15 = \underline{7.02 \text{ m}^2} \text{ (saydam)}$$

$$\text{Kuzeydoğu, güneybatı} \dots\dots\dots (15.6 * 3.0) - 7.02 = \underline{39.78 \text{ m}^2} \text{ (opak)}$$

Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)*0.15 = 3.51 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)-3.51 = 19.89 \text{ m}^2$ (opak)

BF 1/2 için saydam ve opak yüzey alanı,

Kuzey, güney $(7.8*3.0)*0.15 = 3.51 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzey, güney $(7.8*3.0)-3.51 = 19.89 \text{ m}^2$ (opak)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)*0.15 = 7.02 \text{ m}^2$ (saydam)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)-7.02 = 39.78 \text{ m}^2$ (opak)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)*0.15 = 3.51 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)-3.51 = 19.89 \text{ m}^2$ (opak)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)*0.15 = 7.02 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)-7.02 = 39.78 \text{ m}^2$ (opak)

S2 (%20). BF 1/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

Tüm yönlerde $(11.0*3.0)*0.20 = 6.6 \text{ m}^2$ (saydam)
 Tüm yönlerde $(11.0*3.0)-6.6 = 26.4 \text{ m}^2$ (opak)

BF 2/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

Kuzey, güney $(15.6*3.0)*0.20 = 9.36 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzey, güney $(15.6*3.0)-9.36 = 37.44 \text{ m}^2$ (opak)
 Doğu, batı $(7.8*3.0)*0.20 = 4.68 \text{ m}^2$ (saydam)
 Doğu, batı $(7.8*3.0)-4.68 = 18.72 \text{ m}^2$ (opak)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(15.6*3.0)*0.20 = 9.36 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(15.6*3.0)-9.36 = 37.44 \text{ m}^2$ (opak)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)*0.20 = 4.68 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)-4.68 = 18.72 \text{ m}^2$ (opak)

BF 1/2 için saydam ve opak yüzey alanı,

Kuzey, güney $(7.8*3.0)*0.20 = 4.68 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzey, güney $(7.8*3.0)-4.68 = 18.72 \text{ m}^2$ (opak)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)*0.20 = 9.36 \text{ m}^2$ (saydam)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)-9.36 = 37.44 \text{ m}^2$ (opak)

Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)*0.20 = 4.68 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)-4.68 = 18.72 \text{ m}^2$ (opak)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)*0.15 = 7.02 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)-7.02 = 39.78 \text{ m}^2$ (opak)

S3 (%25), BF 1/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

Tüm yönlerde $(11.0*3.0)*0.25 = 8.25 \text{ m}^2$ (saydam)
 Tüm yönlerde $(11.0*3.0)-8.25 = 24.75 \text{ m}^2$ (opak)

BF 2/1 için saydam ve opak yüzey alanı,

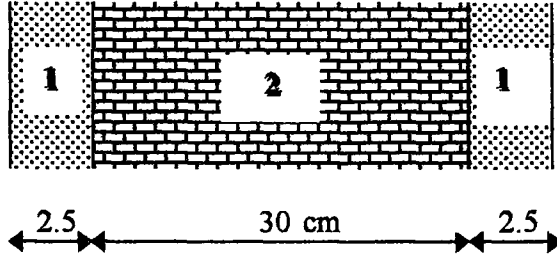
Kuzey, güney $(15.6*3.0)*0.25 = 11.7 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzey, güney $(15.6*3.0)-11.7 = 35.1 \text{ m}^2$ (opak)
 Doğu, batı $(7.8*3.0)*0.25 = 5.85 \text{ m}^2$ (saydam)
 Doğu, batı $(7.8*3.0)-5.85 = 17.55 \text{ m}^2$ (opak)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(15.6*3.0)*0.25 = 11.7 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(15.6*3.0)-11.7 = 35.1 \text{ m}^2$ (opak)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)*0.25 = 5.85 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(7.8*3.0)-5.85 = 17.55 \text{ m}^2$ (opak)

BF 1/2 için saydam ve opak yüzey alanı,

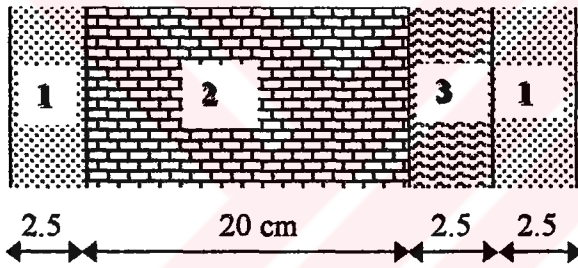
Kuzey, güney $(7.8*3.0)*0.25 = 5.85 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzey, güney $(7.8*3.0)-5.85 = 17.55 \text{ m}^2$ (opak)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)*0.25 = 11.7 \text{ m}^2$ (saydam)
 Doğu, batı $(15.6*3.0)-11.7 = 35.1 \text{ m}^2$ (opak)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)*0.25 = 5.85 \text{ m}^2$ (saydam)
 Kuzeydoğu, güneybatı $(7.8*3.0)-5.85 = 17.55 \text{ m}^2$ (opak)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)*0.25 = 11.7 \text{ m}^2$ (saydam)
 Güneydoğu, kuzeybatı $(15.6*3.0)-11.7 = 35.1 \text{ m}^2$ (opak)

5.6.3. Bina Kabuğu Alternatifleri

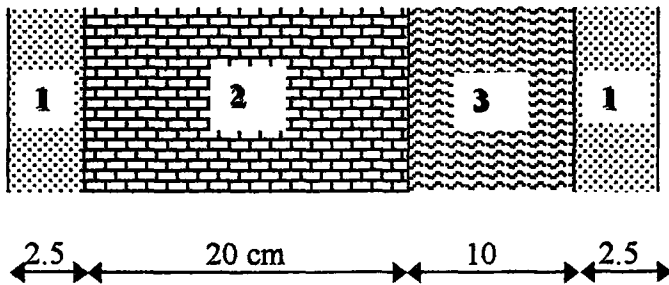
Çalışmada beş farklı detaya sahip bina kabuğu (Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14) incelenmiştir. Bina kabuğuna ait detaylar aşağıda verilmiştir:



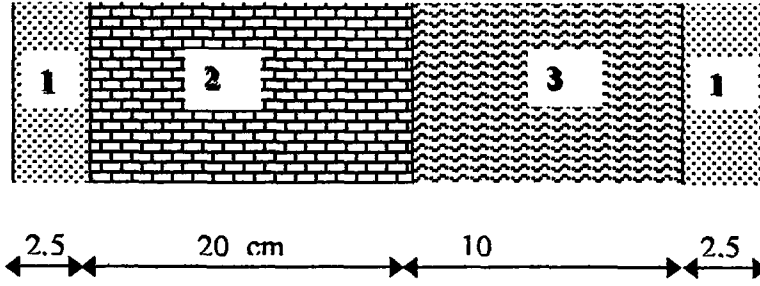
Şekil 5.10. Yalısız Bina Kabuğu Kesiti



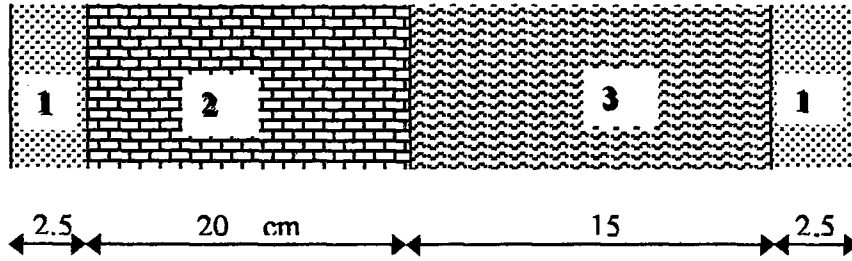
Şekil 5.11. 2.5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti



Şekil 5.12. 5 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti



Şekil 5.13. 10 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti



Şekil 5.14. 15 cm Yalıtımlı Bina Kabuğu Kesiti

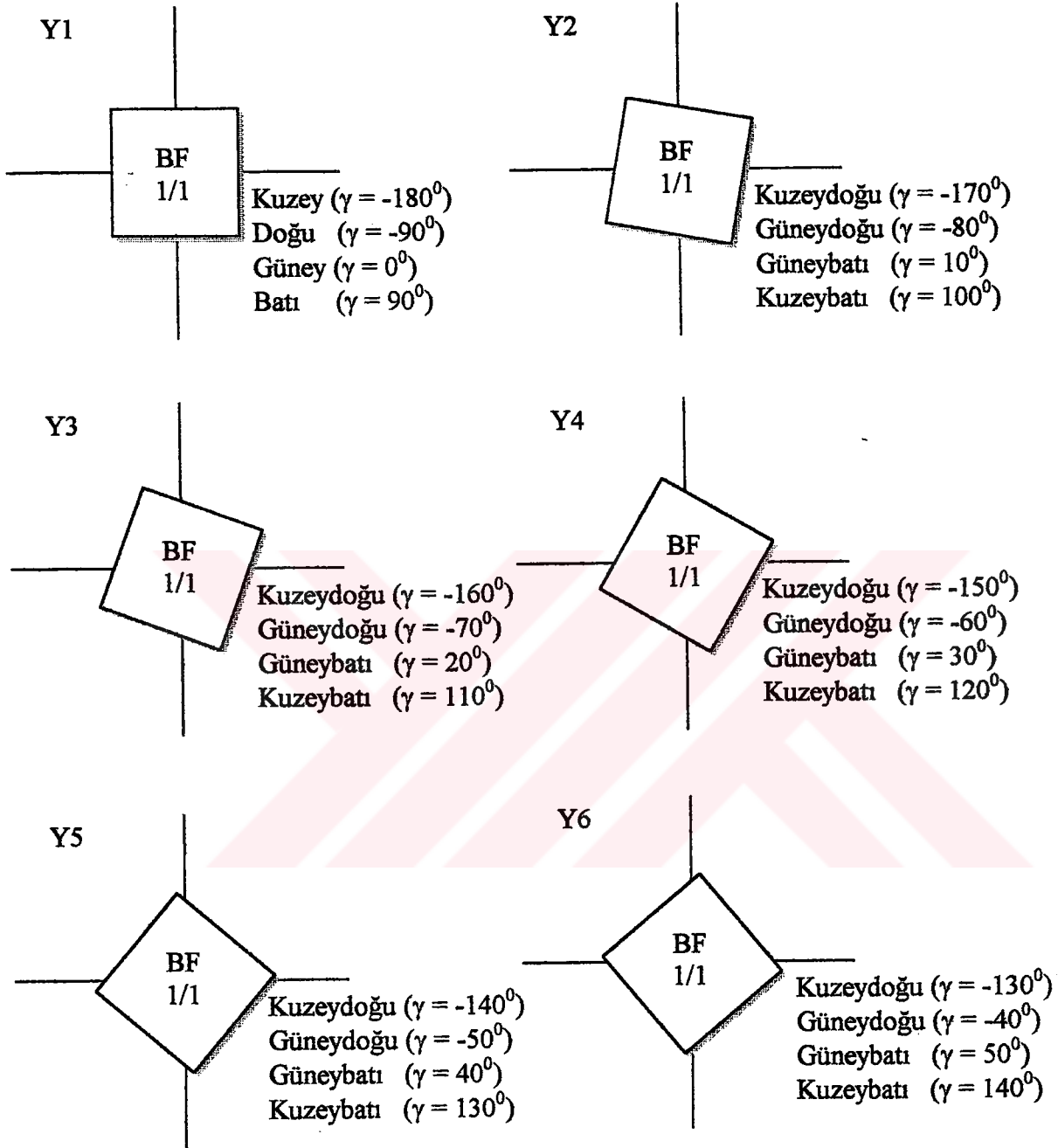
Yukarıdaki bina kabuğu kesitlerinde numaralandırılmış olan yapı malzemeleri ve malzemelere ait fiziksel özellikler Tablo 5.1 'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çalışmada Kullanılan Bina Kabuğu Malzemeleri ve Fiziksel Özellikleri

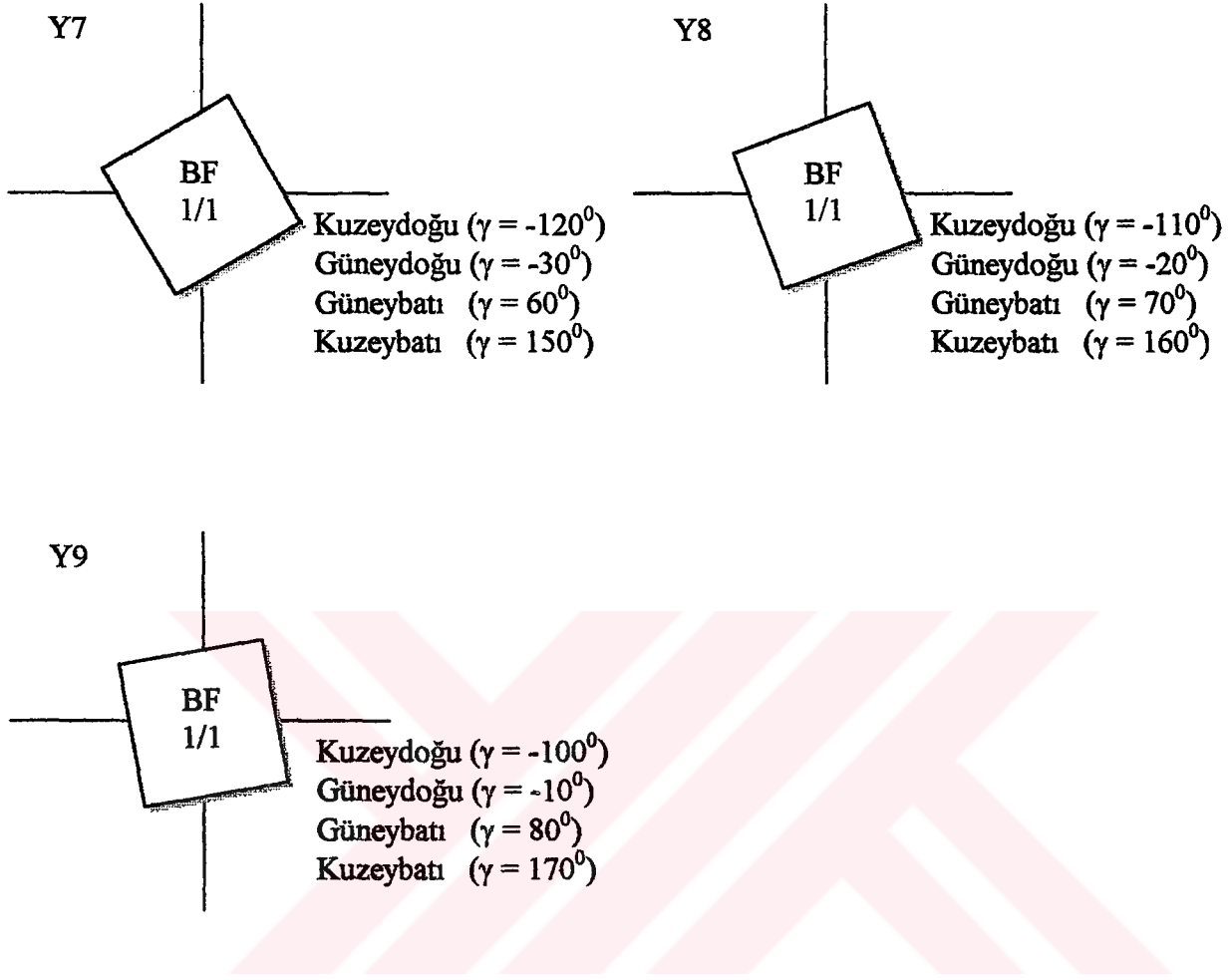
Detay No	Malzemeler	Isı İletim Katsayısı (k) (W/m ⁰ C)	Yoğunluk (ρ) (kg/ m ³)	Özgül Isı (C) (J/kg ⁰ C)
1	Çimento sıva	1.4	2000	1050
2	Delikli tuğla	0.7	1800	840
3	EPS-strafor	0.04	20	1500

5.6.4. Bina Alternatiflerinin Yönlendiriliş Durumu

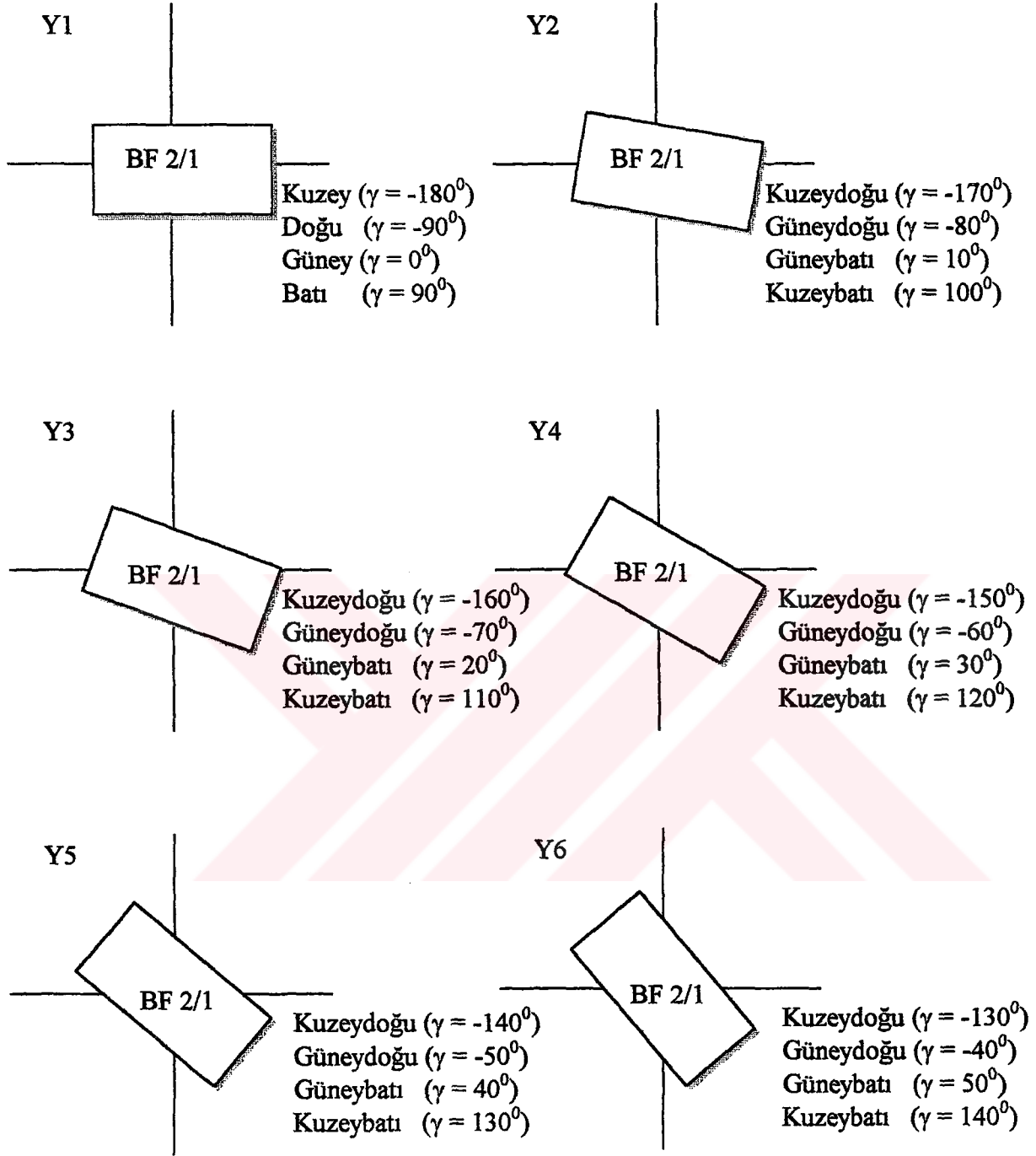
Bina alternatifleri batıdan doğuya doğru 90°'ye kadar 10°'lik farklı azimut açıları ile yönlendirilmişlerdir. Bina alternatiflerinin yönlendiriliş durumları Şekil 5.15(a)-(b), Şekil 5.16(a)-(b) ve Şekil 5.17(a)-(b) 'de verilmiştir.



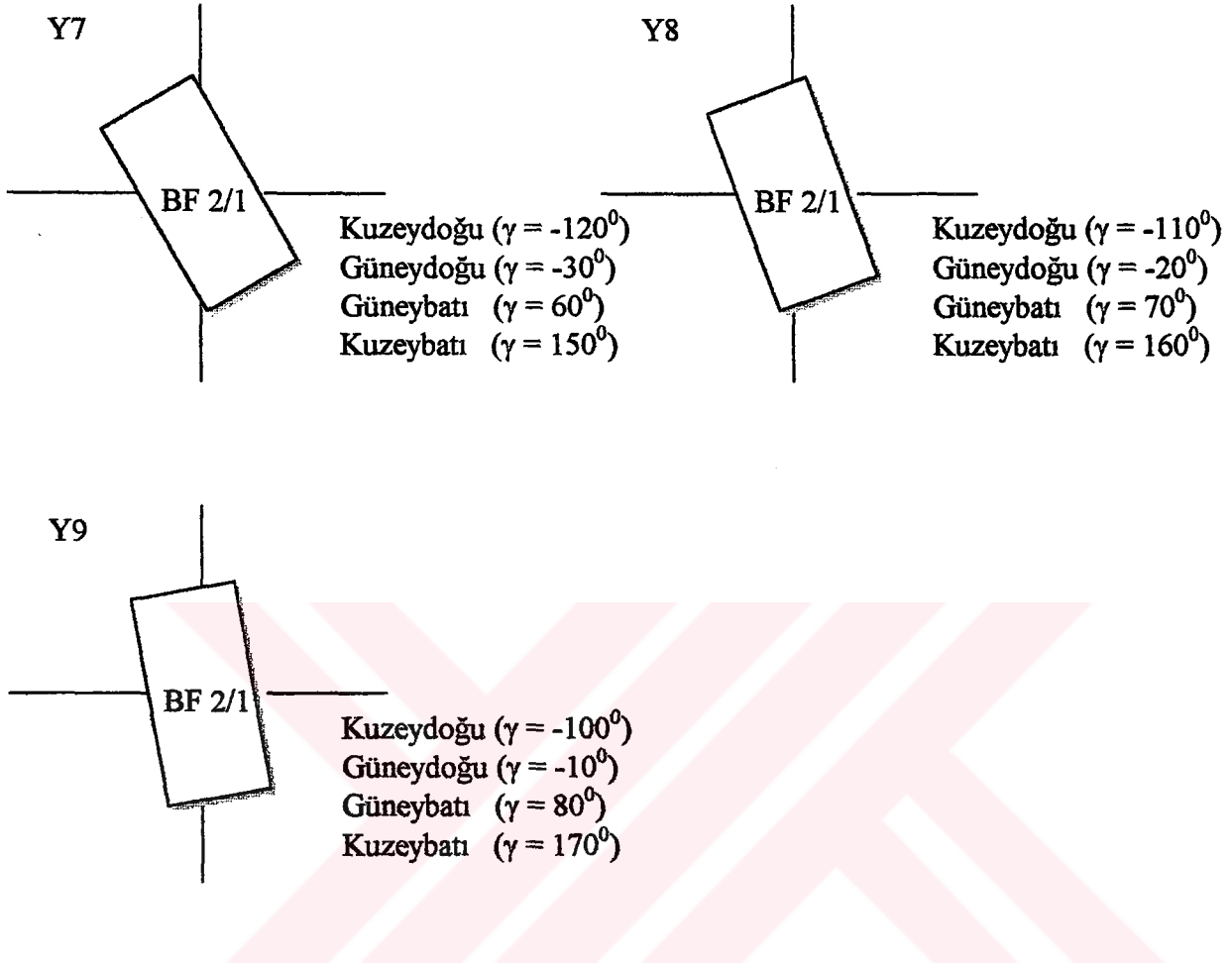
Şekil 5.15(a). Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu



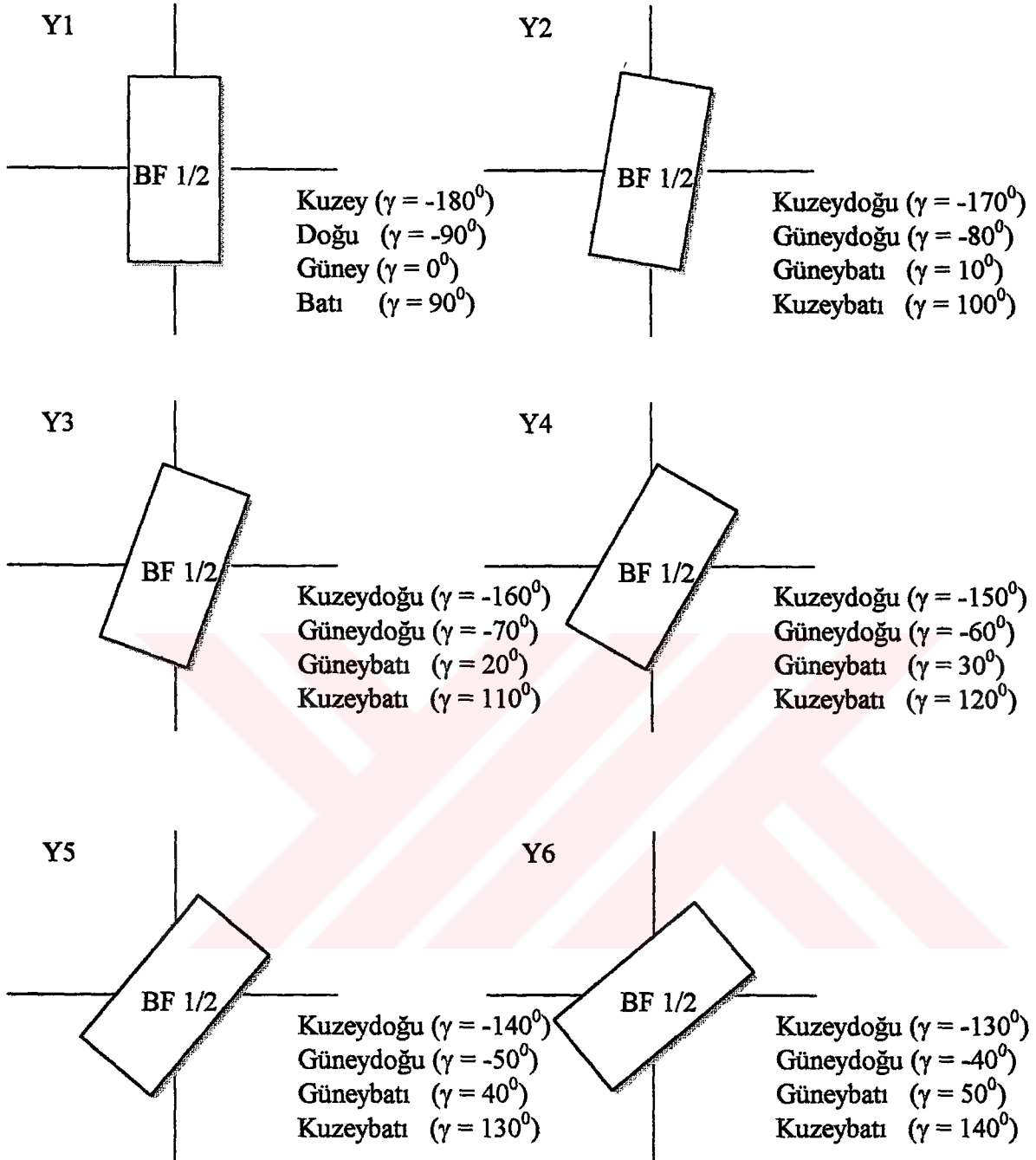
Şekil 5.15(b). Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu



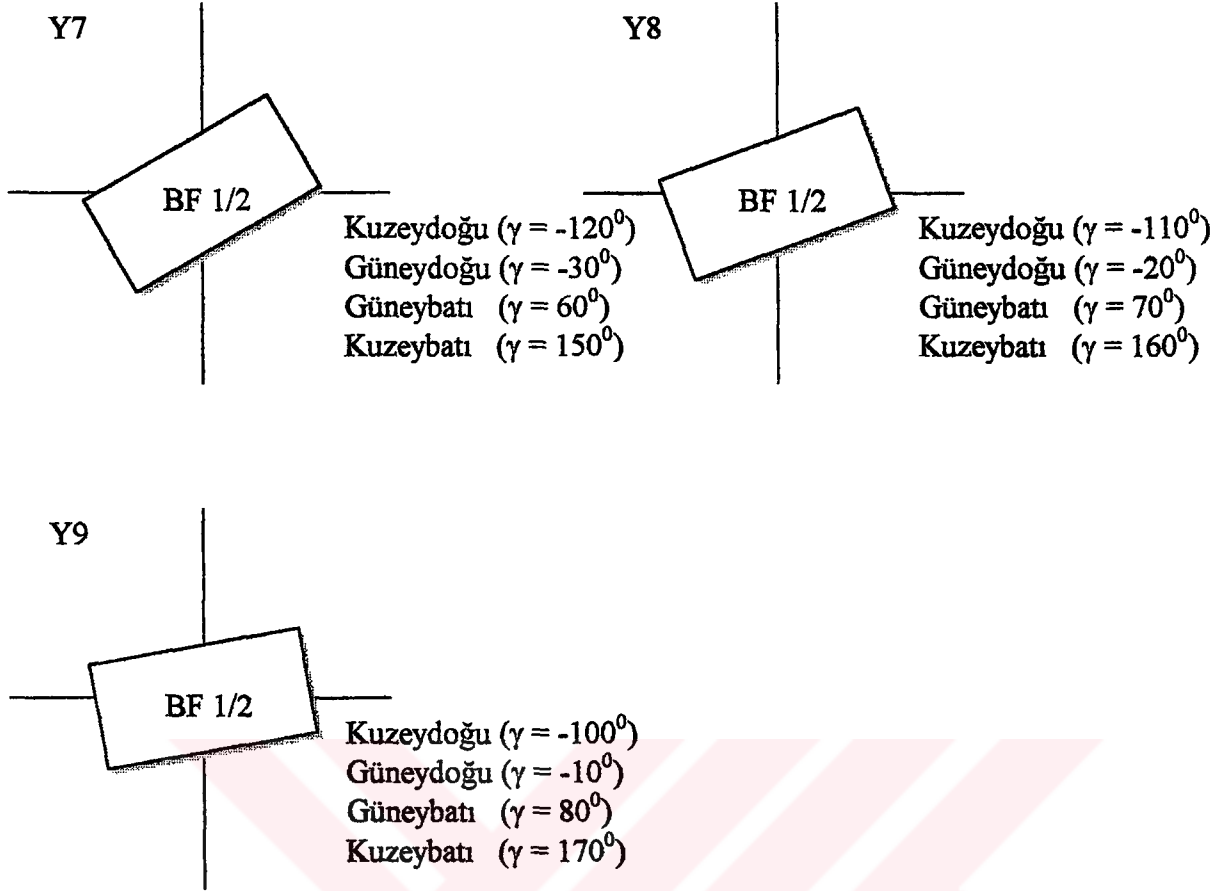
Şekil 5.16(a). Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu



Şekil 5.16(b). Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu



Şekil 5.17(a). Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu



Şekil 5.17(b). Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatifinin Yönlendiriliş Durumu

5.6.5. Bina Kabuğunun Yalıtım Maliyeti

Çalışmada 2.5 cm, 5 cm, 10 cm ve 15 cm yalıtım kalınlığına sahip dört farklı bina kabuğu incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak EPS-Styropor (genleştirilmiş polistiren) kullanılmış ve bu malzeme ile ilgili maliyet değerleri Tablo 5.2 'de gösterilmiştir (Yalıtım malzemesine ait birim fiyatlar; İzocam A.Ş., Terraco A.Ş. ve BTM A.Ş. üretici firmalarının 2001 Aralık dönemi satış fiyatlarıdır). Çalışmada ele alınan bina alternatiflerinin yüzey alanlarına bağlı olarak hesaplanan toplam yalıtım maliyetleri ise Tablo 5.3 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Yalıtım Malzemesi Maliyet Değerleri

Malzeme	Maliyet					
	Malzeme (TL/m ²)	Yapıştırıcı + Sıva (TL/m ²)	Sıva filesi (TL/m ²)	Plastik dübel (TL/m ²)	İşçilik (TL/m ²)	Mütahitlik karı (%10) + TOPLAM (TL/m ²)
EPS-Styropor (2.5 cm)	2.902.500	4.755.000	1.200.000	300.000	1.500.000	11.723.250
EPS-Styropor (5 cm)	5.805.000	4.755.000	1.200.000	300.000	1.500.000	14.916.000
EPS-Styropor (10 cm)	11.610.000	4.755.000	1.200.000	300.000	1.500.000	21.301.500
EPS-Styropor (15 cm)	17.415.000	4.755.000	1.200.000	300.000	1.500.000	27.687.000

Tablo 5.3. Çalışmada Ele Alınan Bina Alternatiflerine Göre Hesaplanmış Toplam Yalıtım Malzemesi Maliyeti Değerleri

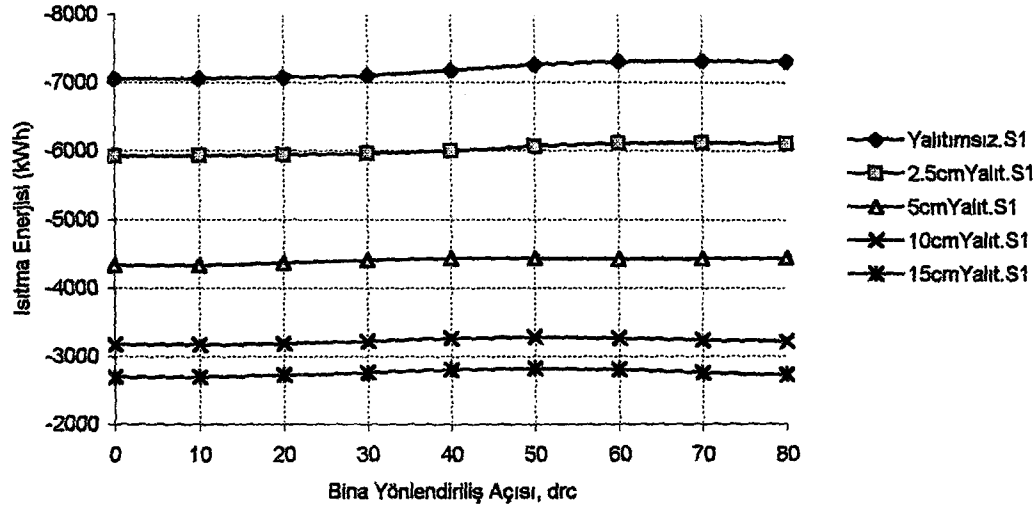
Birim Faktörü	Bina Kabuğu	Toplam Yalıtım Maliyeti (TL)		
		Saydam Yüzey Oranı %15 (S1)	Saydam Yüzey Oranı %20 (S2)	Saydam Yüzey Oranı %25 (S3)
BF 1/1	2.5 cm Yalıtımlı	1.315.348.650	1.237.975.200	1.160.601.750
	5 cm Yalıtımlı	1.673.575.200	1.575.129.600	1.476.684.000
	10 cm Yalıtımlı	2.390.028.300	2.249.438.400	2.108.848.500
	15 cm Yalıtımlı	3.106.481.400	2.923.747.200	2.741.013.000
BF 2/1	2.5 cm Yalıtımlı	1.399.052.655	1.316.755.440	1.234.458.225
	5 cm Yalıtımlı	1.780.075.440	1.675.365.120	1.570.654.800
	10 cm Yalıtımlı	2.542.121.010	2.392.584.480	2.243.047.950
	15 cm Yalıtımlı	3.304.166.580	3.109.803.840	2.915.441.100
BF ½	2.5 cm Yalıtımlı	1.399.052.655	1.316.755.440	1.234.458.225
	5 cm Yalıtımlı	1.780.075.440	1.675.365.120	1.570.654.800
	10 cm Yalıtımlı	2.542.121.010	2.392.584.480	2.243.047.950
	15 cm Yalıtımlı	3.304.166.580	3.109.803.840	2.915.441.100

6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

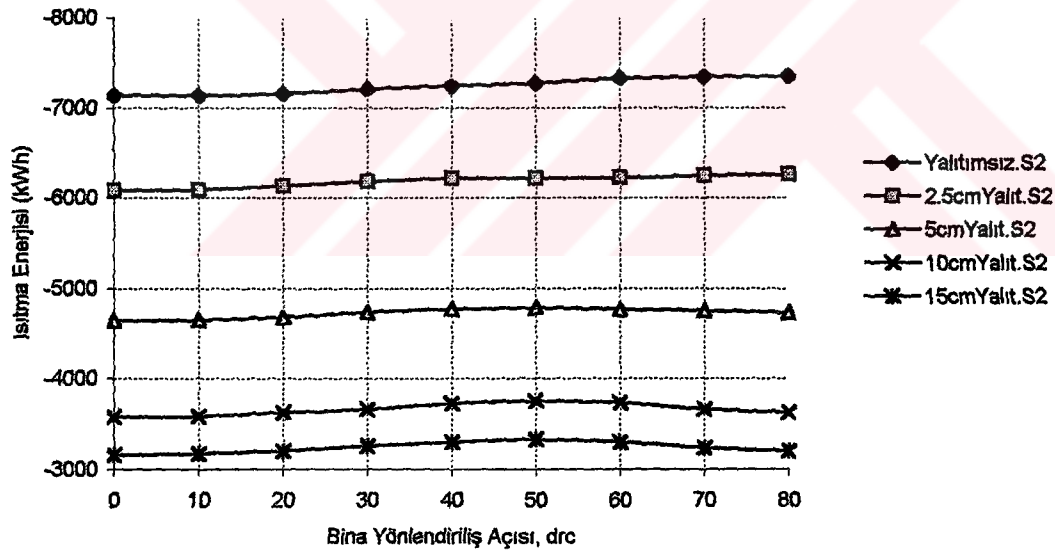
Önceki bölümde açıklanan hesaplama metodu ve varsayılan kabullere ve sınırlılıklara dayanarak bina alternatiflerinin yıllık toplam ısıtma enerjisi ve maliyetleri; bina yönlendiriliş açısı, bina biçimi, saydamlık oranı, bina kabuğu detayı ve yalıtım kalınlığı gibi parametrelere bağlı olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi derlenmiştir:

-I-

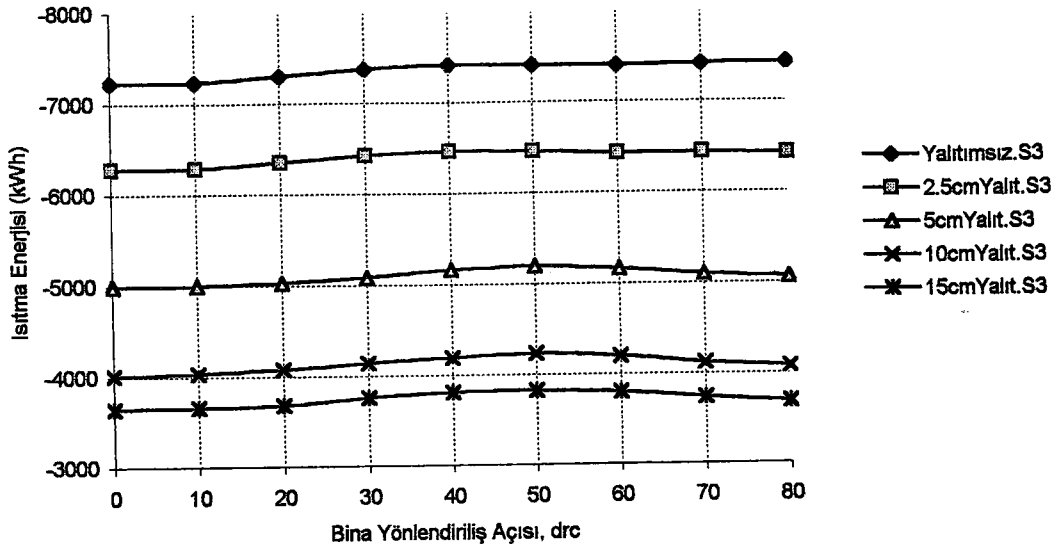
- A) Biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.1-6.3 'de verilmiştir.
- B) Biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.4-6.6 'da verilmiştir.
- C) Biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.7-6.9 'da verilmiştir.



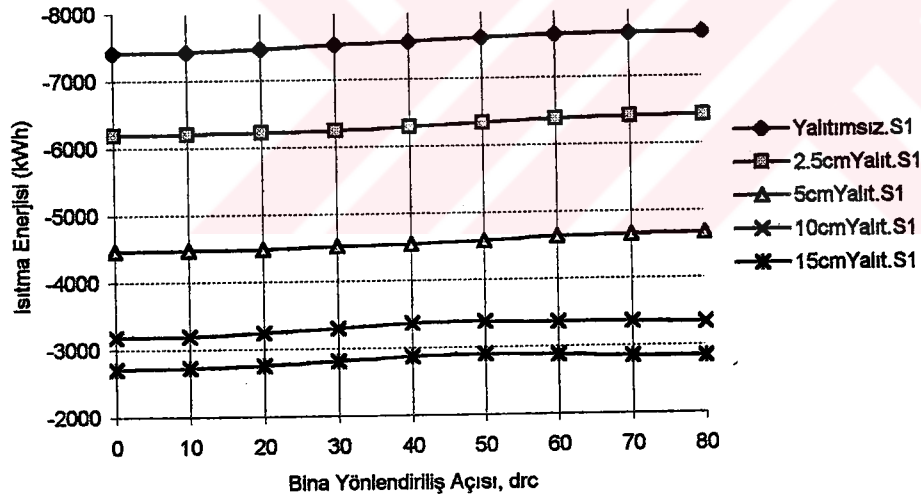
Şekil 6.1. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



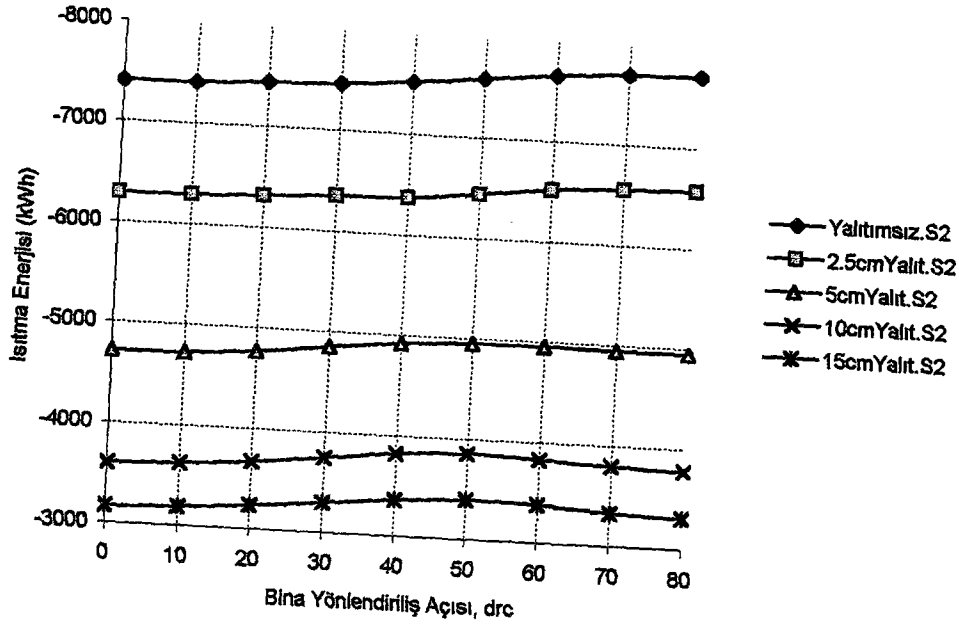
Şekil 6.2. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



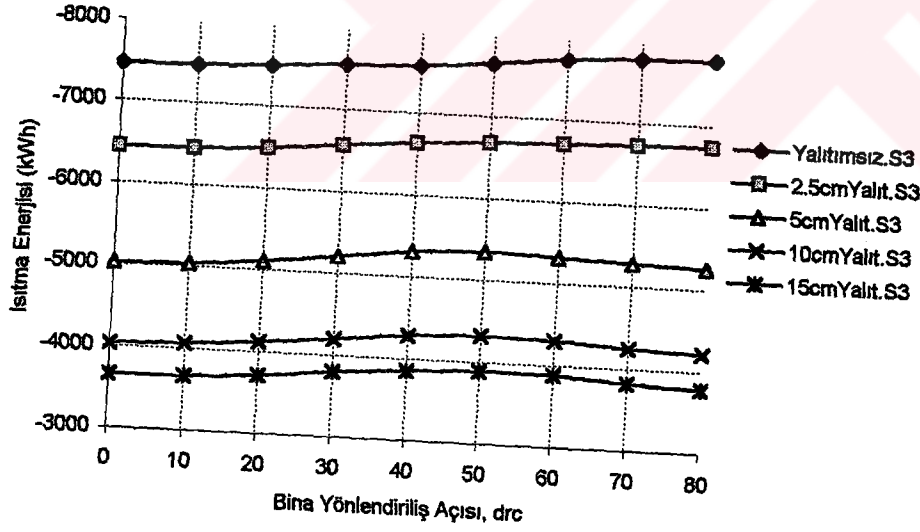
Şekil 6.3. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



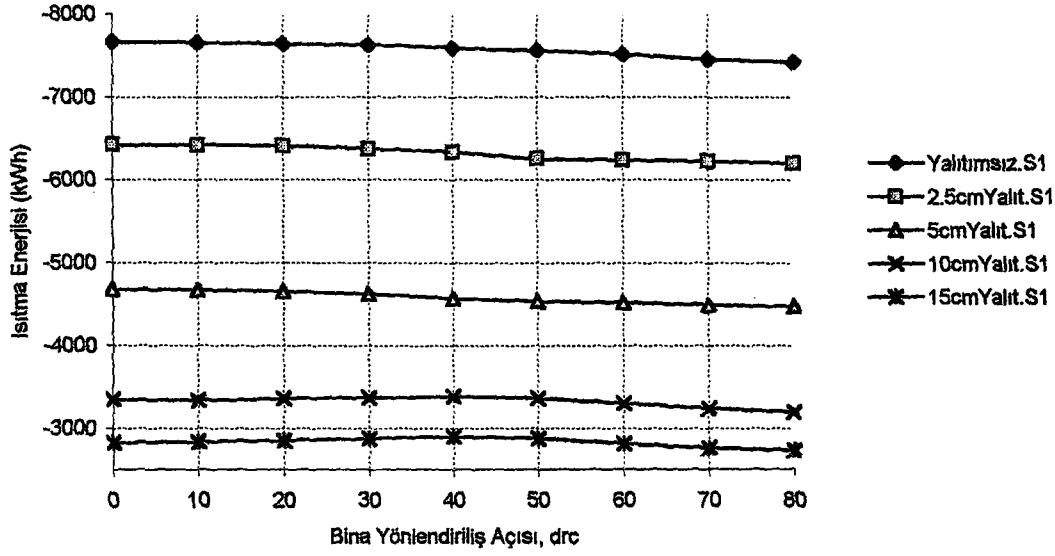
Şekil 6.4. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



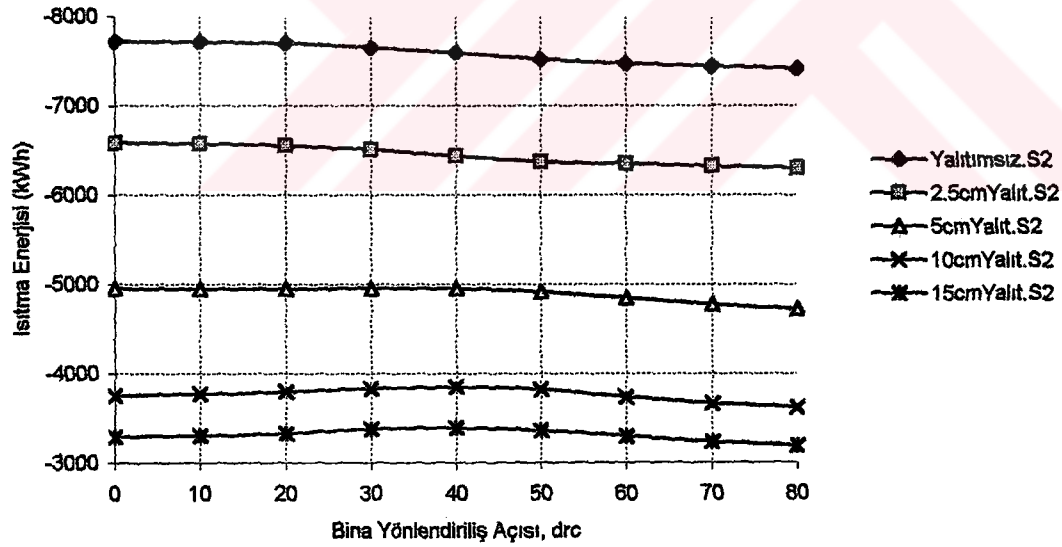
Şekil 6.5. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



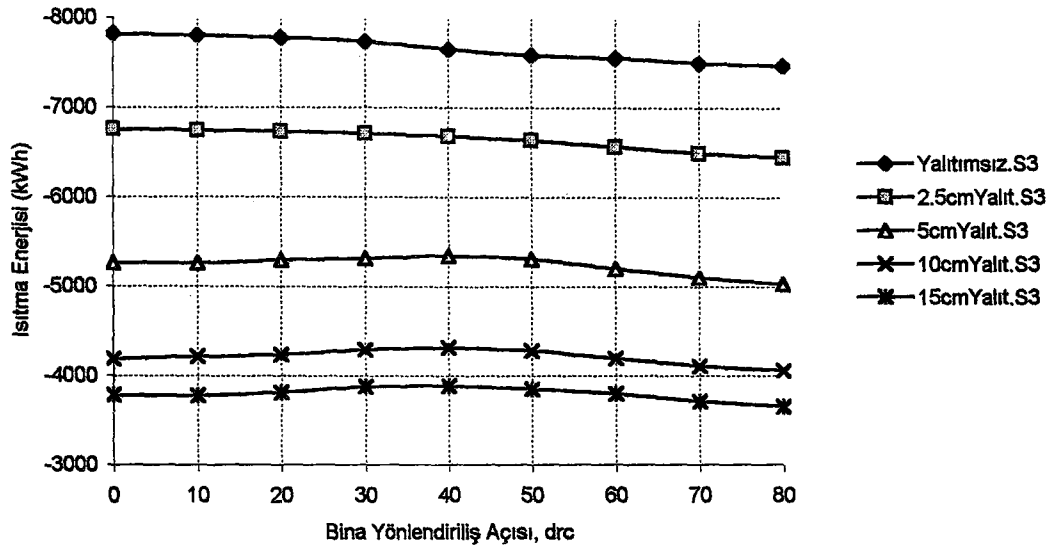
Şekil 6.6. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.7. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.8. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.9. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman ve Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri

Şekil 6.1-6.9 değerlendirildiğinde, biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin saydam yüzey oranına göre dokuz farklı yönlendiriliş durumunda yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin,

$$\%15 (S1) < \%20(S2) < \%25(S3)$$

ve bina kabuğu detayına göre,

$$15 \text{ cm Yalıtımlı} < 10 \text{ cm Yalıtımlı} < 5 \text{ cm Yalıtımlı} < 2.5 \text{ cm Yalıtımlı} < \text{Yalıtımsız}$$

şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ele alınan üç farklı saydam yüzey oranına ve beş farklı bina kabuğu detayına göre minimum yıllık ısıtma enerjisi, biçim faktörüne bağlı olarak Y1, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumunda, maksimum yıllık ısıtma enerjisi ise yalıtım kalınlığına bağlı olarak farklı yönlendiriliş durumlarında elde edilmiştir. Minimum ve maksimum yıllık ısıtma enerjisinin gerçekleştiği yönlendiriliş durumları Tablo 6.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. Bina Alternatiflerinde Minimum ve Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisinin Gerçekleştiği Yönlendiriliş Durumları

Biçim Faktörü	Bina Kabuğu	S.O. %15 (S1)		S.O. %20 (S2)		S.O. %25 (S3)	
		Minimum Y.I.E. (W) Durumu	Maksimum Y.I.E. (W) Durumu	Minimum Y.I.E. (W) Durumu	Maksimum Y.I.E. (W) Durumu	Minimum Y.I.E. (W) Durumu	Maksimum Y.I.E. (W) Durumu
BF 1/1	Yalıtımsız	Y1	Y8	Y1	Y9	Y1	Y9
	2.5 cm Yalıtımlı	Y1	Y8	Y1	Y9	Y1	Y5
	5 cm Yalıtımlı	Y1	Y9	Y1	Y6	Y1	Y6
	10 cm Yalıtımlı	Y1	Y6	Y1	Y6	Y1	Y6
	15 cm Yalıtımlı	Y1	Y6	Y1	Y6	Y1	Y6
BF 2/1	Yalıtımsız	Y1	Y9	Y1	Y9	Y1	Y9
	2.5 cm Yalıtımlı	Y1	Y9	Y1	Y9	Y1	Y9
	5 cm Yalıtımlı	Y1	Y9	Y1	Y7	Y1	Y6
	10 cm Yalıtımlı	Y1	Y6	Y1	Y6	Y1	Y6
	15 cm Yalıtımlı	Y1	Y6	Y1	Y6	Y1	Y6
BF 1/2	Yalıtımsız	Y8	Y1	Y9	Y1	Y9	Y1
	2.5 cm Yalıtımlı	Y9	Y1	Y9	Y1	Y9	Y1
	5 cm Yalıtımlı	Y9	Y1	Y9	Y1	Y9	Y5
	10 cm Yalıtımlı	Y9	Y5	Y9	Y5	Y9	Y5
	15 cm Yalıtımlı	Y9	Y5	Y9	Y5	Y9	Y5

-II-

A) 1.Yalıtımsız bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.10 'da verilmiştir.

2. 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.11 'de verilmiştir.

3. 5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.12 'de verilmiştir.

4. 10 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.13 'de verilmiştir.

5. 15 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.14 'de verilmiştir.

B) 1.Yalıtımsız bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.15 'de verilmiştir.

2. 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.16 'da verilmiştir.

3. 5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.17 'de verilmiştir.

4. 10 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı

%15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.18 'de verilmiştir.

5. 15 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.19 'da verilmiştir.

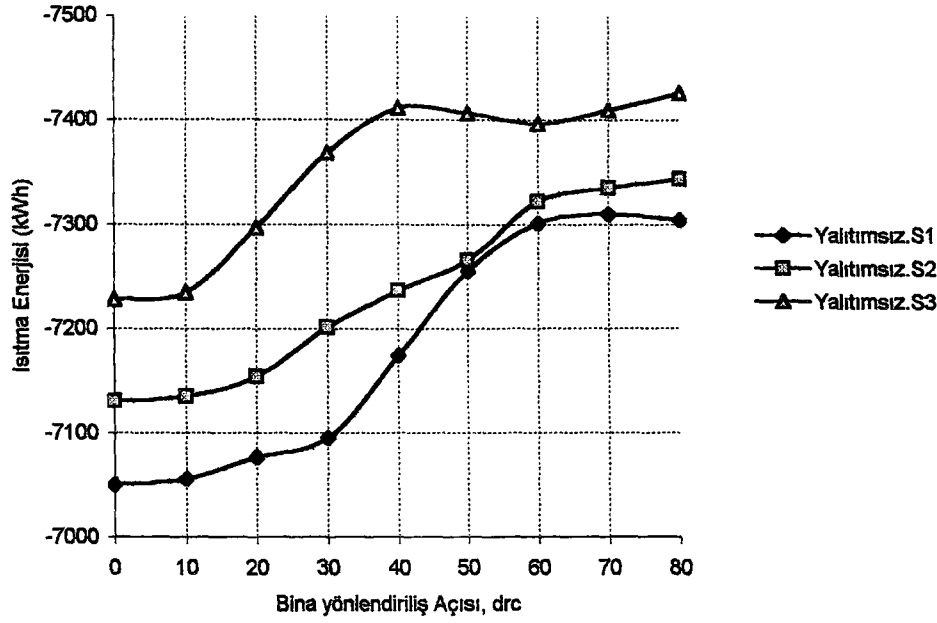
C) 1. Yalıtımsız bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.20 'de verilmiştir.

2. 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.21 'de verilmiştir.

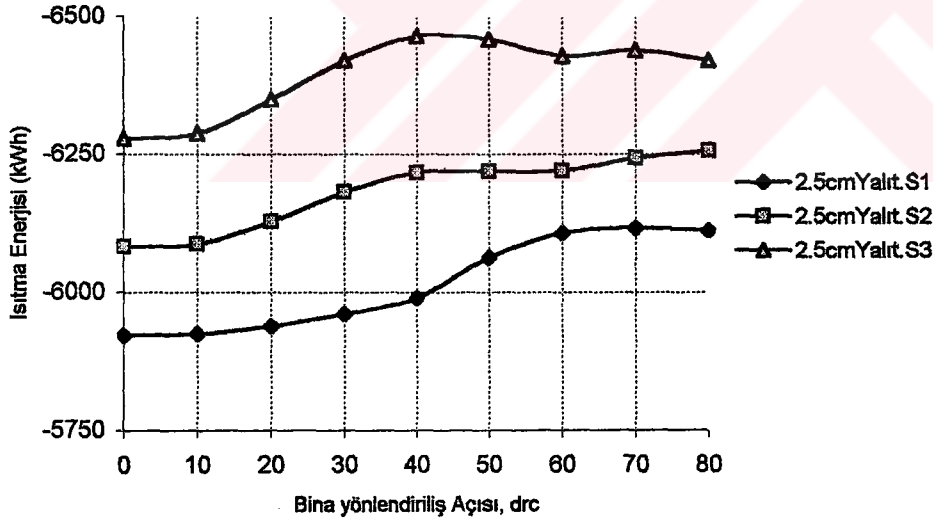
3. 5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.22 'de verilmiştir.

4. 10 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.23 'de verilmiştir.

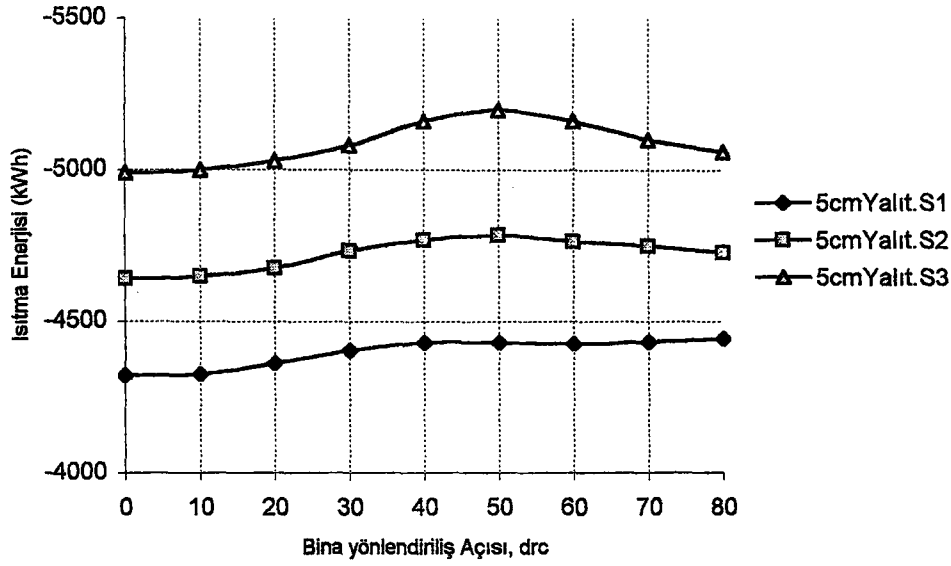
5. 15 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.24 'de verilmiştir.



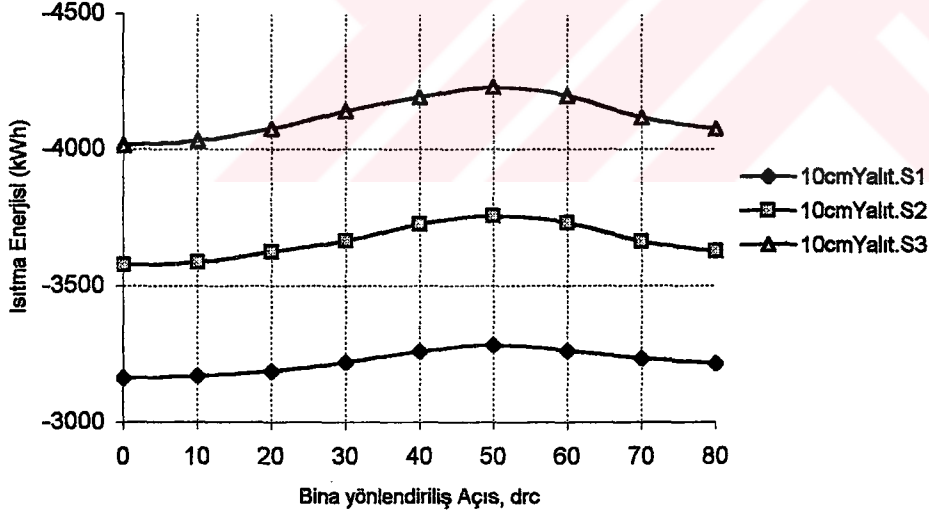
Şekil 6.10. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



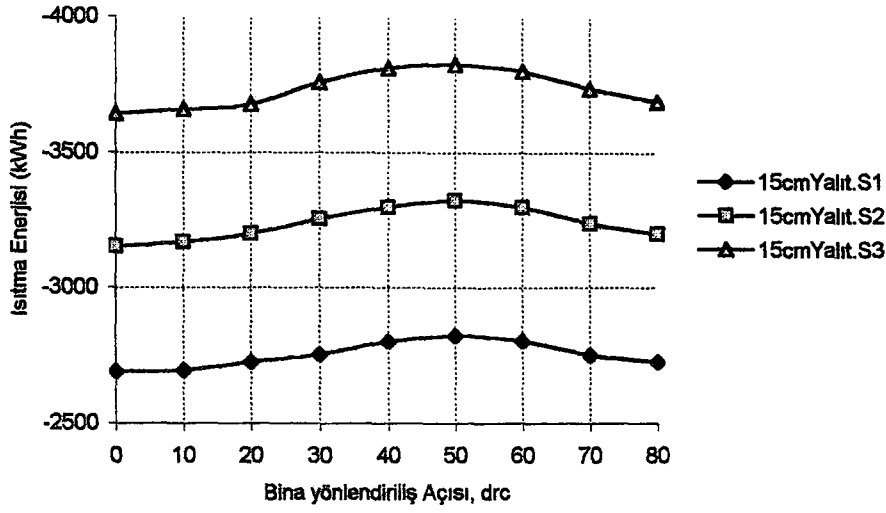
Şekil 6.11. Biçim Faktörü 1/1 Olan ve 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



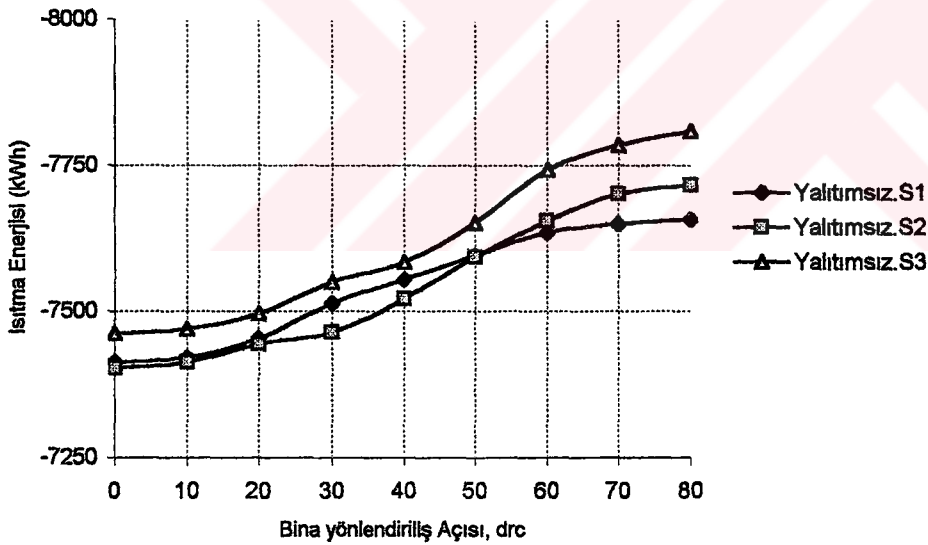
Şekil 6.12. Biçim Faktörü 1/1 Olan ve 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



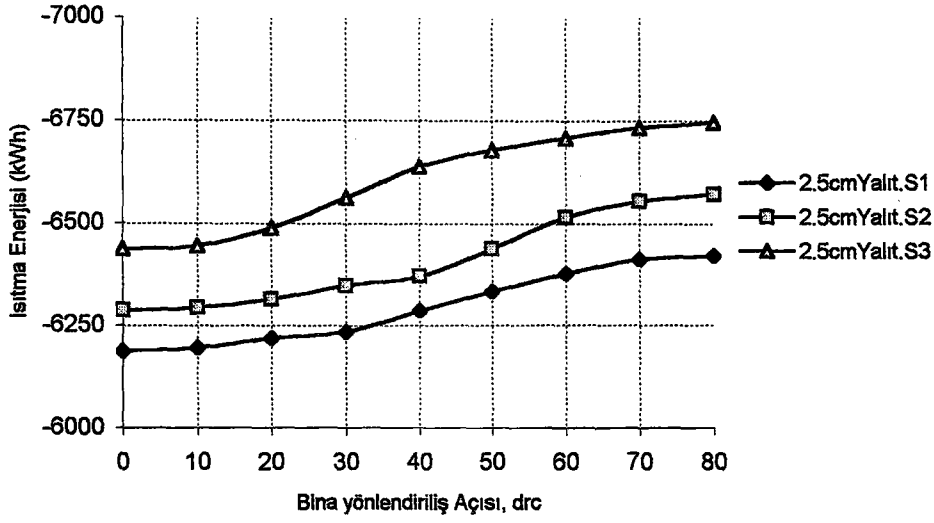
Şekil 6.13. Biçim Faktörü 1/1 Olan ve 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



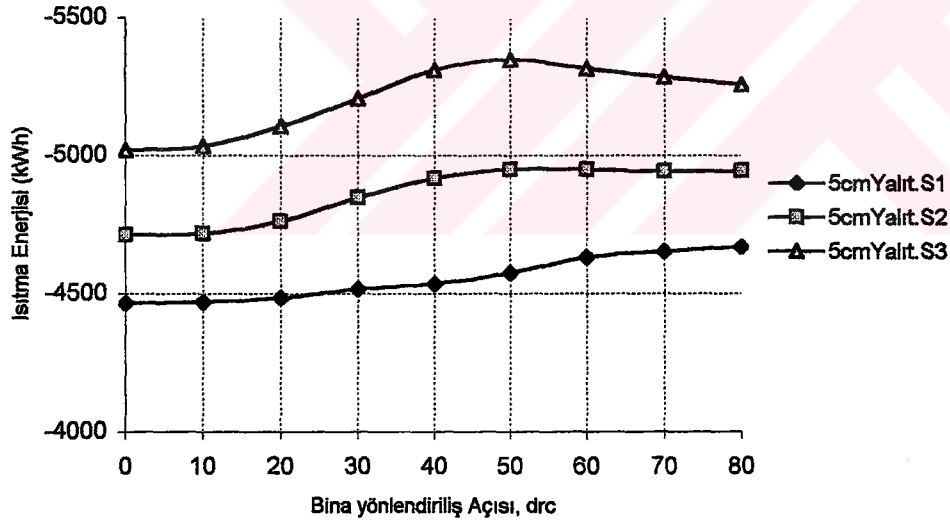
Şekil 6.14. Biçim Faktörü 1/1 Olan ve 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



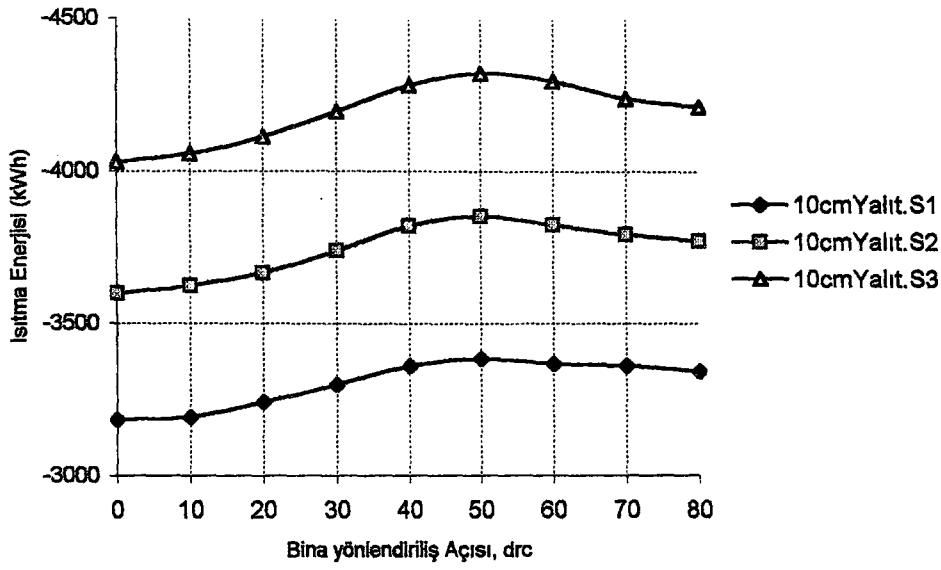
Şekil 6.15. Biçim Faktörü 2/1 Olan ve Yalıtımsız Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



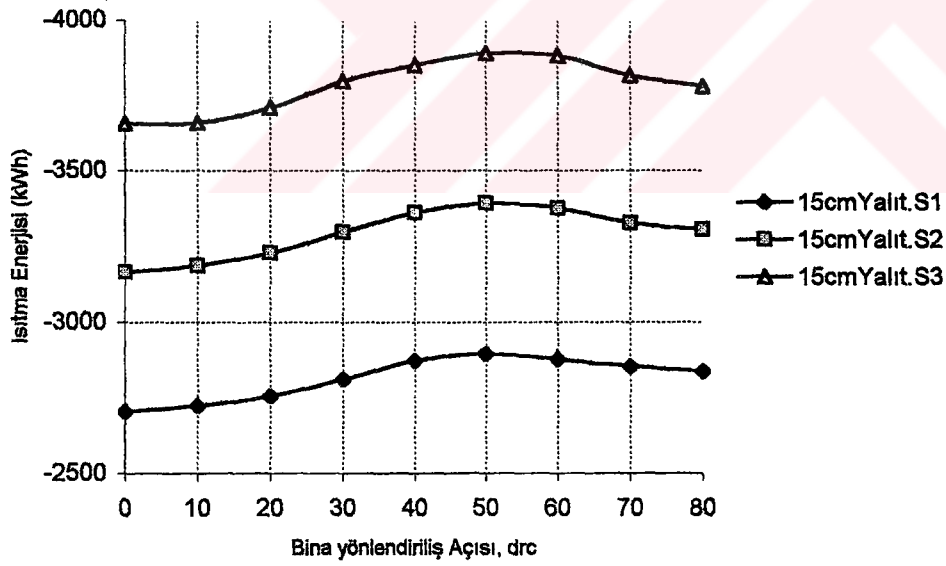
Şekil 6.16. Biçim Faktörü 2/1 Olan ve 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



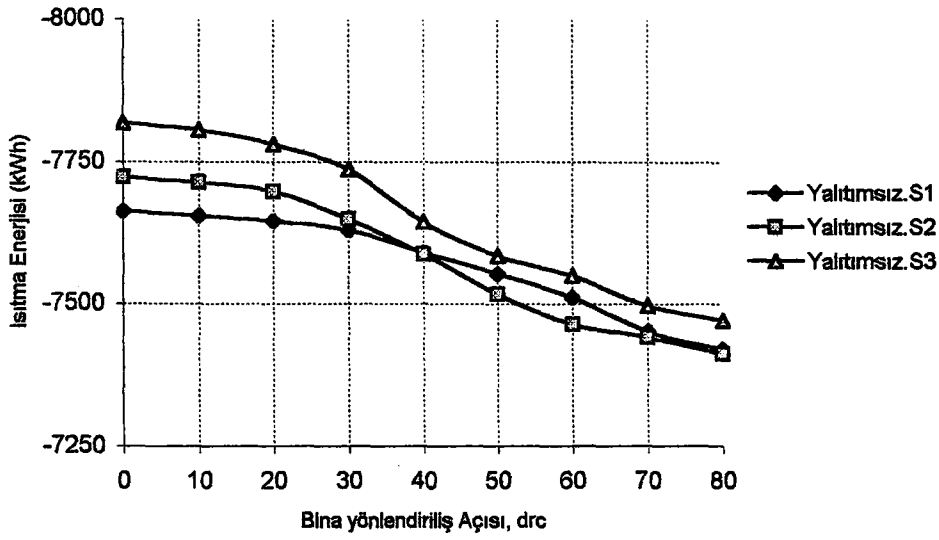
Şekil 6.17. Biçim Faktörü 2/1 Olan ve 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



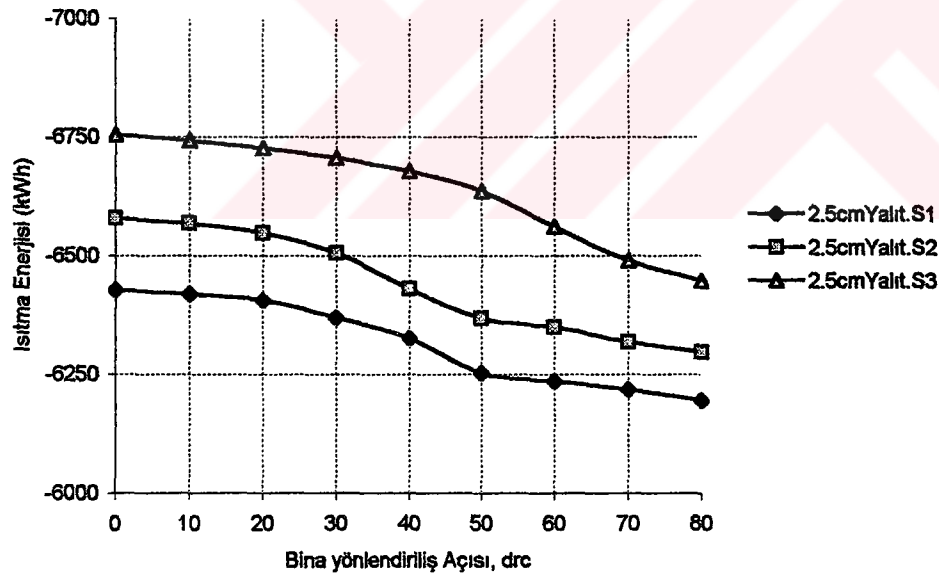
Şekil 6.18. Biçim Faktörü 2/1 Olan ve 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



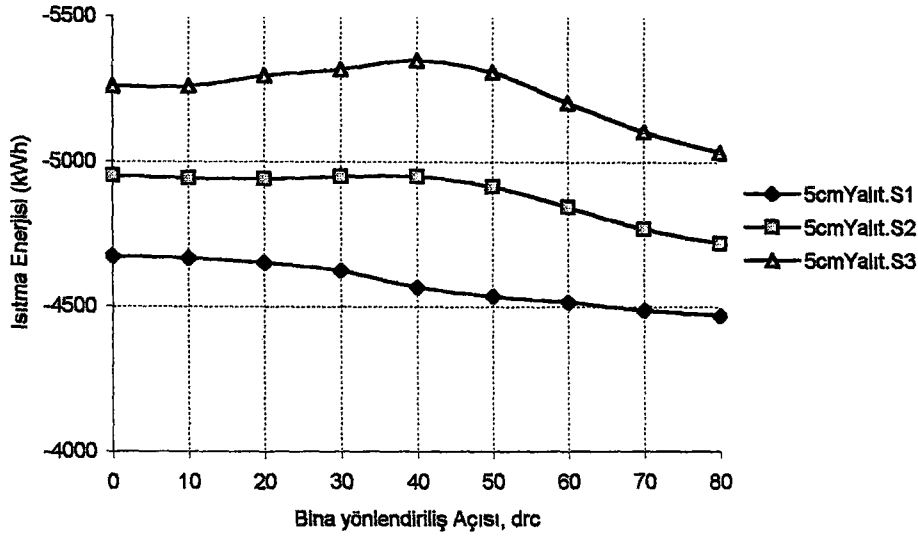
Şekil 6.19. Biçim Faktörü 2/1 Olan ve 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



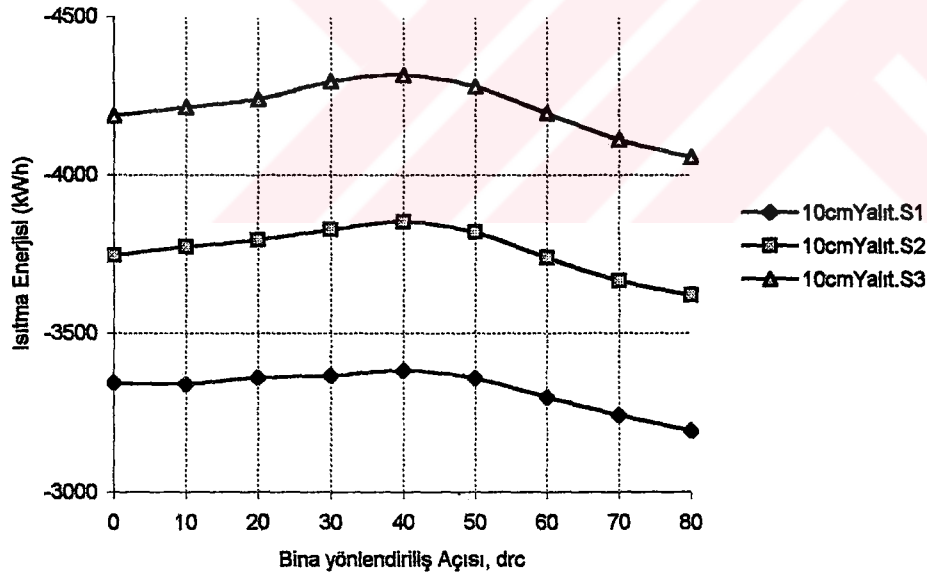
Şekil 6.20. Biçim Faktörü 1/2 Olan ve Yalıtımsız Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



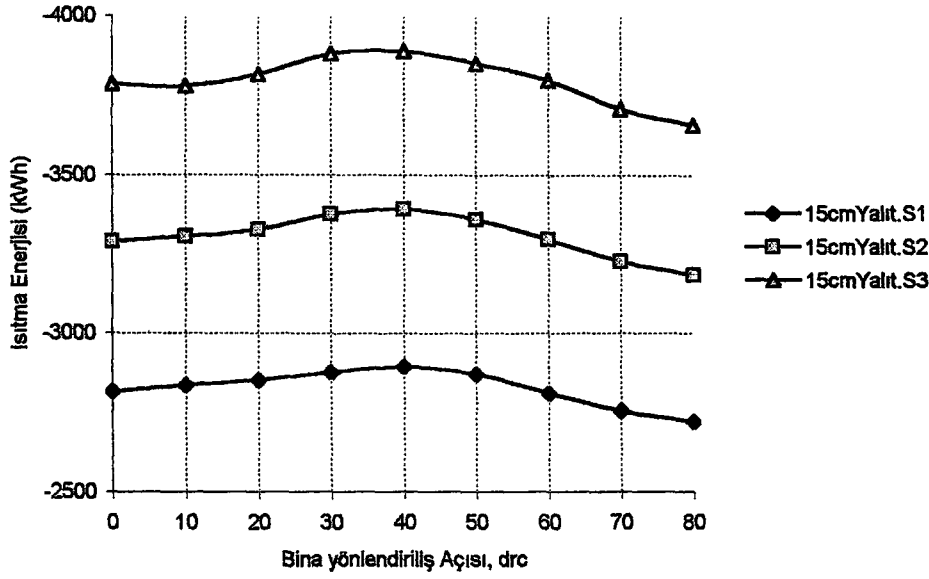
Şekil 6.21. Biçim Faktörü 1/2 Olan ve 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.22. Biçim Faktörü 1/2 Olan ve 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.23. Biçim Faktörü 1/2 Olan ve 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.24. Biçim Faktörü 1/2 Olan ve 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana Sahip Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri

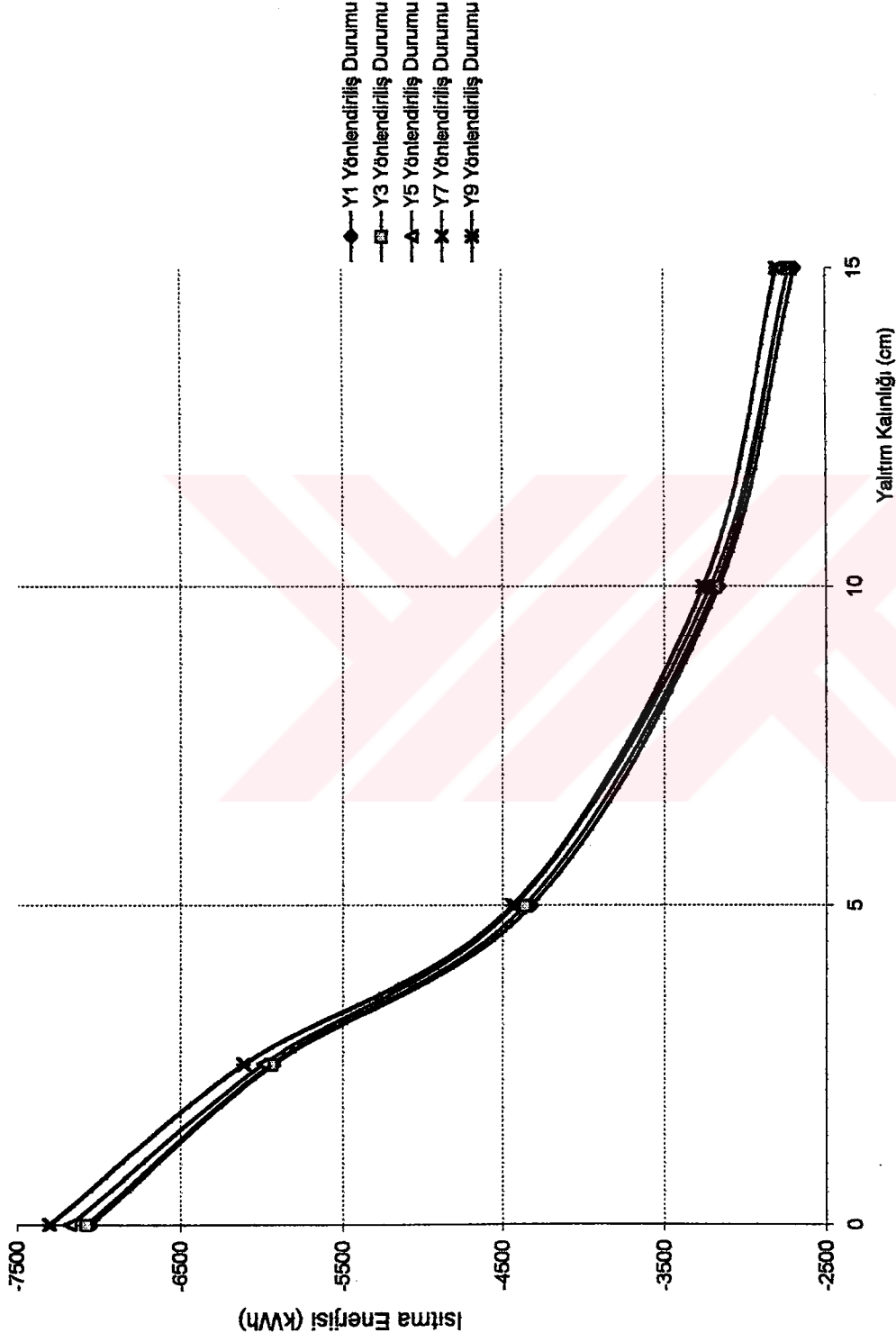
Şekil 6.10-6.24 değerlendirildiğinde, bina yönlendiriliş durumlarının yıllık ısıtma enerjisi açısından birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları sayısal değerler olarak açık bir şekilde görülmüştür. Bu değerlere göre biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi açısından yönlendiriliş durumlarının tercih sırası Tablo 6.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Bina Yönlendiriliş Durumu Tercih Sırası

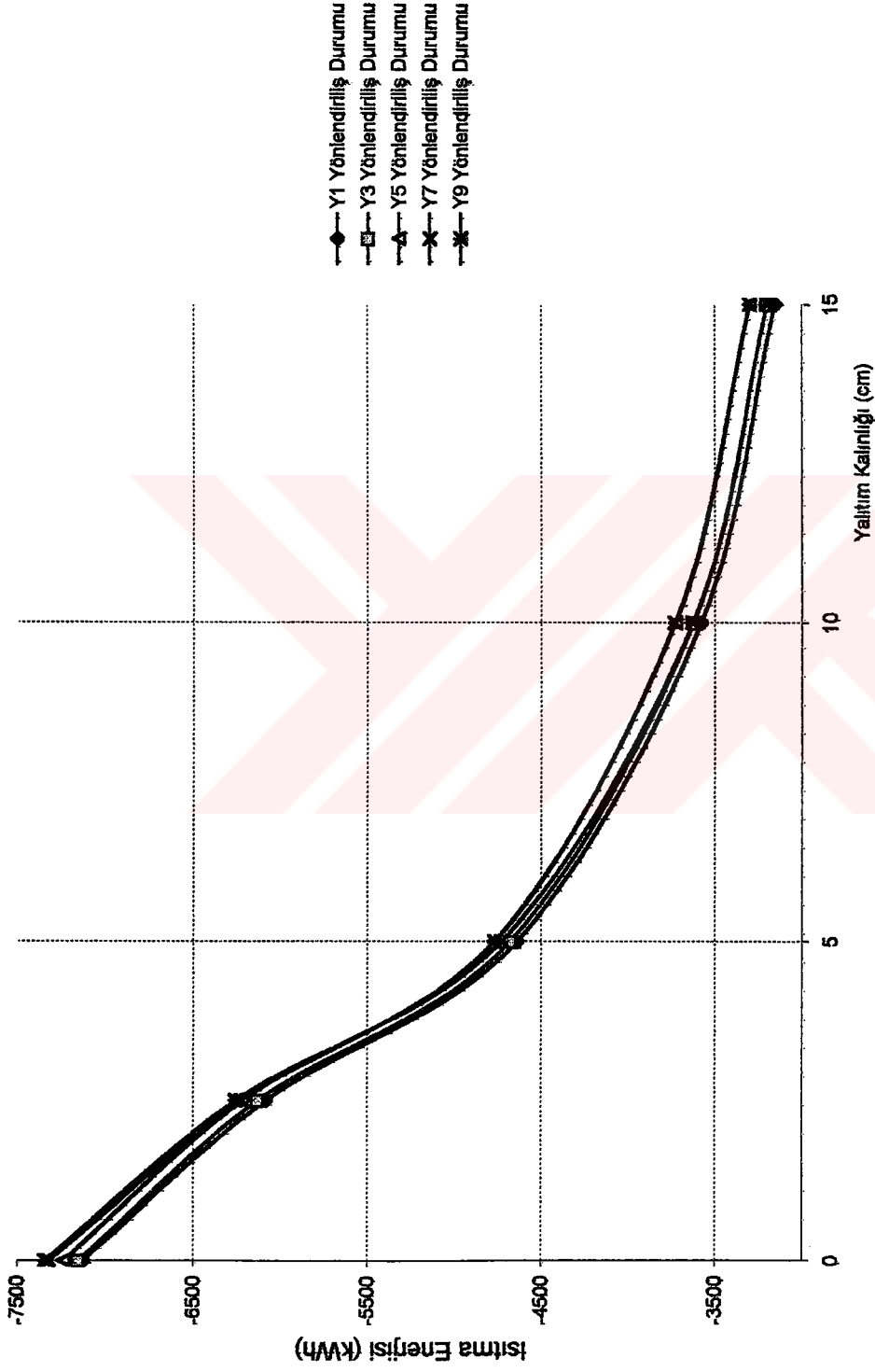
Biçim Faktörü	Bina Kabuğu	S.O. %15 (S1)				S.O. %20 (S2)				S.O. %25 (S3)			
		1. Tercih Yön. Dur. (Y)	2. Tercih Yön. Dur. (Y)	3. Tercih Yön. Dur. (Y)	4. Tercih Yön. Dur. (Y)	1. Tercih Yön. Dur. (Y)	2. Tercih Yön. Dur. (Y)	3. Tercih Yön. Dur. (Y)	4. Tercih Yön. Dur. (Y)	1. Tercih Yön. Dur. (Y)	2. Tercih Yön. Dur. (Y)	3. Tercih Yön. Dur. (Y)	4. Tercih Yön. Dur. (Y)
BF 1/1	Yalıtımsız	1, 2	3, 4	5-7	8, 9	1,2	3	4-7	8, 9	1, 2	3, 4	5-8	9
	2.5 cm Yalıtımlı	1, 2	3-5	6,7	8, 9	1,2	3-5	6, 7	8, 9	1, 2	3, 4	7-9	5, 6
	5 cm Yalıtımlı	1, 2	3-5	6,7	8, 9	1,2	3	8, 9	4-7	1, 2	3, 4	8,9	4-6
	10 cm Yalıtımlı	1-3	9	4,8	5-7	1,2	3	4, 8, 9	5-7	1, 2	3	4,8,9	5-7
	15 cm Yalıtımlı	1-3	9	4,8	5-7	1-3	8, 9	4	5-7	1-3	8, 9	4	5-7
BF 2/1	Yalıtımsız	1, 2	3, 4	5-7	8, 9	1,2	3, 4	5-8	9	1, 2	3-5	6-8	9
	2.5 cm Yalıtımlı	1, 2	3, 4	5-8	9	1,2	3-5	6-8	9	1, 2	3	4-7	8, 9
	5 cm Yalıtımlı	1, 2	3-5	6,7	8, 9	1,2	3	4,5	6-9	1, 2	3, 4	8,9	5-7
	10 cm Yalıtımlı	1, 2	3, 4	8,9	5-7	1,2	3, 4	8, 9	5-7	1, 2	3, 4	8,9	5-7
	15 cm Yalıtımlı	1, 2	3, 4	8,9	5-7	1,2	3, 4	8, 9	5-7	1, 2	3, 4	8,9	5-7
BF 1/2	Yalıtımsız	9	8	5-7	1-4	9	7, 8	4-6	1-3	9	8	4-7	1-3
	2.5 cm Yalıtımlı	9	6-8	3-5	1, 2	9	6-8	3-5	1, 2	9	8	3-7	1,2
	5 cm Yalıtımlı	8, 9	5-7	3,4	1, 2	9	8	7,6	1-5	9	7, 8	1-3	4-6
	10 cm Yalıtımlı	9	7, 8	1,2	3-6	9	7, 8	1-3	4-6	9	7, 8	1-3	4-6
	15 cm Yalıtımlı	9	7, 8	1-3	4-6	9	7, 8	1-3	4-6	9	7, 8	1-3	4-6

-III-

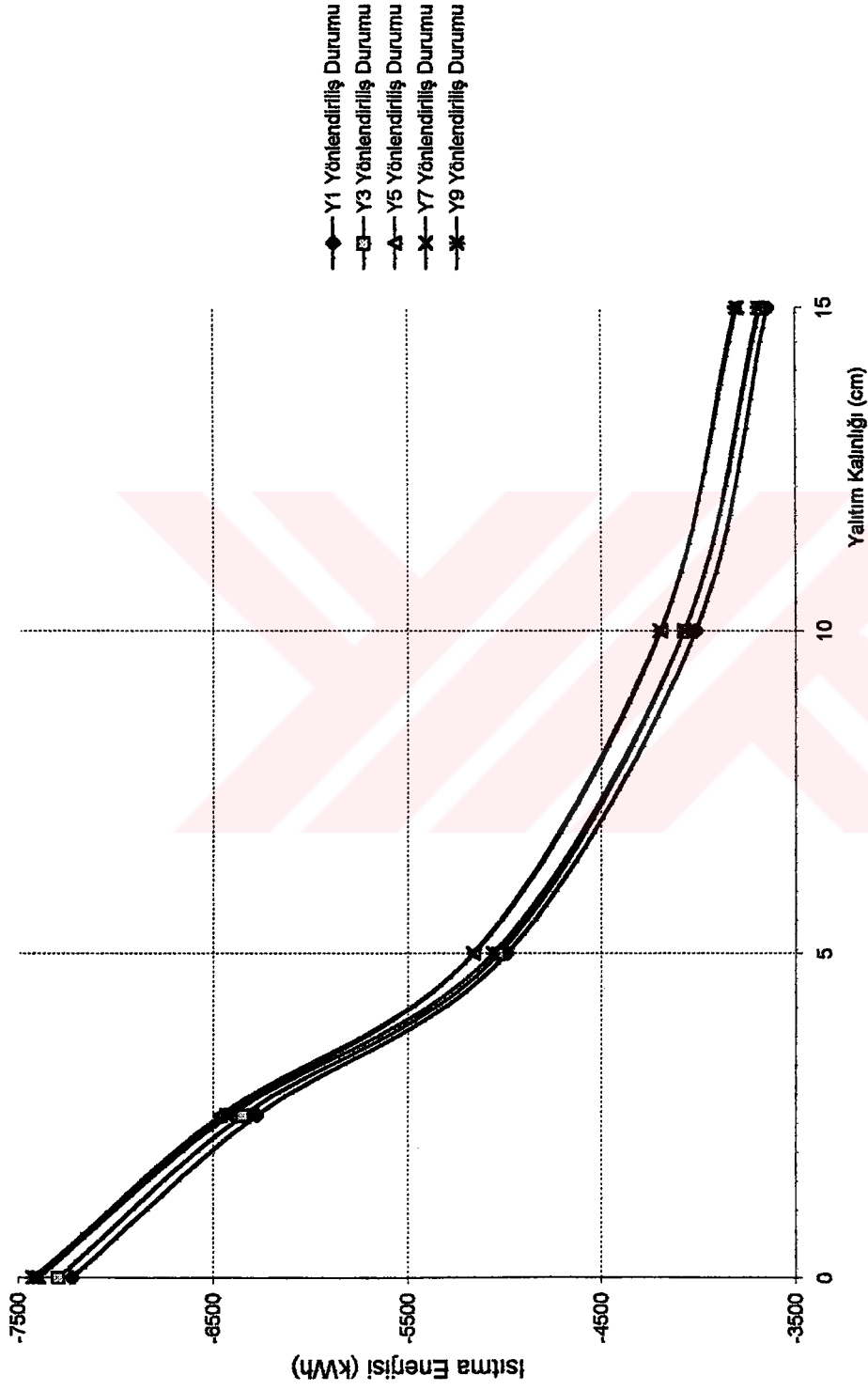
- A) Biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin, beş farklı yönlendiriliş durumunda, bina kabuğu yalıtım kalınlığına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.25-6.27'de verilmiştir.
- B) Biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin, beş farklı yönlendiriliş durumunda, bina kabuğu yalıtım kalınlığına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.28-6.30'da verilmiştir.
- C) Biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin, beş farklı yönlendiriliş durumunda, bina kabuğu yalıtım kalınlığına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3)'e göre yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.31-6.33'de verilmiştir.



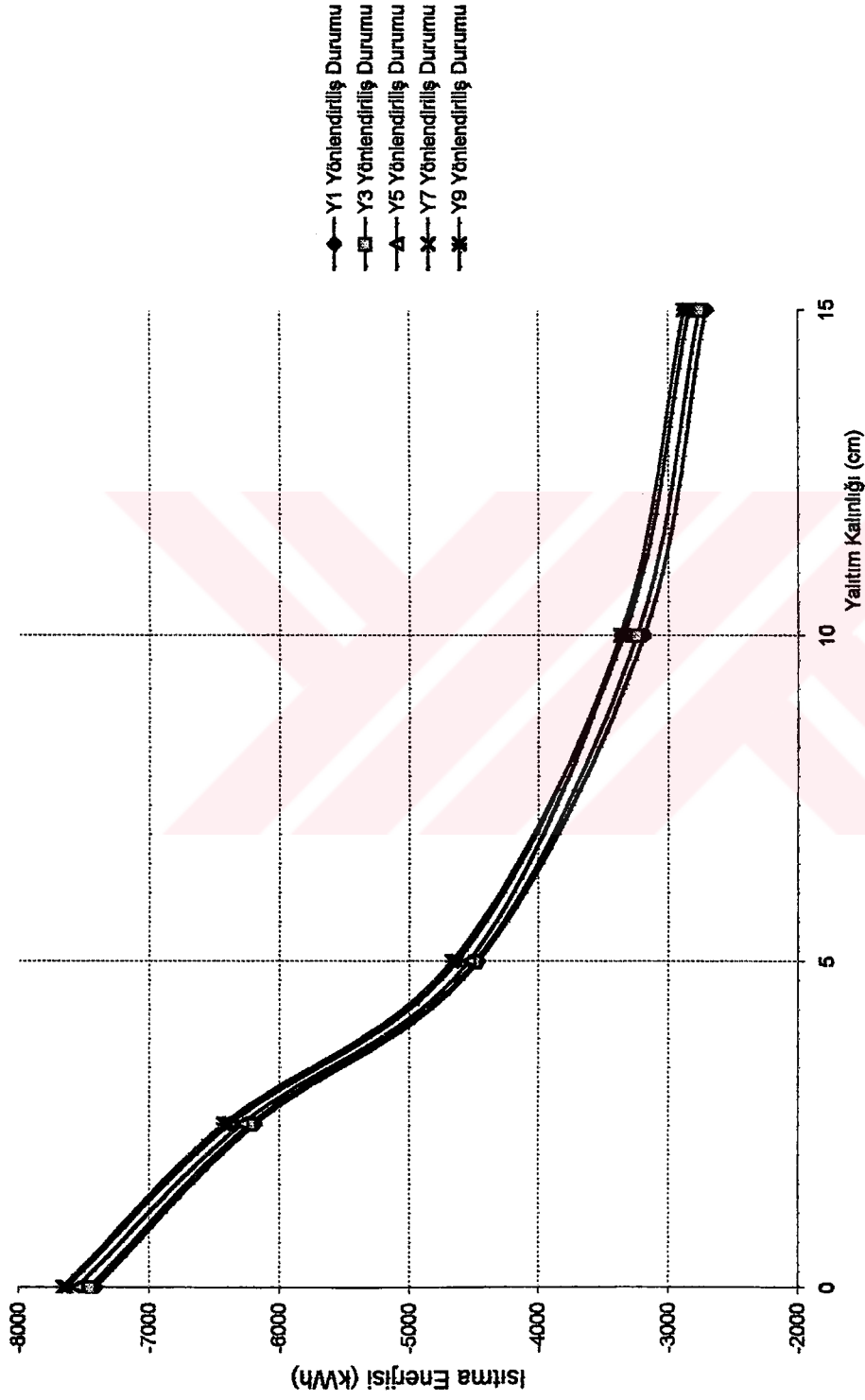
Şekil 6.25. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı-Yönlendiriliş Durumu İlişkisi



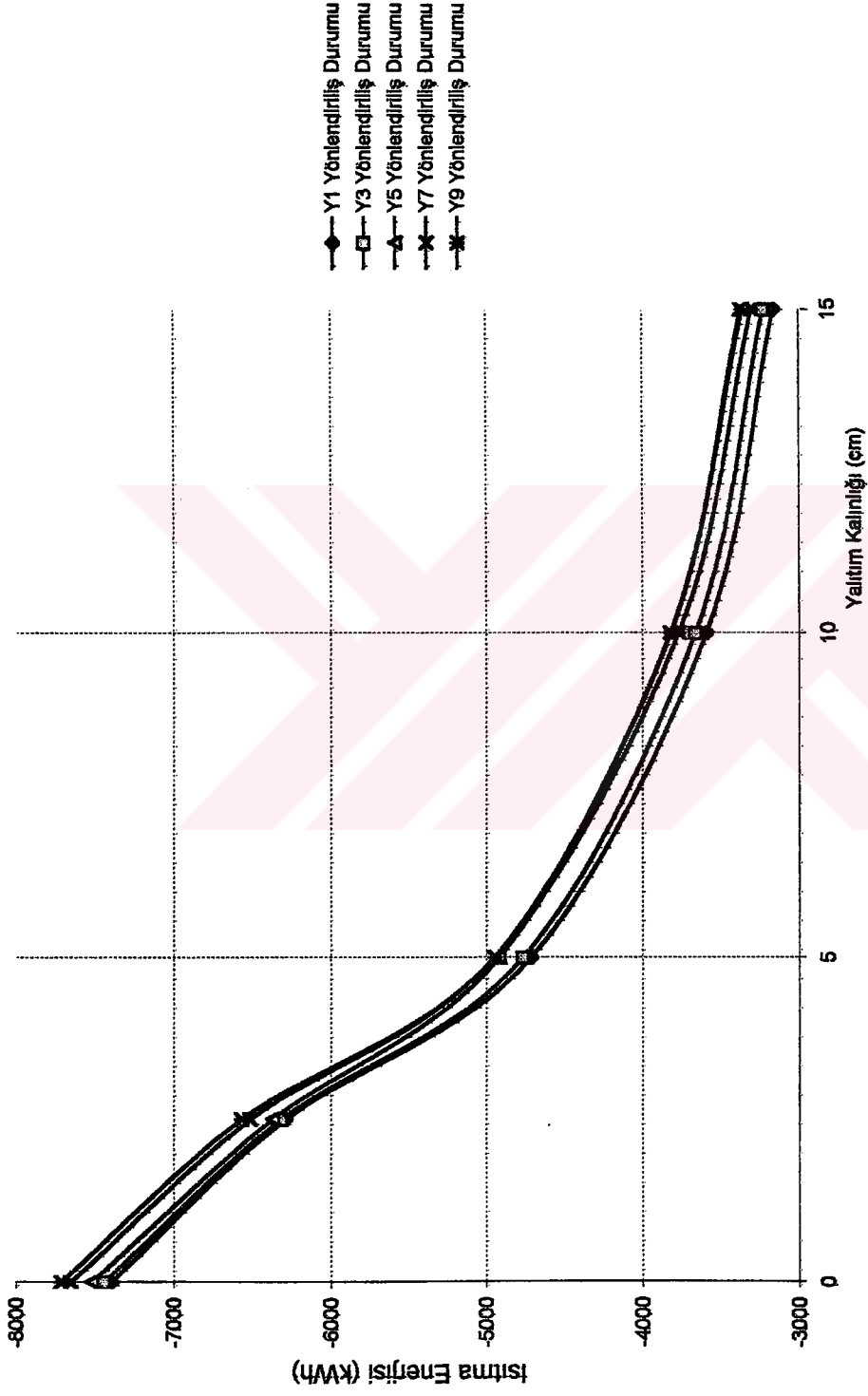
Şekil 6.26. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı-Yönlendirilmiş Durumu İlişkisi



Şekil 5.27. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Istma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı- Yönlendiriliş Durumu İlişkisi

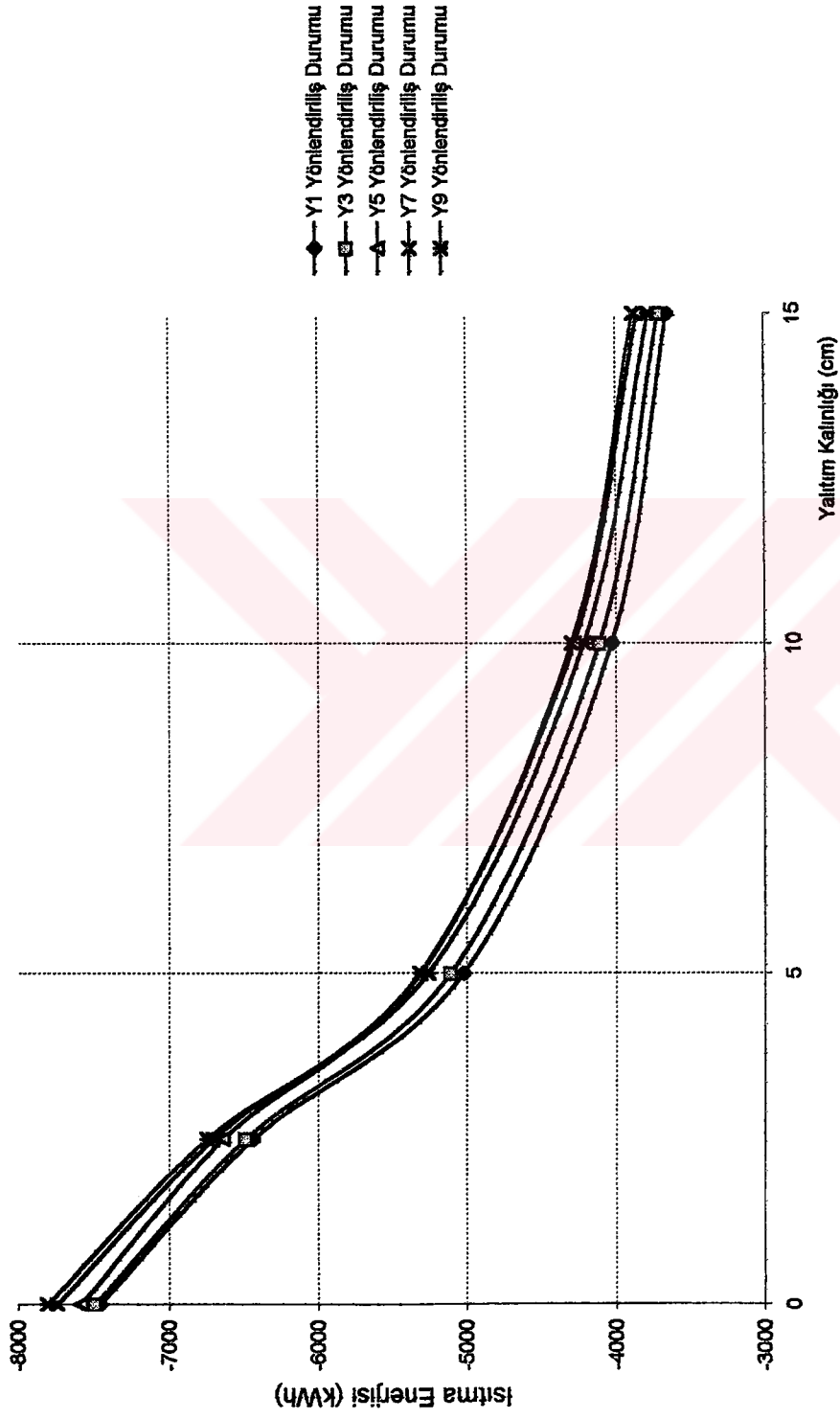


Şekil 5.28. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı- Yönlendirilmiş Durumu İlişkisi

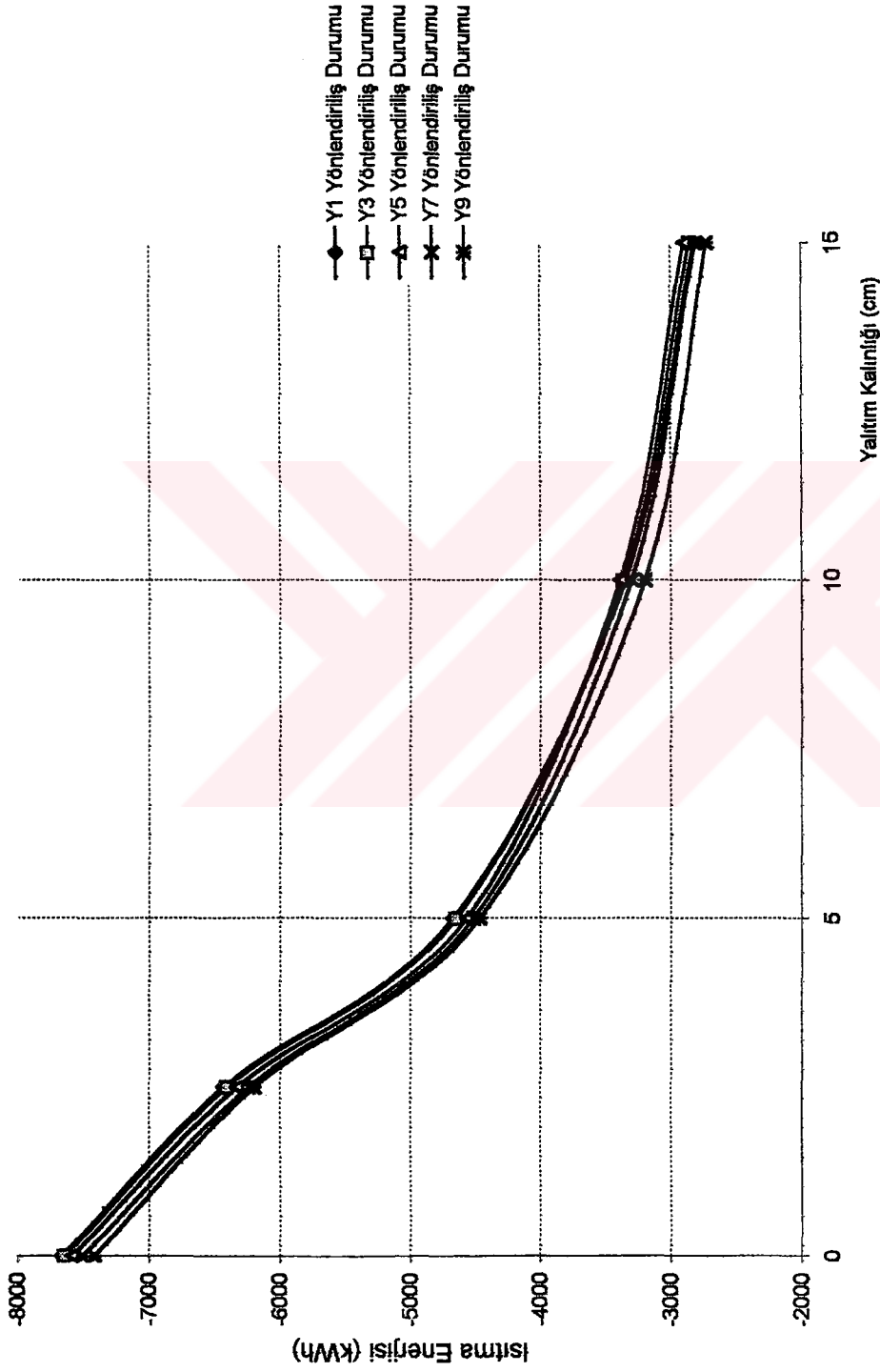


Şekil 5.29. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından

Yalıtım Kalınlığı- Yönlendiriliş Durumu İlişkisi

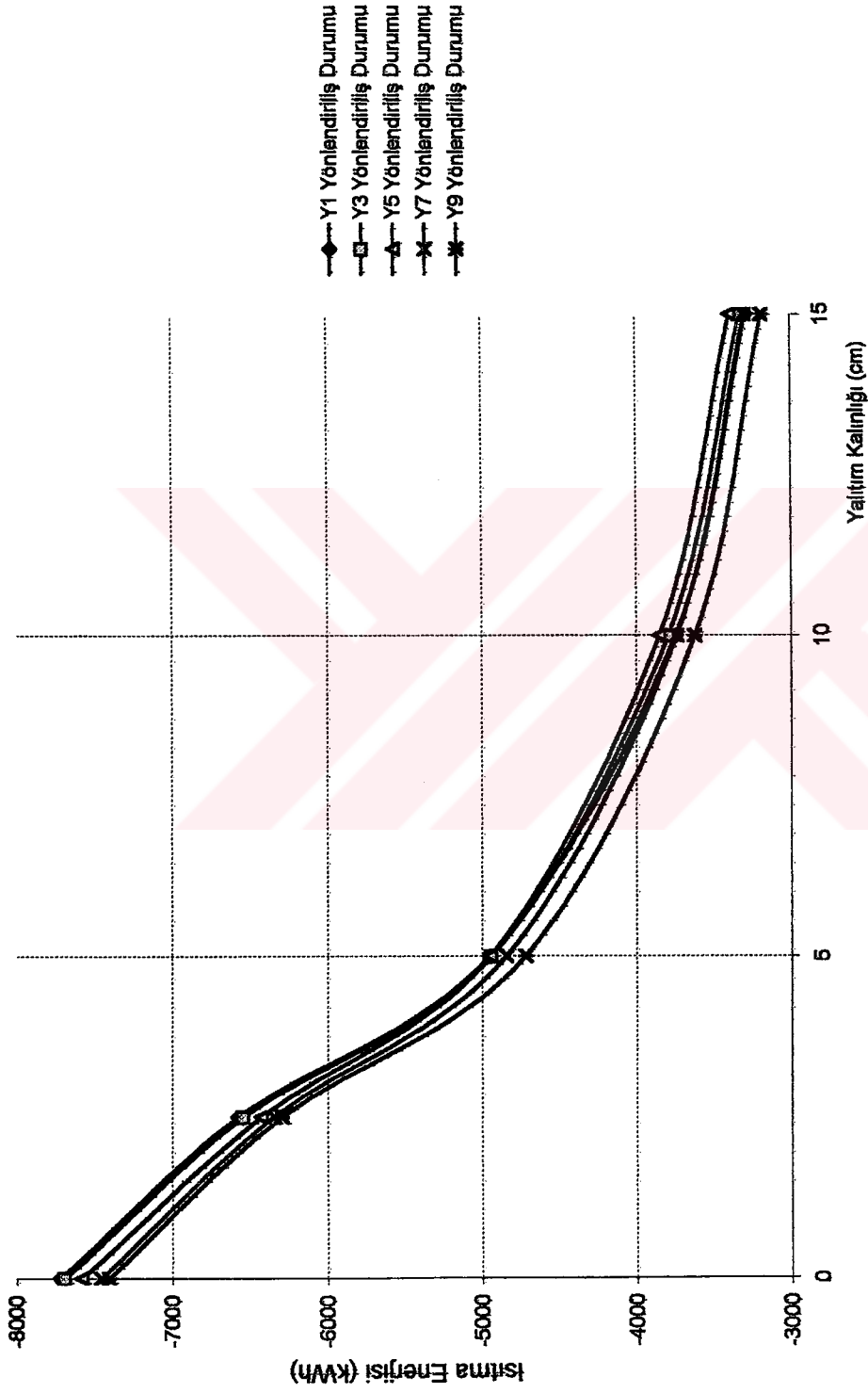


Şekil 5.30. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı- Yönlendirilmiş Durumu İlişkisi

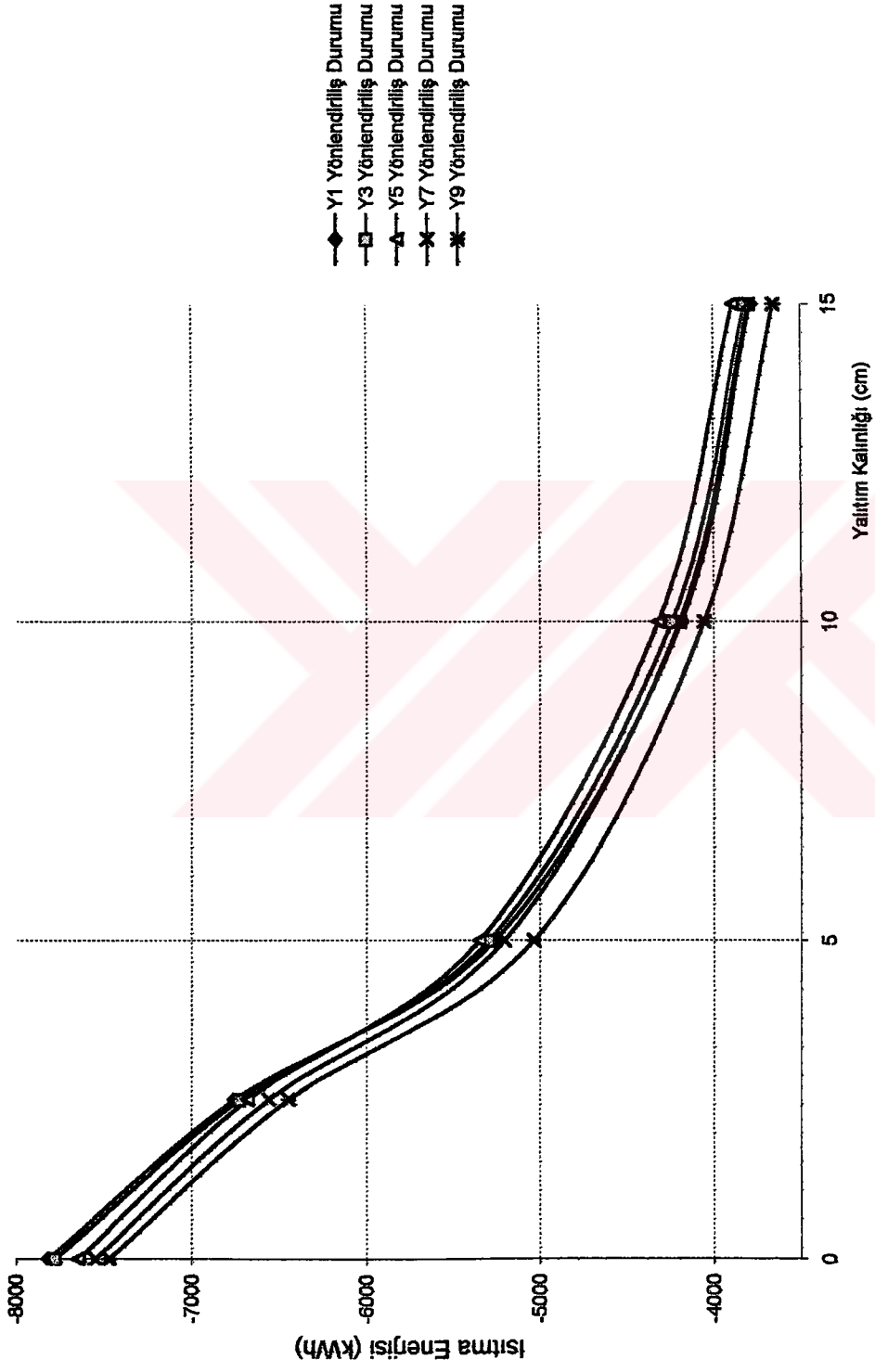


Şekil 5.31. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından

Yalıtım Kalınlığı- Yönlendiriliş Durumu İlişkisi



Şekil 5.32. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından Yalıtım Kalınlığı- Yönlendiriliş Durumu İlişkisi



Şekil 5.33. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Saydamlık Oranı % 25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Açısından

Yalıtım Kalınlığı- Yönlendirilmiş Durumu İlişkisi

Şekil 6.25-6.27 'de biçim faktörü 1/1 olan binanın Y1, Y3, Y5, Y7 ve Y9 yönlendiriliş durumundaki alternatifleri, yalıtım kalınlığına göre yıllık ısıtma enerjisi açısından birbirleri ile karşılaştırıldığında, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3) için 2.5 cm ile 10 cm arasındaki yalıtım kalınlığında, Y1 ve Y3 yönlendiriliş durumu yerlerini korurken Y9 konumu, Y5 ve Y7 'ye göre avantajlı duruma geldi. Şöyle ki 2.5 cm yalıtımlı durumda,

$$Y1 < Y3 < Y5 < Y7 < Y9$$

iken 15 cm yalıtımlı durumda,

$$Y1 < Y3 < Y9 < Y5 < Y7$$

şartının sağlandığı tespit edilmiştir.

Şekil 6.28-6.30 değerlendirildiğinde, biçim faktörü 2/1 olan binanın Y1, Y3, Y5, Y7 ve Y9 yönlendiriliş durumundaki alternatifleri, yalıtım kalınlığına göre yıllık ısıtma enerjisi açısından birbirleri ile karşılaştırıldığında; saydamlık oranı %15(S1) ve %20(S2) için 5 cm ile 10 cm arasında, saydamlık oranı %25(S3) için ise 2.5 cm ile 10 cm arasındaki yalıtım kalınlığında, Y1 ve Y3 yönlendiriliş durumu yerlerini korurken Y9 konumu, Y5 ve Y7 'ye göre avantajlı duruma geldi. Şöyle ki 2.5 cm yalıtımlı durumda,

$$Y1 < Y3 < Y5 < Y7 < Y9$$

iken 15 cm yalıtımlı durumda,

$$Y1 < Y3 < Y9 < Y5 < Y7$$

şartının sağlandığı tespit edilmiştir.

Şekil 6.31-6.33 değerlendirildiğinde, biçim faktörü 1/2 olan binanın Y1, Y3, Y5, Y7 ve Y9 yönlendiriliş durumundaki alternatifleri, yalıtım kalınlığına göre yıllık ısıtma enerjisi açısından birbirleri ile karşılaştırıldığında; saydamlık oranı %15(S1) ve

%20(S2) için 5 cm ile 10 cm arasında, saydamlık oranı %25(S3) için ise 2.5 cm ile 10 cm arasındaki yalıtım kalınlığında, Y9 ve Y7 yönlendiriliş durumu yerlerini korurken Y1 konumu, Y3 ve Y5 'ye göre Y3 ise Y5 'e göre daha avantajlı duruma geldi. Şöyle ki 2.5 cm yalıtımlı durumda,

$$Y9 < Y7 < Y5 < Y3 < Y1$$

iken 15 cm yalıtımlı durumda,

$$Y9 < Y7 < Y1 < Y3 < Y5$$

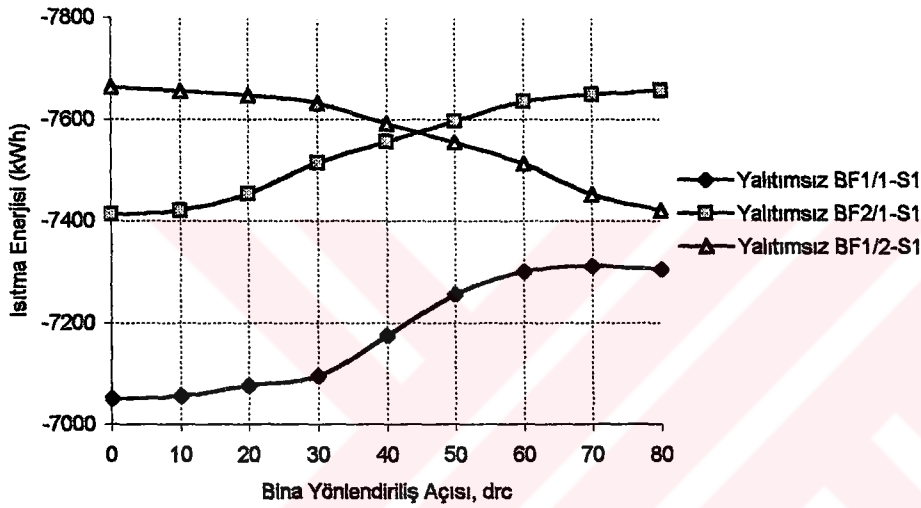
şartının sağlandığı tespit edilmiştir.

-IV-

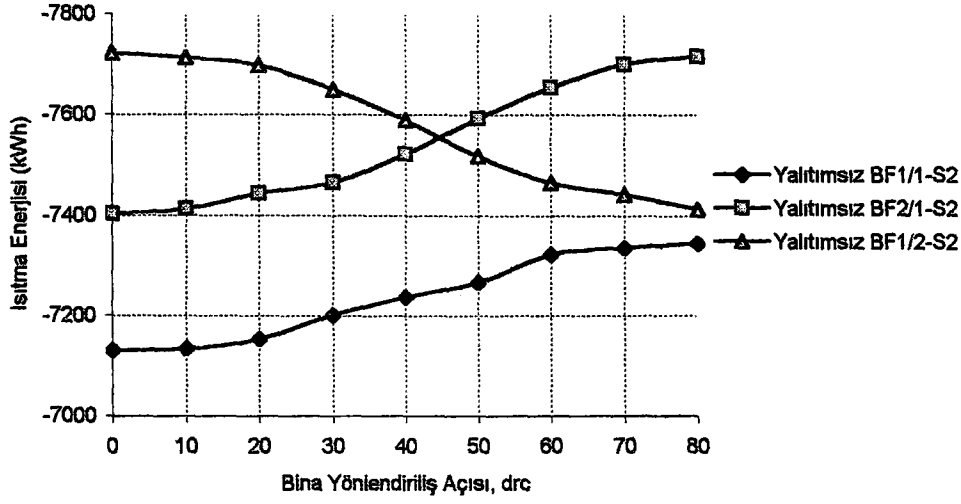
- A) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, yalıtımsız bina kabuğu detayına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.34-6.36 'da verilmiştir.
- B) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.37-6.39 'da verilmiştir.
- C) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, 5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.40-6.42 'de verilmiştir.
- D) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, 10 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına ve

saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.43-6.45 'de verilmiştir.

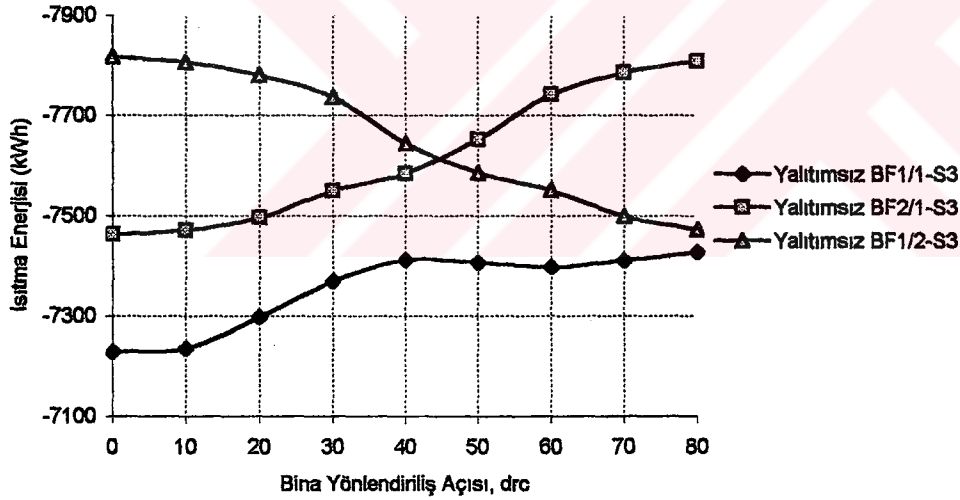
E) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, 15 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına ve saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3)'e göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.46-6.48 'de verilmiştir.



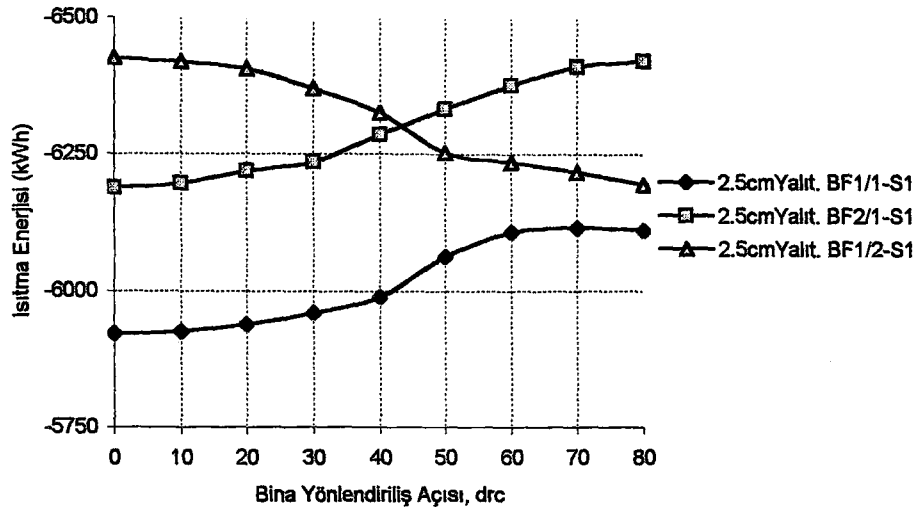
Şekil 6.34. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



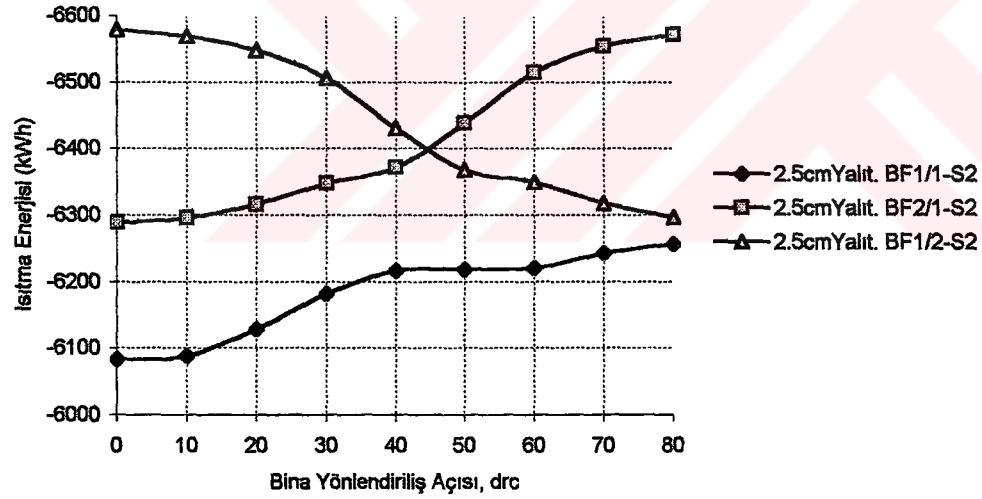
Şekil 6.35. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



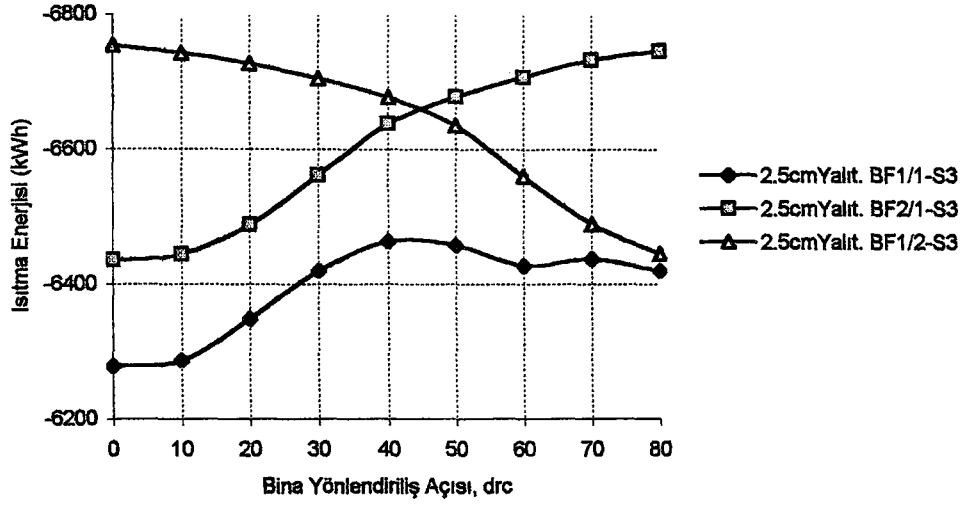
Şekil 6.36. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



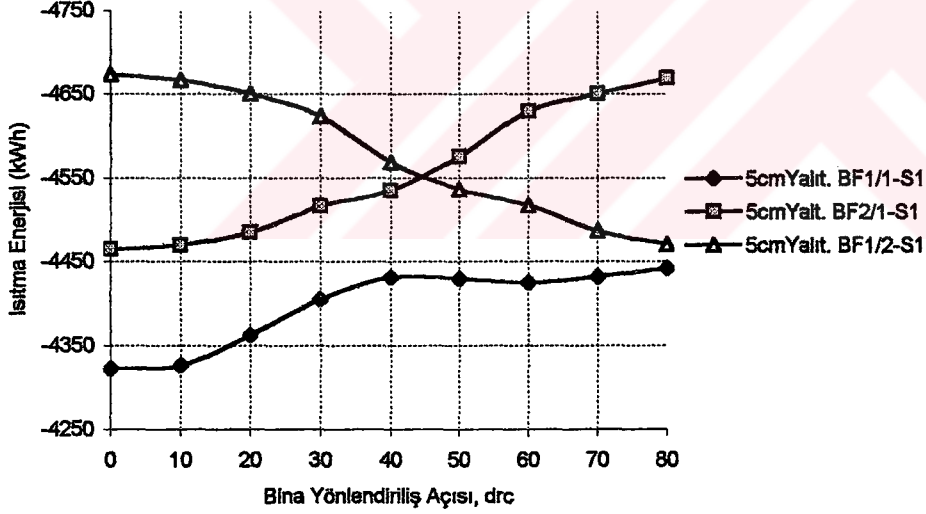
Şekil 6.37. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



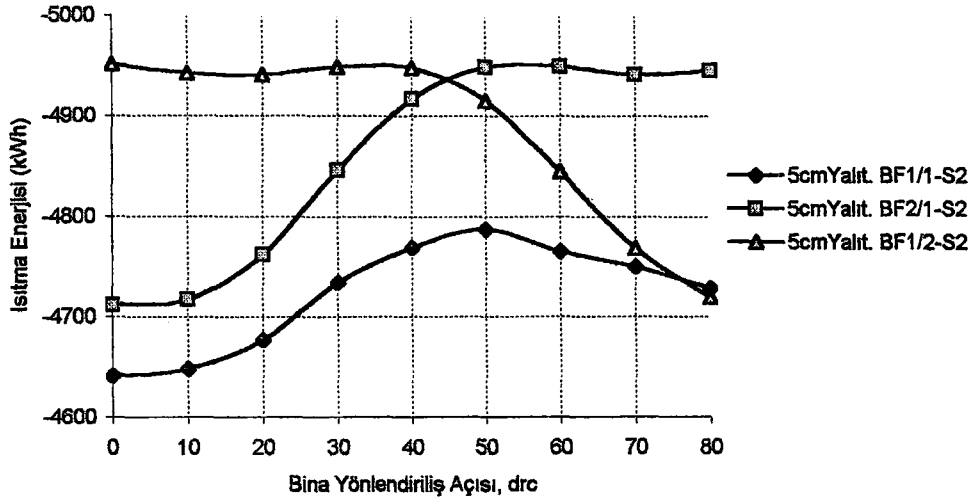
Şekil 6.38. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



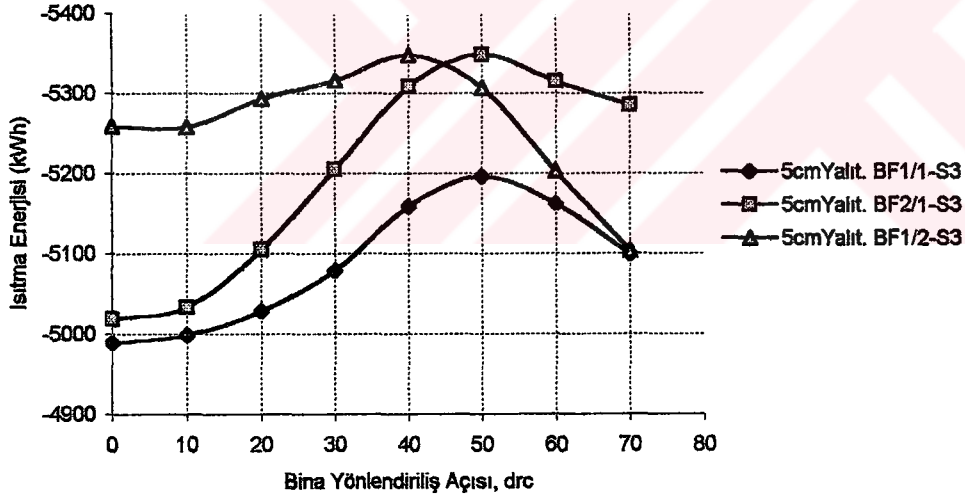
Şekil 6.39. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



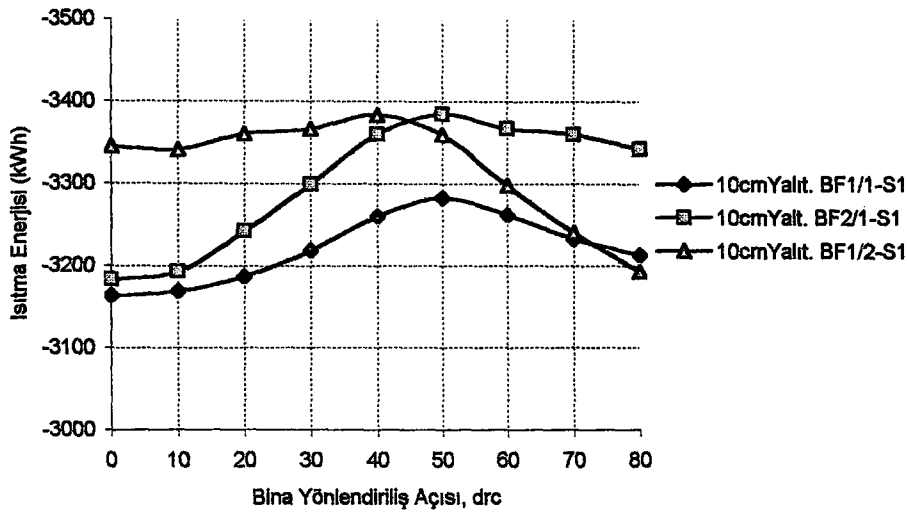
Şekil 6.40. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



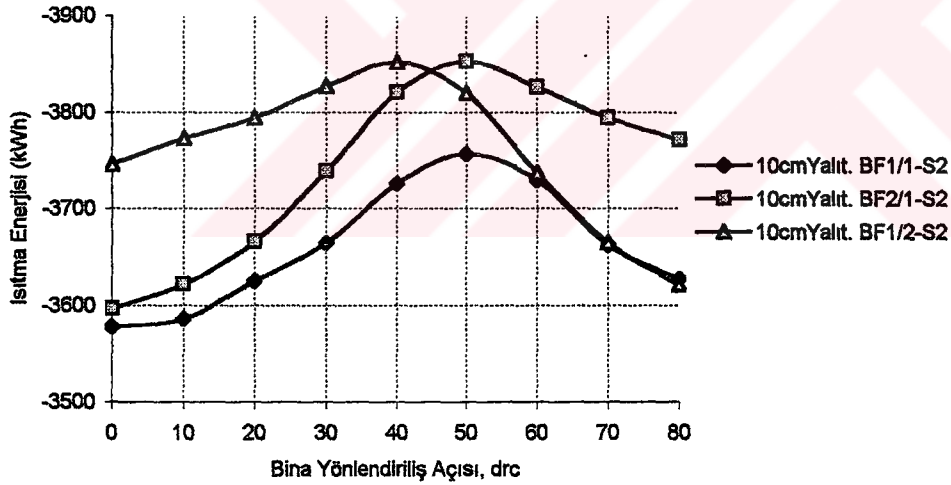
Şekil 6.41. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



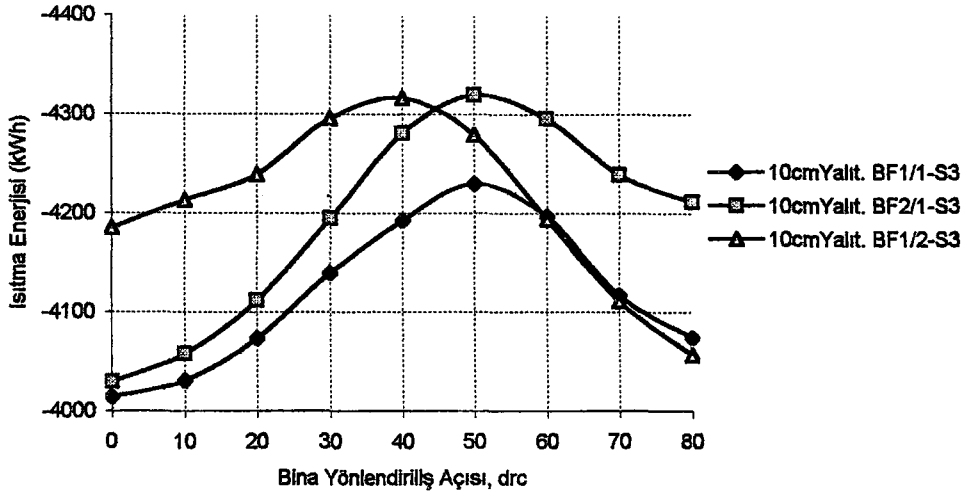
Şekil 6.42. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



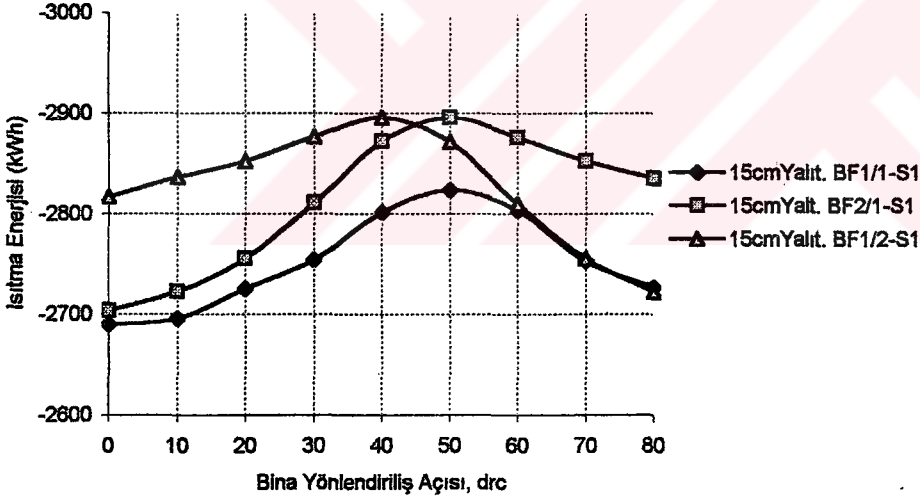
Şekil 6.43. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



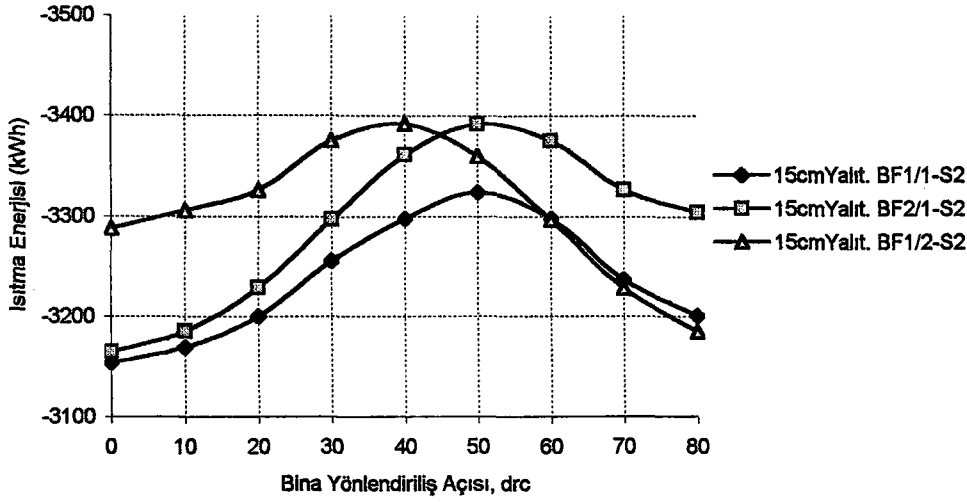
Şekil 6.44. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



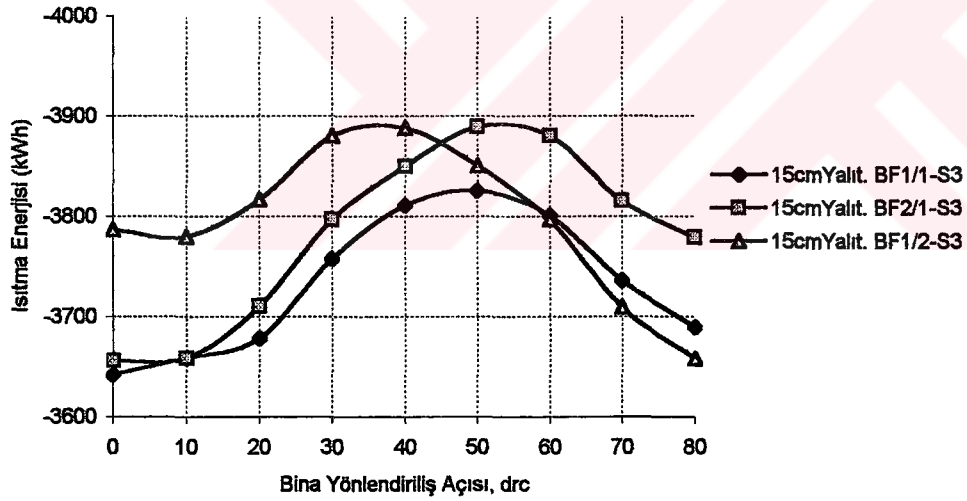
Şekil 6.45. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.46. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.47. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.48. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri

Şekil 6.34-6.48 değerlendirildiğinde, biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatifleri arasında minimum ısıtma enerjisi, biçim faktörü 1/1 olan bina alternatiflerinde gerçekleşti. Tüm bina yönlendiriliş durumları için bina alternatifleri, yıllık ısıtma enerjisi açısından değerlendirildiğinde; Yalıtımsız bina kabuğu ve saydamlık oranı %15 (S1)'e göre,

$$\begin{aligned} & \text{BF } 1/1 - Y1 < \text{BF } 2/1 - Y1 < \text{BF } 1/2 - Y1 \\ & \text{BF } 1/1 - Y2 < \text{BF } 2/1 - Y2 < \text{BF } 1/2 - Y2 \\ & \text{BF } 1/1 - Y3 < \text{BF } 2/1 - Y3 < \text{BF } 1/2 - Y3 \\ & \text{BF } 1/1 - Y4 < \text{BF } 2/1 - Y4 < \text{BF } 1/2 - Y4 \\ & \text{BF } 1/1 - Y5 < \text{BF } 2/1 - Y5 < \text{BF } 1/2 - Y5 \\ & \text{BF } 1/1 - Y6 < \text{BF } 1/2 - Y6 < \text{BF } 2/1 - Y6 \\ & \text{BF } 1/1 - Y7 < \text{BF } 1/2 - Y7 < \text{BF } 2/1 - Y7 \\ & \text{BF } 1/1 - Y8 < \text{BF } 1/2 - Y8 < \text{BF } 2/1 - Y8 \\ & \text{BF } 1/1 - Y9 < \text{BF } 1/2 - Y9 < \text{BF } 2/1 - Y9 \end{aligned}$$

şartının gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2.5 cm yalıtımlı ve 5 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %15 (S1)'e göre de, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti.

10 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %15 (S1)'e göre de, Y8 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y9 yönlendiriliş durumu için

$$\text{BF } 1/2 - Y9 < \text{BF } 1/1 - Y9 < \text{BF } 2/1 - Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

15 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %15 (S1)'e göre de, Y7 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$\begin{aligned} & \text{BF } 1/2 - Y8 < \text{BF } 1/1 - Y8 < \text{BF } 2/1 - Y8 \\ & \text{BF } 1/2 - Y9 < \text{BF } 1/1 - Y9 < \text{BF } 2/1 - Y9 \end{aligned}$$

şartı gerçekleşmiştir.

Yalıtımsız bina kabuğu ve saydamlık oranı %20 (S2)'e göre,

$$BF\ 1/1 - Y1 < BF\ 2/1 - Y1 < BF\ 1/2 - Y1$$

$$BF\ 1/1 - Y2 < BF\ 2/1 - Y2 < BF\ 1/2 - Y2$$

$$BF\ 1/1 - Y3 < BF\ 2/1 - Y3 < BF\ 1/2 - Y3$$

$$BF\ 1/1 - Y4 < BF\ 2/1 - Y4 < BF\ 1/2 - Y4$$

$$BF\ 1/1 - Y5 < BF\ 2/1 - Y5 < BF\ 1/2 - Y5$$

$$BF\ 1/1 - Y6 < BF\ 1/2 - Y6 < BF\ 2/1 - Y6$$

$$BF\ 1/1 - Y7 < BF\ 1/2 - Y7 < BF\ 2/1 - Y7$$

$$BF\ 1/1 - Y8 < BF\ 1/2 - Y8 < BF\ 2/1 - Y8$$

$$BF\ 1/1 - Y9 < BF\ 1/2 - Y9 < BF\ 2/1 - Y9$$

şartının gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %20 (S2)'e göre de, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti.

5 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %20 (S2)'e göre de, Y8 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 - Y9 < BF\ 1/1 - Y9 < BF\ 2/1 - Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

10 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %20 (S2)'e göre de, Y7 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 - Y8 < BF\ 1/1 - Y8 < BF\ 2/1 - Y8$$

$$BF\ 1/2 - Y9 < BF\ 1/1 - Y9 < BF\ 2/1 - Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

15 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %20 (S2)'e göre de, Y6 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 -Y7 < BF\ 1/1 -Y7 < BF\ 2/1 -Y7$$

$$BF\ 1/2 -Y8 < BF\ 1/1 -Y8 < BF\ 2/1 -Y8$$

$$BF\ 1/2 -Y9 < BF\ 1/1 -Y9 < BF\ 2/1 -Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

Yalıtımsız bina kabuğu ve saydamlık oranı %25 (S3)'e göre,

$$BF\ 1/1 -Y1 < BF\ 2/1 -Y1 < BF\ 1/2 -Y1$$

$$BF\ 1/1 -Y2 < BF\ 2/1 -Y2 < BF\ 1/2 -Y2$$

$$BF\ 1/1 -Y3 < BF\ 2/1 -Y3 < BF\ 1/2 -Y3$$

$$BF\ 1/1 -Y4 < BF\ 2/1 -Y4 < BF\ 1/2 -Y4$$

$$BF\ 1/1 -Y5 < BF\ 2/1 -Y5 < BF\ 1/2 -Y5$$

$$BF\ 1/1 -Y6 < BF\ 1/2 -Y6 < BF\ 2/1 -Y6$$

$$BF\ 1/1 -Y7 < BF\ 1/2 -Y7 < BF\ 2/1 -Y7$$

$$BF\ 1/1 -Y8 < BF\ 1/2 -Y8 < BF\ 2/1 -Y8$$

$$BF\ 1/1 -Y9 < BF\ 1/2 -Y9 < BF\ 2/1 -Y9$$

şartının gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %25 (S3)'e göre de, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti.

5 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %25 (S3)'e göre de, Y7 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 -Y8 < BF\ 1/1 -Y8 < BF\ 2/1 -Y8$$

$$BF\ 1/2 -Y9 < BF\ 1/1 -Y9 < BF\ 2/1 -Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

10 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %25 (S3)'e göre de, Y6 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 -Y7 < BF\ 1/1 -Y7 < BF\ 2/1 -Y7$$

$$BF\ 1/2 -Y8 < BF\ 1/1 -Y8 < BF\ 2/1 -Y8$$

$$BF\ 1/2 -Y9 < BF\ 1/1 -Y9 < BF\ 2/1 -Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

15 cm yalıtımlı bina kabuğu ve saydamlık oranı %25 (S3)'e göre de, Y6 yönlendiriliş durumuna kadar, yalıtımsız kabuk eleman sonuçları gerçekleşti. Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumu için

$$BF\ 1/2 -Y7 < BF\ 1/1 -Y7 < BF\ 2/1 -Y7$$

$$BF\ 1/2 -Y8 < BF\ 1/1 -Y8 < BF\ 2/1 -Y8$$

$$BF\ 1/2 -Y9 < BF\ 1/1 -Y9 < BF\ 2/1 -Y9$$

şartı gerçekleşmiştir.

-V-

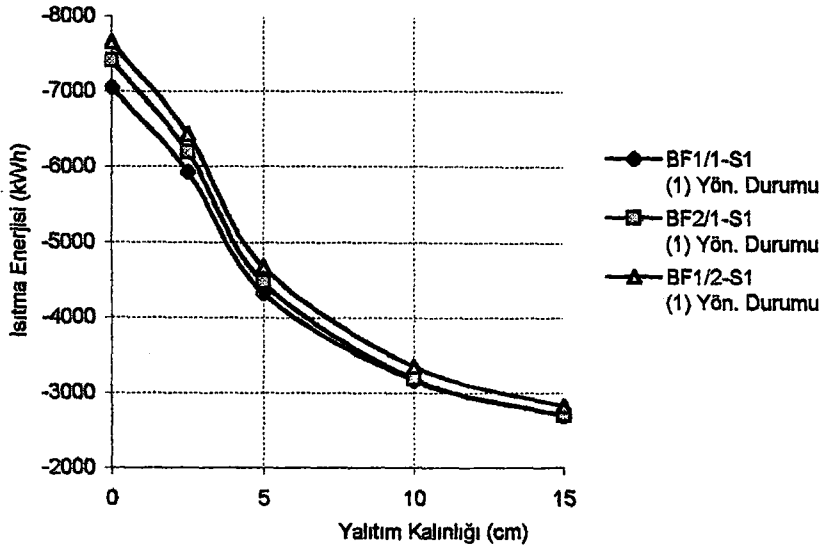
A) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y1 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 49-6.51 'de verilmiştir.

B) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y2 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 52-6.54 'de verilmiştir.

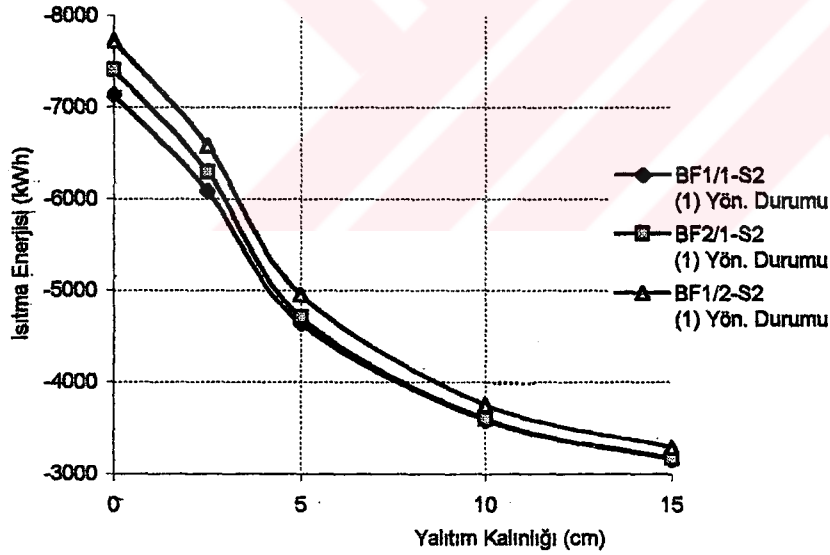
C) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y3 yönlendiriliş durumu için bina

kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 55-6.57 'de verilmiştir.

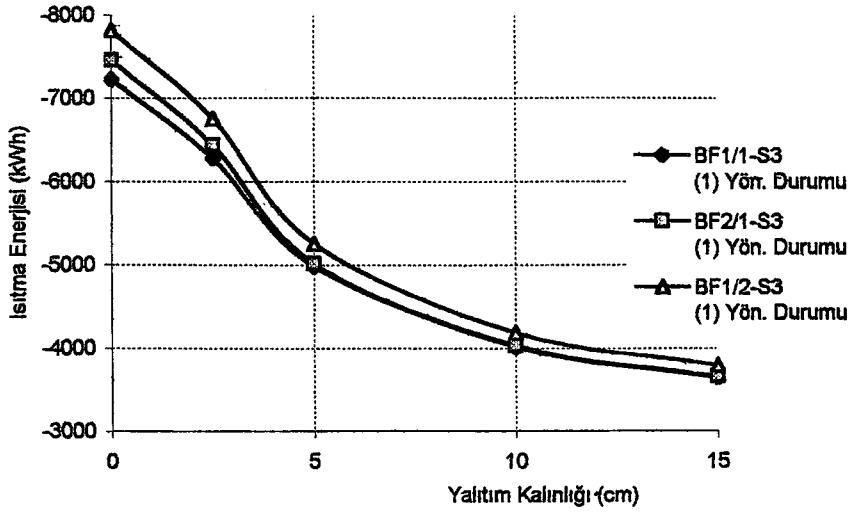
- D) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y4 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 58-6.60 'da verilmiştir.
- E) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y5 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 62-6.64 'de verilmiştir.
- F) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y6 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 65-6.67 'de verilmiştir.
- G) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y7 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 68-6.70 'de verilmiştir.
- H) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y8 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6.70-6.72 'de verilmiştir.
- I) Biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve Y9 yönlendiriliş durumu için bina kabuğu yalıtım kalınlığına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi sonuçları Şekil 6. 73-6.75 'de verilmiştir.



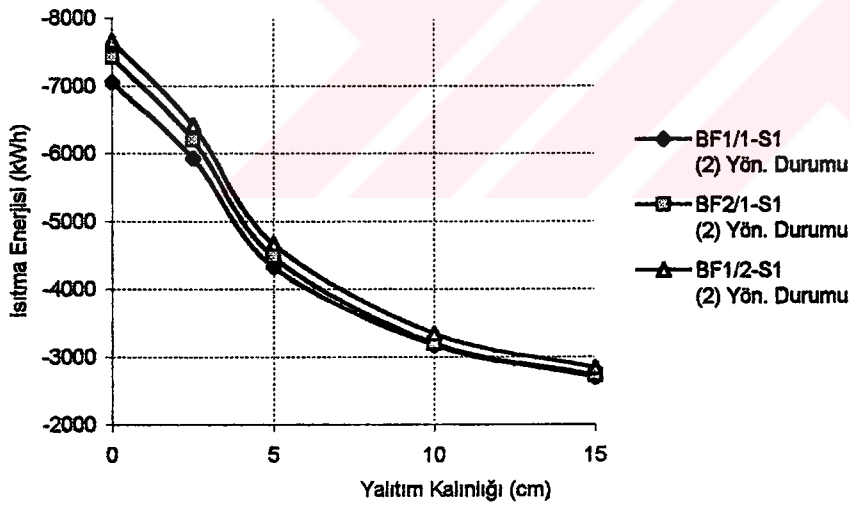
Şekil 6.49. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



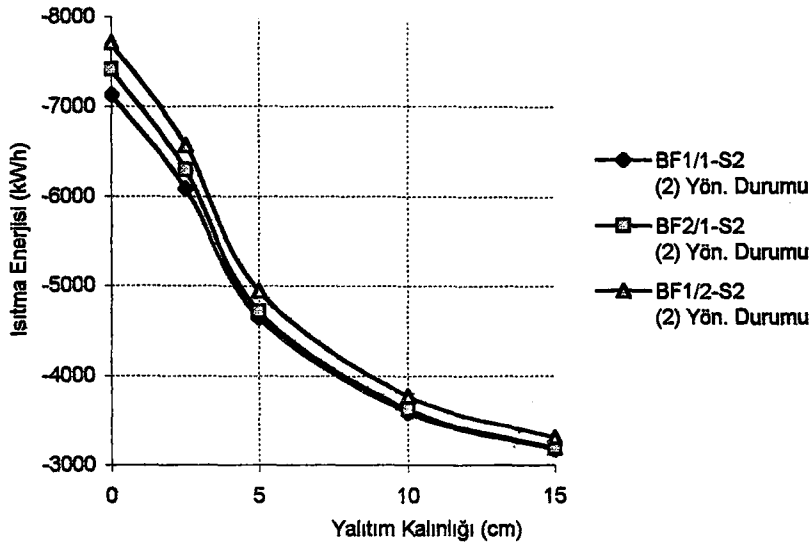
Şekil 6.50. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



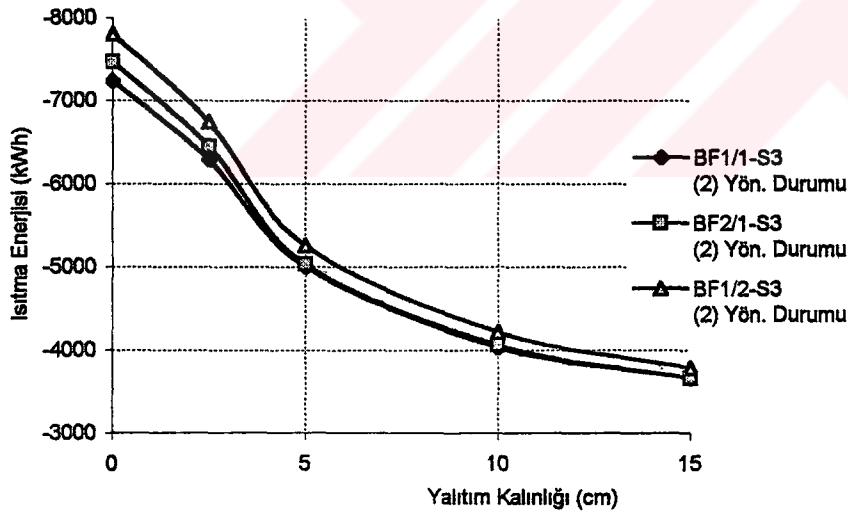
Şekil 6.51. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y1 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



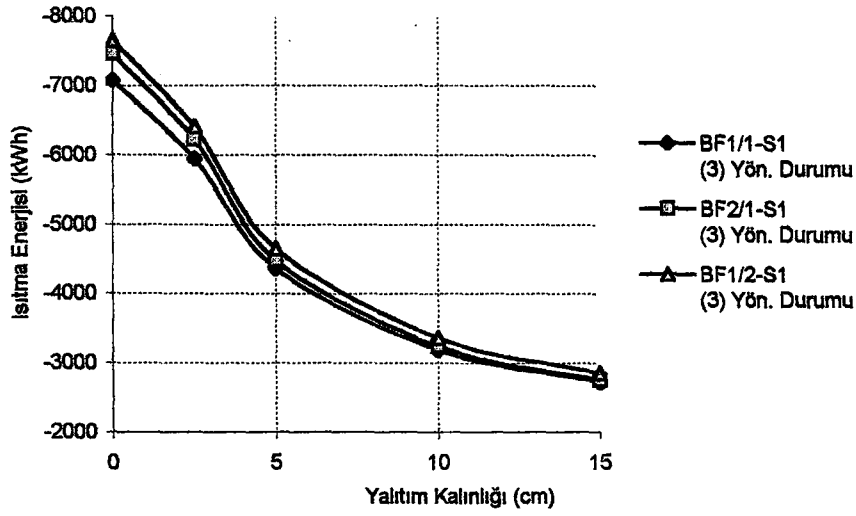
Şekil 6.52. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



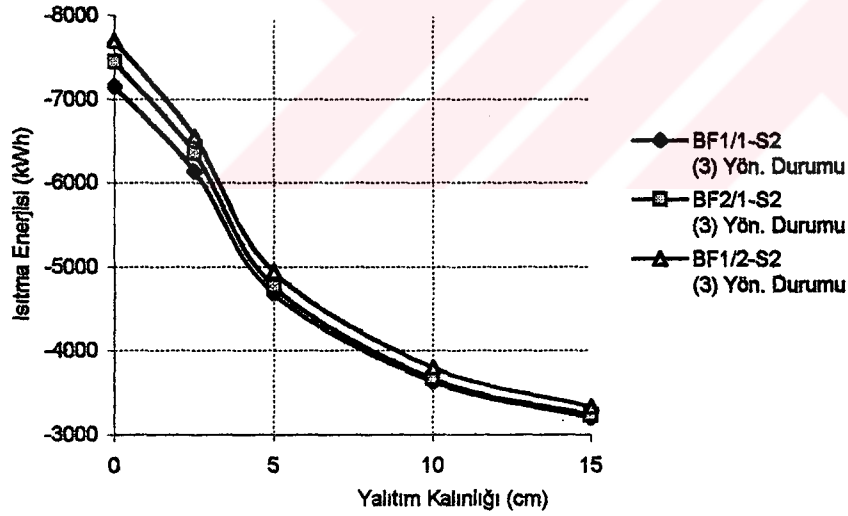
Şekil 6.53. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



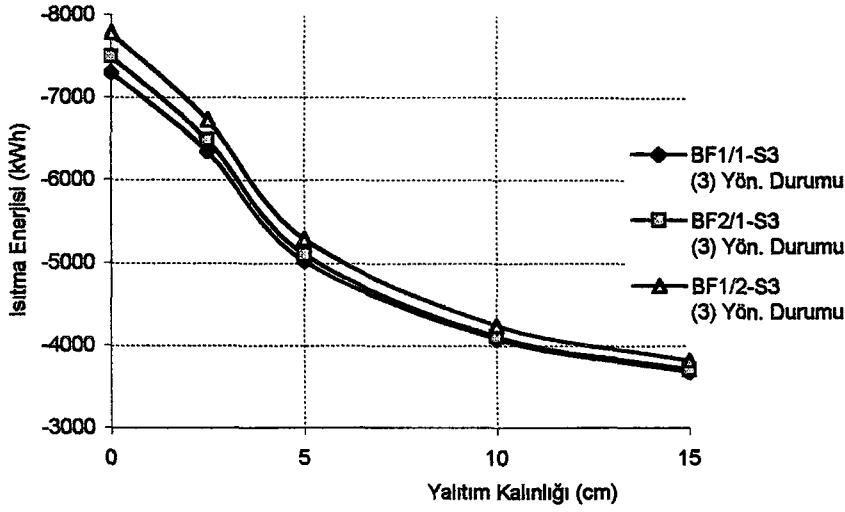
Şekil 6.54. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y2 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



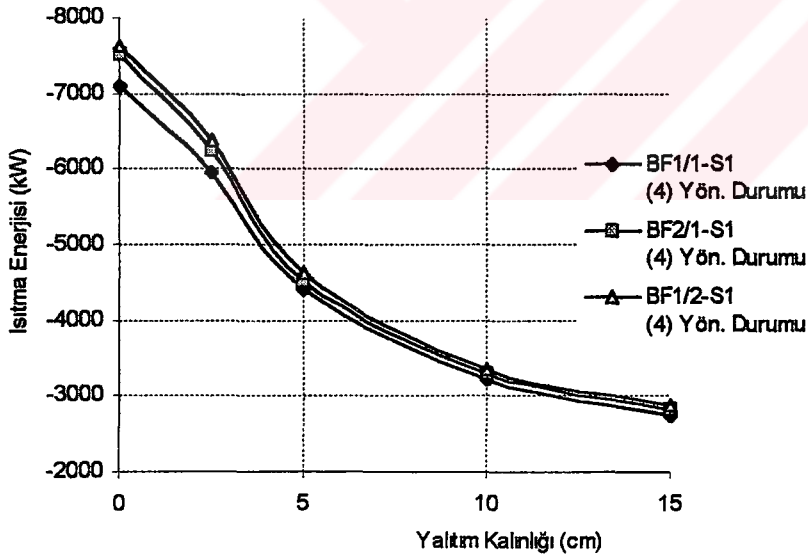
Şekil 6.55. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



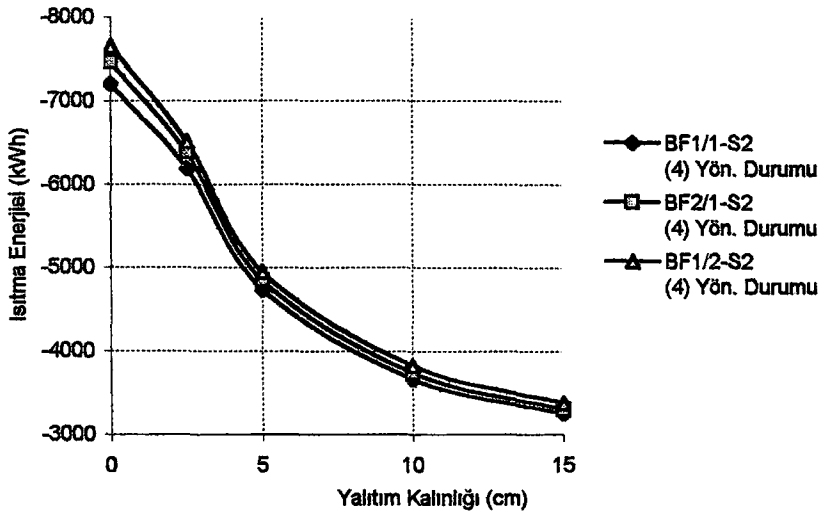
Şekil 6.56. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



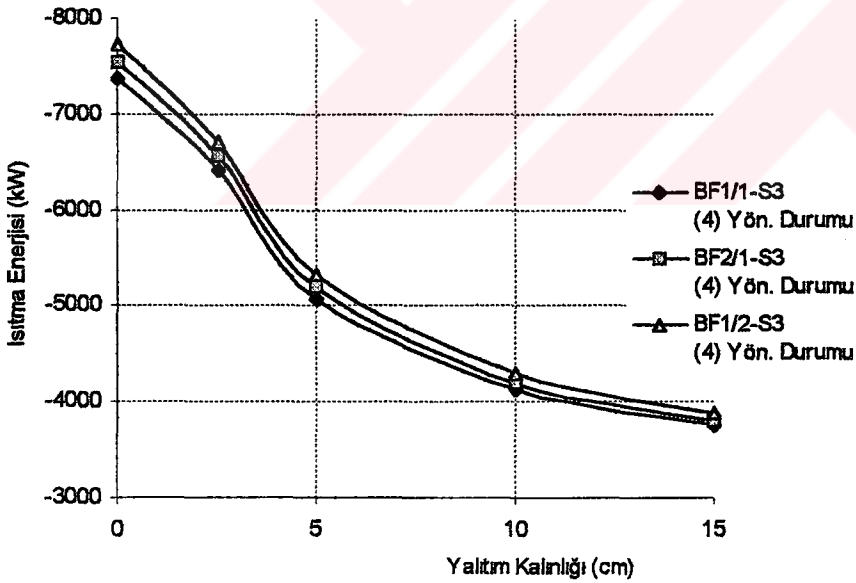
Şekil 6.57. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y3 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



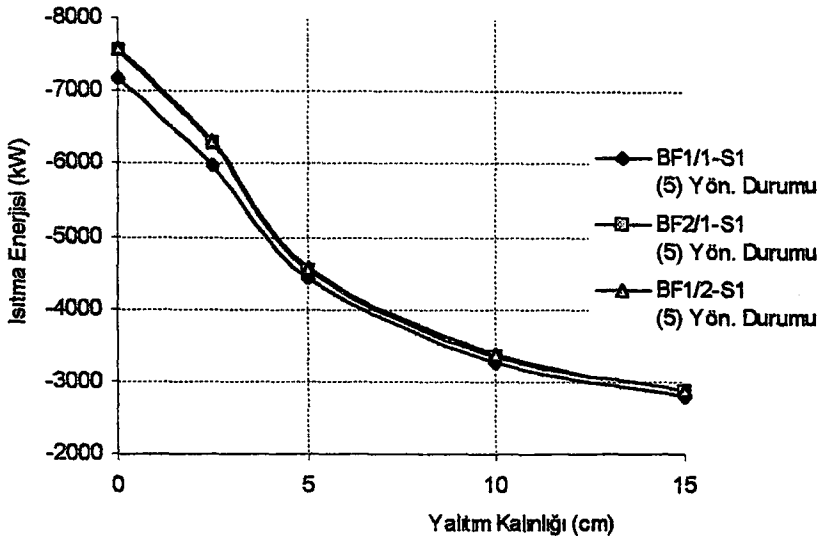
Şekil 6.58. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



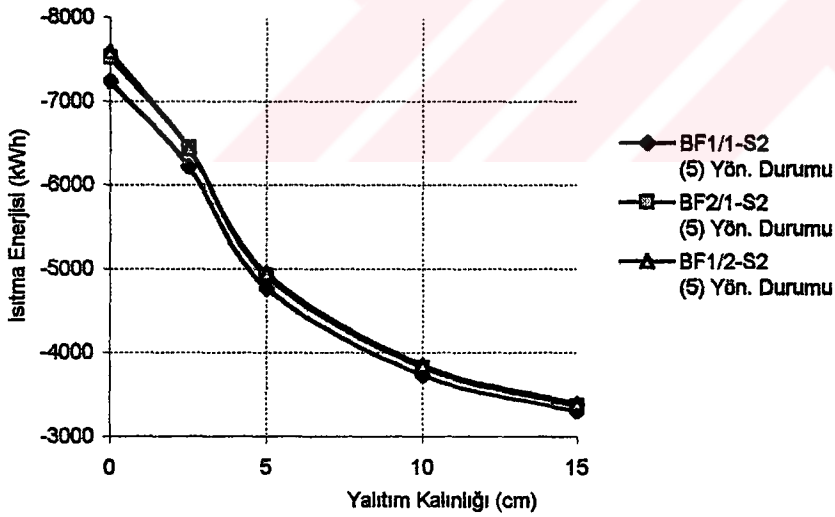
Şekil 6.59. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



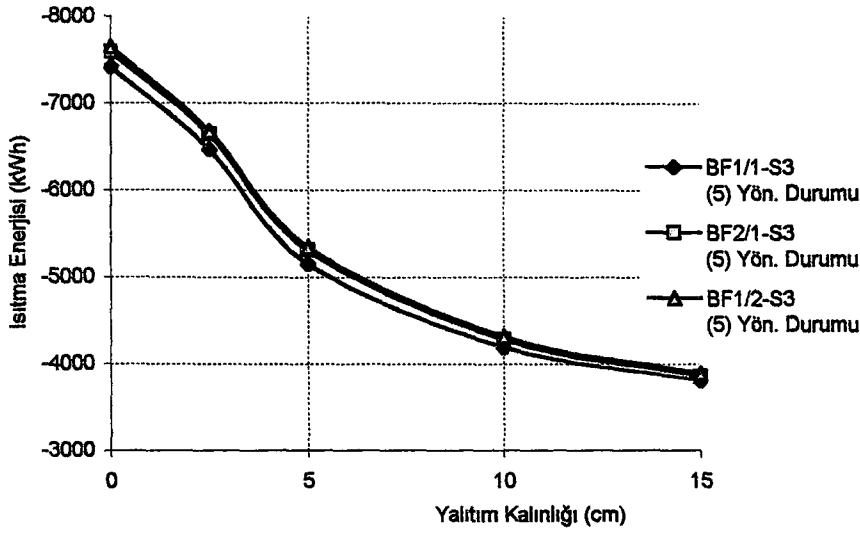
Şekil 6.60. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y4 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



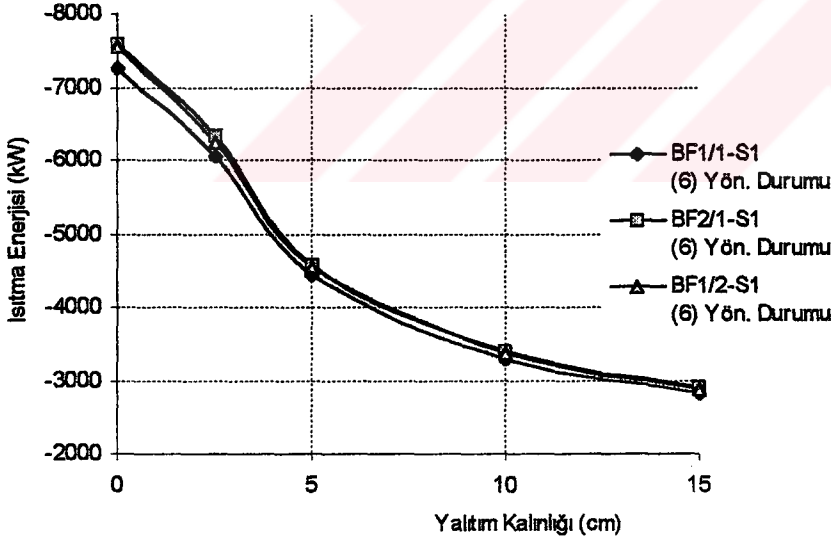
Şekil 6.61. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



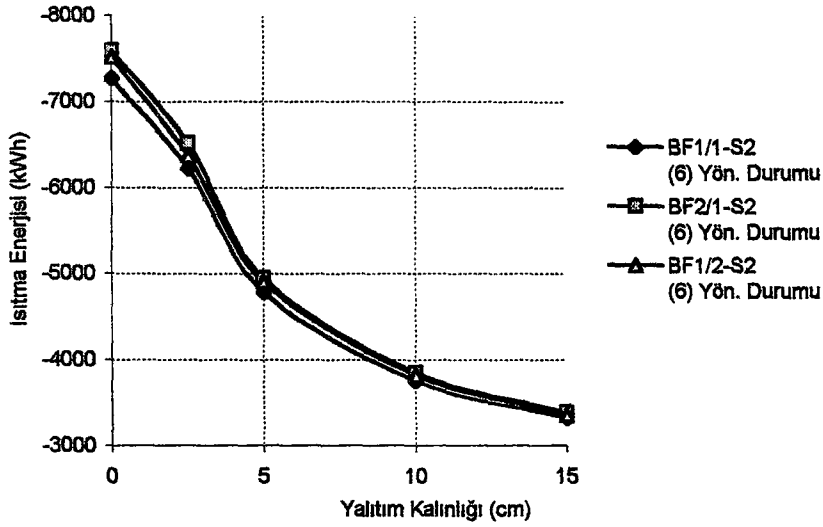
Şekil 6.62. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



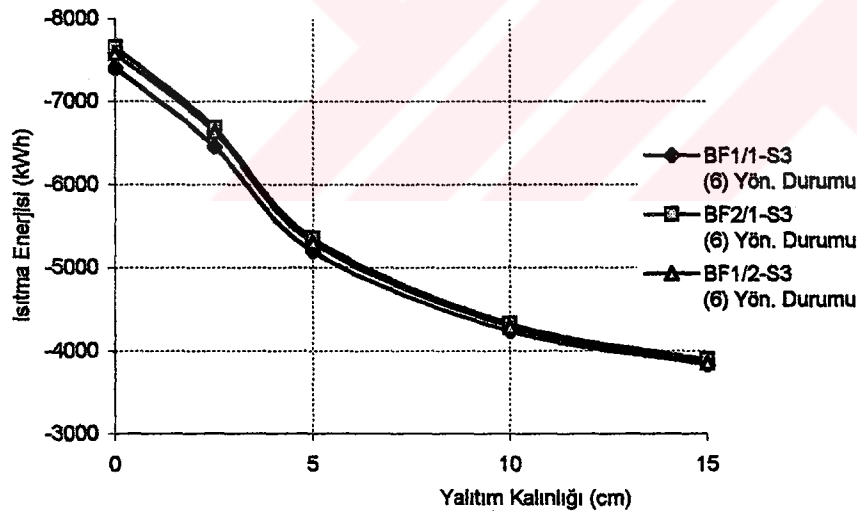
Şekil 6.63. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y5 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



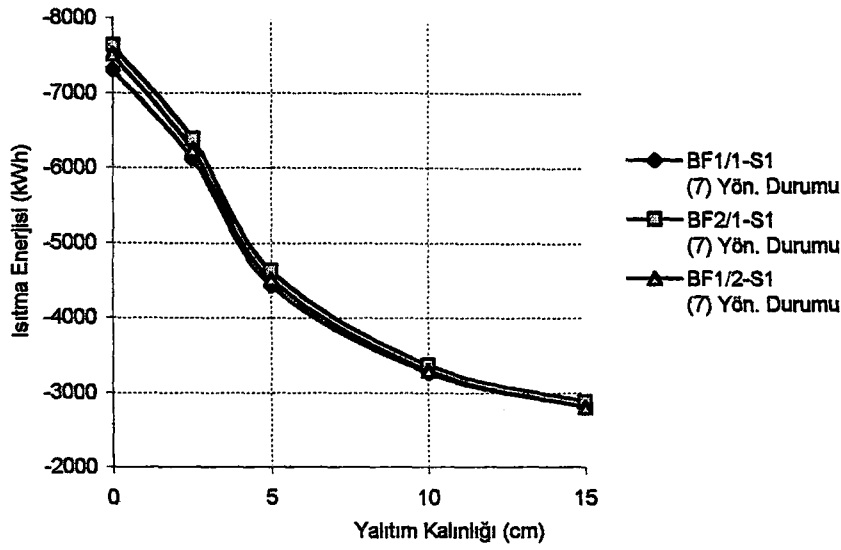
Şekil 6.64. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



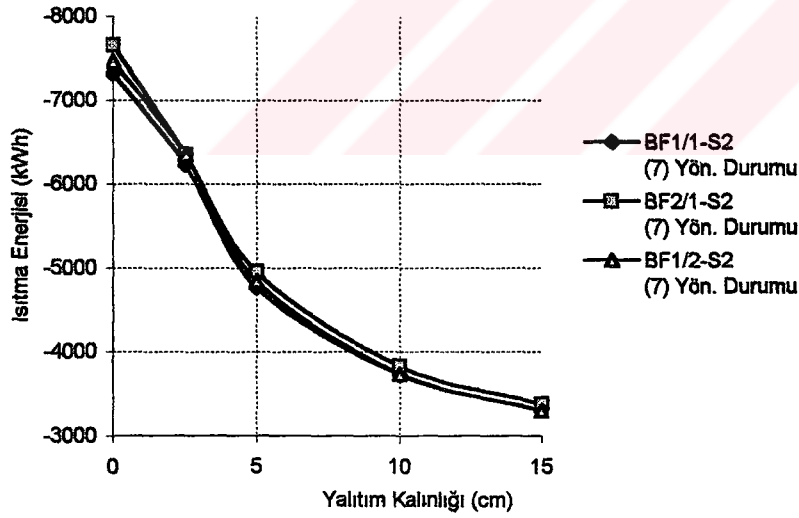
Şekil 6.65. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



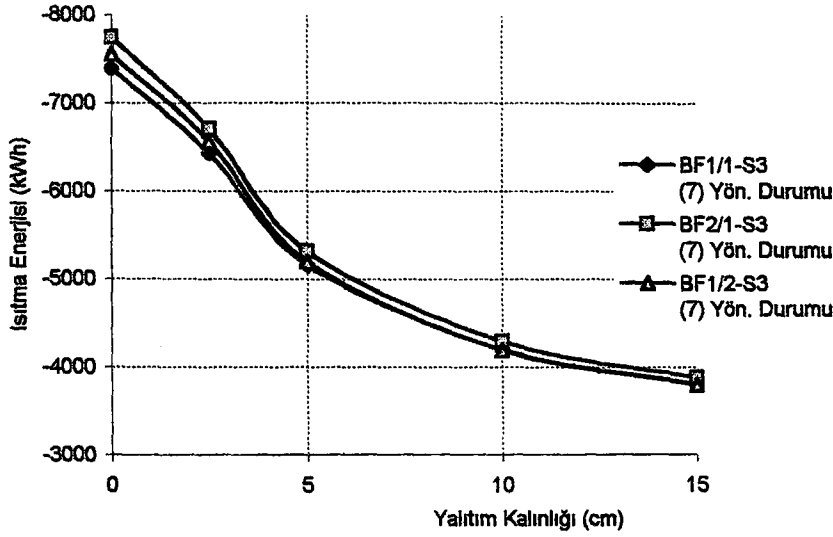
Şekil 6.66. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y6 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



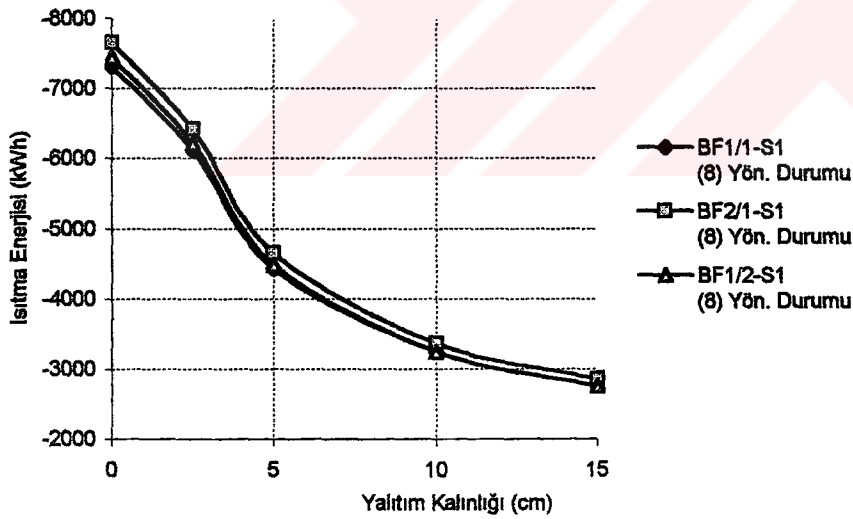
Şekil 6.67. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



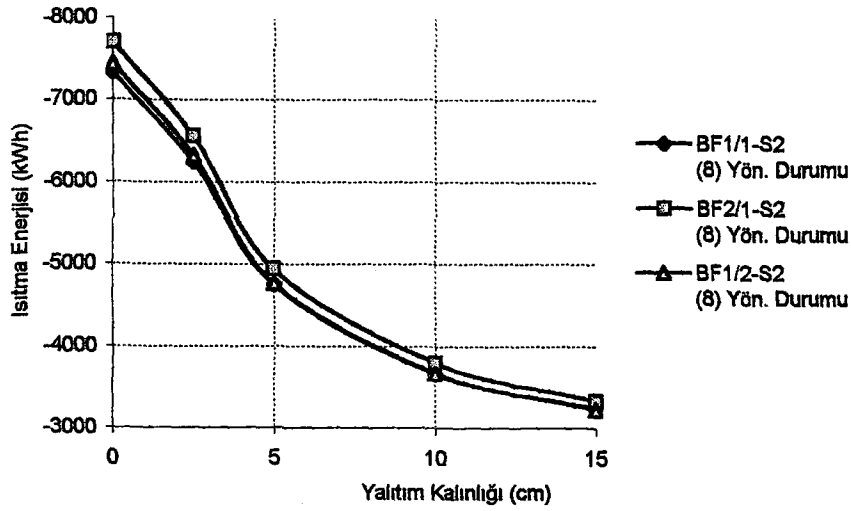
Şekil 6.68. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



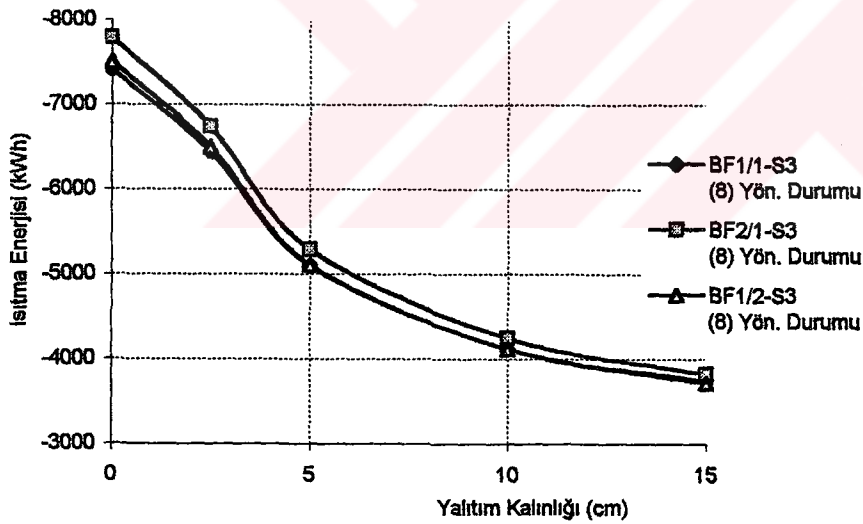
Şekil 6.69. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y7 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



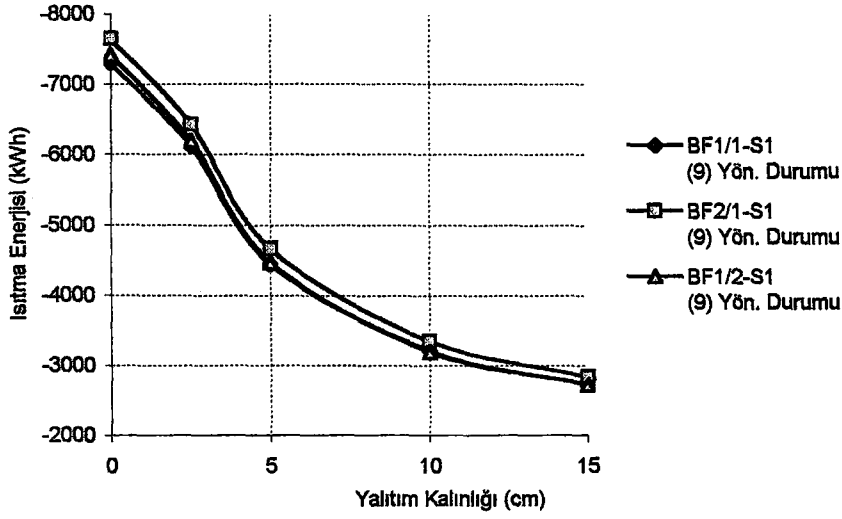
Şekil 6.70. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



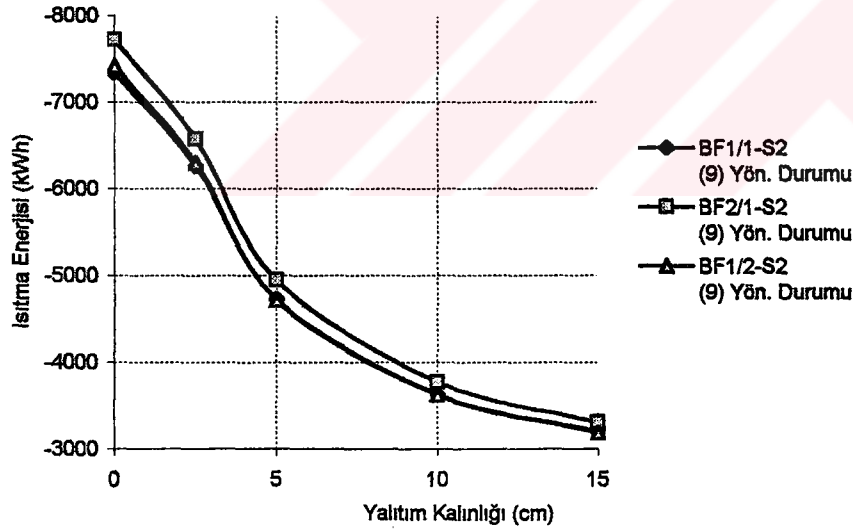
Şekil 6.71. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



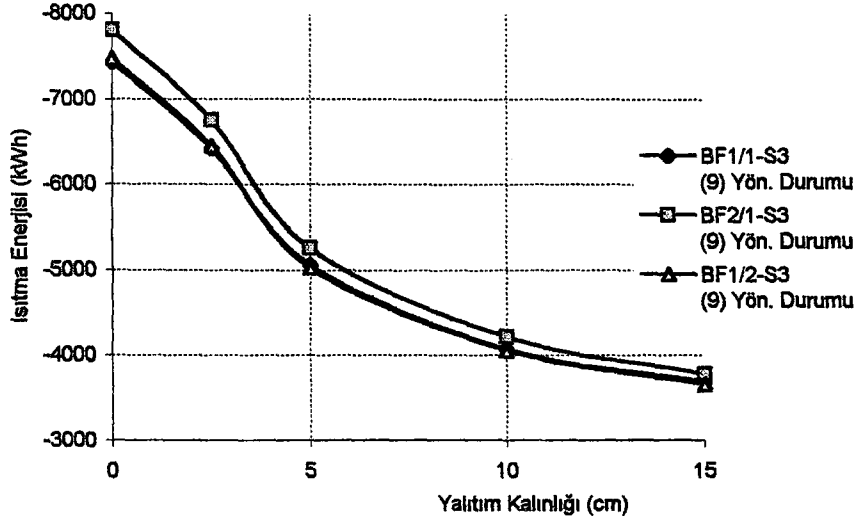
Şekil 6.72. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y8 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydımlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.73. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.74. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri



Şekil 6.75. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Y9 Yönlendiriliş Durumunda Yalıtım Kalınlığı Farklı Kabuk Elemana ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Değerleri

Şekil 6.49-6.75 'de, biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatifleri, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2) ve %25 (S3) için yalıtım kalınlığı ve yönlendiriliş durumuna göre yıllık ısıtma enerjisi açısından karşılaştırılacak olursa; biçim faktörü 1/1 ve 2/1 olan bina alternatifleri, başlangıç olarak (2.5 cm yalıtımlı kabuk eleman) birbirine daha yakın değerler gerçekleştirmesine rağmen yalıtım kalınlığı ve saydamlık oranı arttıkça yöne de bağlı olarak, bu kez de biçim faktörü 1/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin birbirine daha yakın değerler gerçekleştirdiği tespit edildi. Hatta yalıtım kalınlığı ve saydamlık oranı arttıkça biçim faktörü 1/2 olan bina alternatiflerinin özellikle Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumunda yıllık ısıtma enerjisi açısından daha avantajlı bina tipi olduğu tespit edilmiştir.

Başlangıç itibarıyla (2.5 cm yalıtımlı kabuk eleman) tüm saydamlık oranları için

$$BF\ 1/1 - Y1 < BF\ 2/1 - Y1 < BF\ 1/2 - Y1$$

olan durum, 15 cm yalıtımlı kabuk eleman halinde,

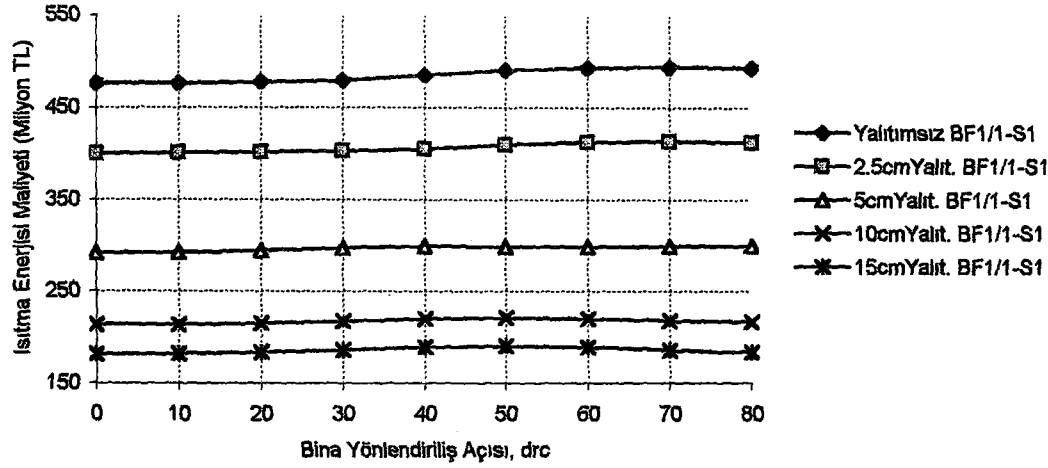
$$BF\ 1/2 - Y9 < BF\ 1/1 - Y9 < BF\ 2/1 - Y9$$

şeklinde değişmiştir.

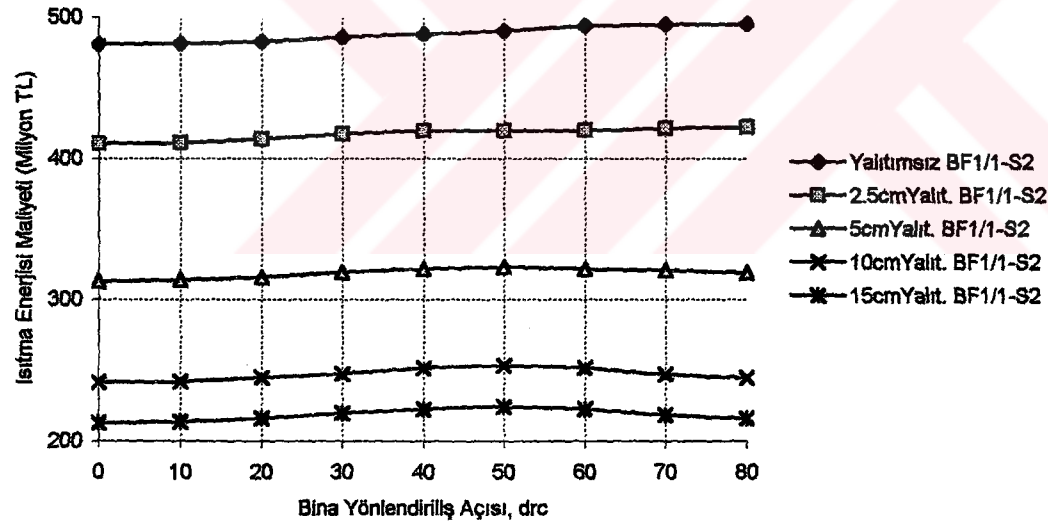
Biçim faktörü 1/2 ve 2/1 olan bina alternatiflerine ait değerler özellikle Y5 ve Y6 yönlendiriliş durumunda, BF 1/2 lehinde değişmiştir. Biçim faktörü 1/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerine ait değerler ise özellikle Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumunda, BF 1/2 lehinde değişmiştir. Dolayısıyla biçim faktörü 1/2 olan bina alternatifleri, yöne bağlı olarak yalıtım kalınlığı ve saydamlık oranı arttıkça yıllık ısıtma enerjisi açısından daha avantajlı değerler gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

-VI-

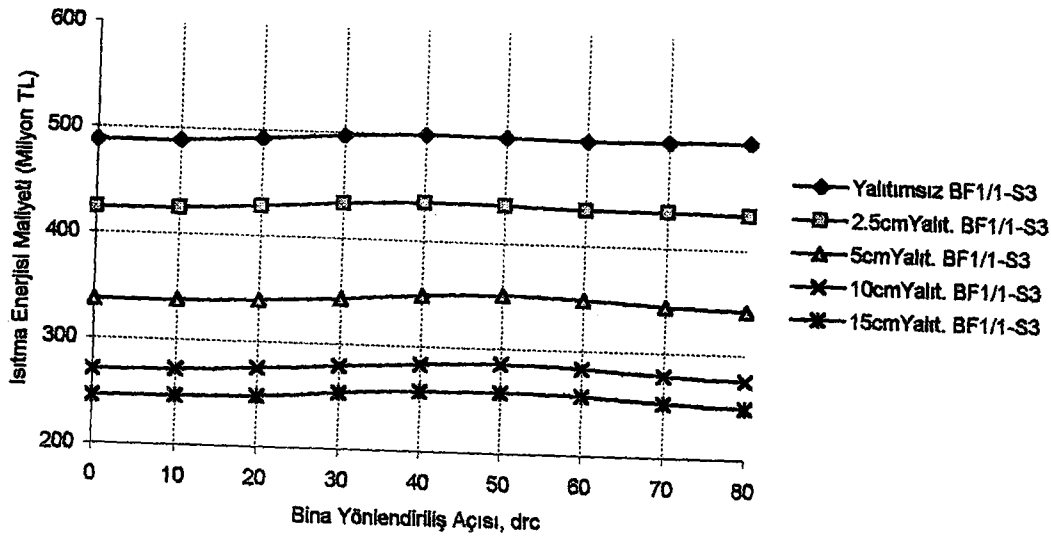
- A) Biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.76-6.78 'de verilmiştir.
- B) Biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.79-6.81 'de verilmiştir.
- C) Biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatifinin dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) için beş farklı bina kabuğu detayına göre elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.82-6.84 'de verilmiştir.



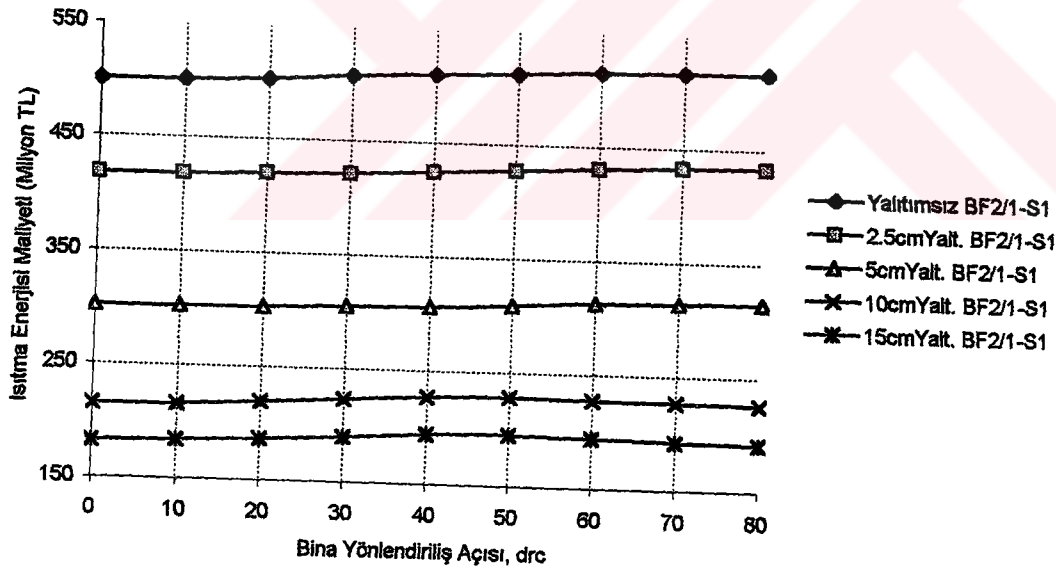
Şekil 6.76. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



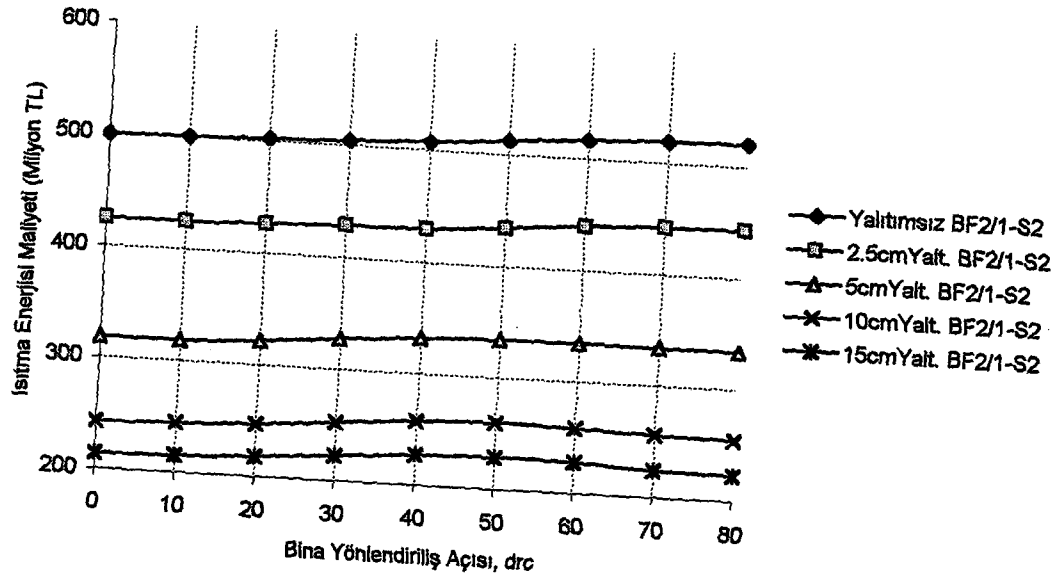
Şekil 6.77. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



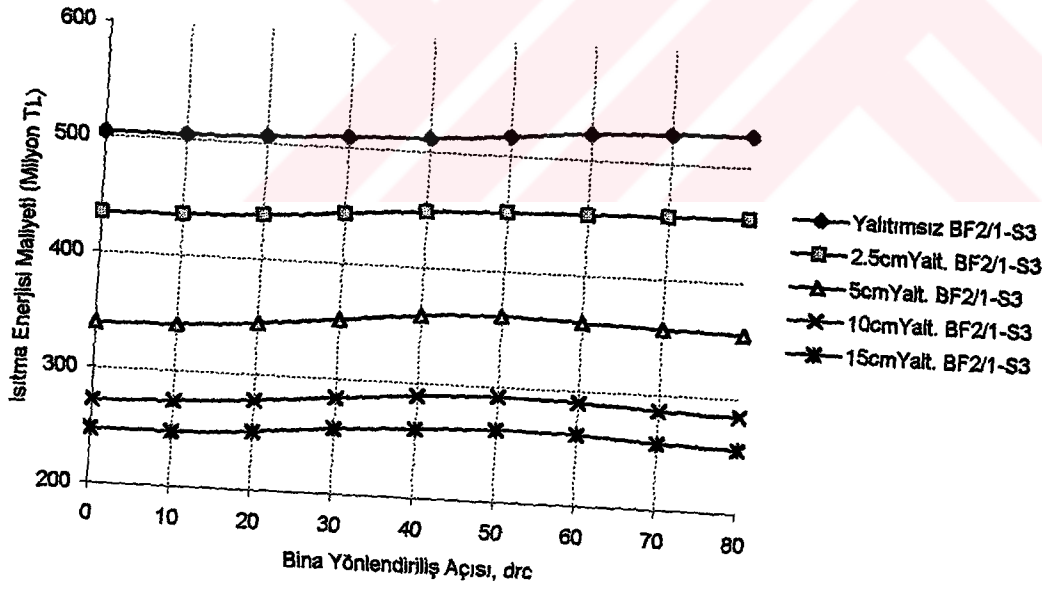
Şekil 6.78. Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



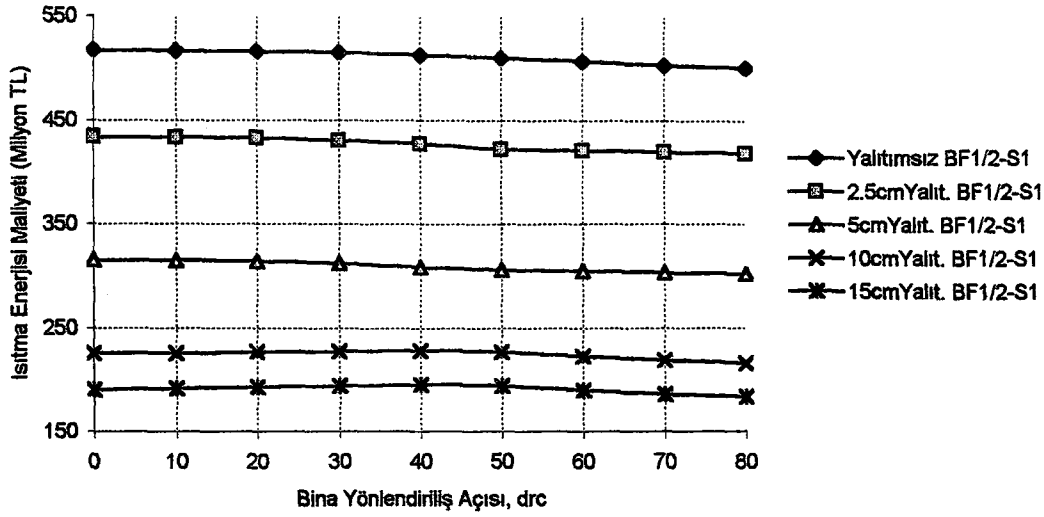
Şekil 6.79. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



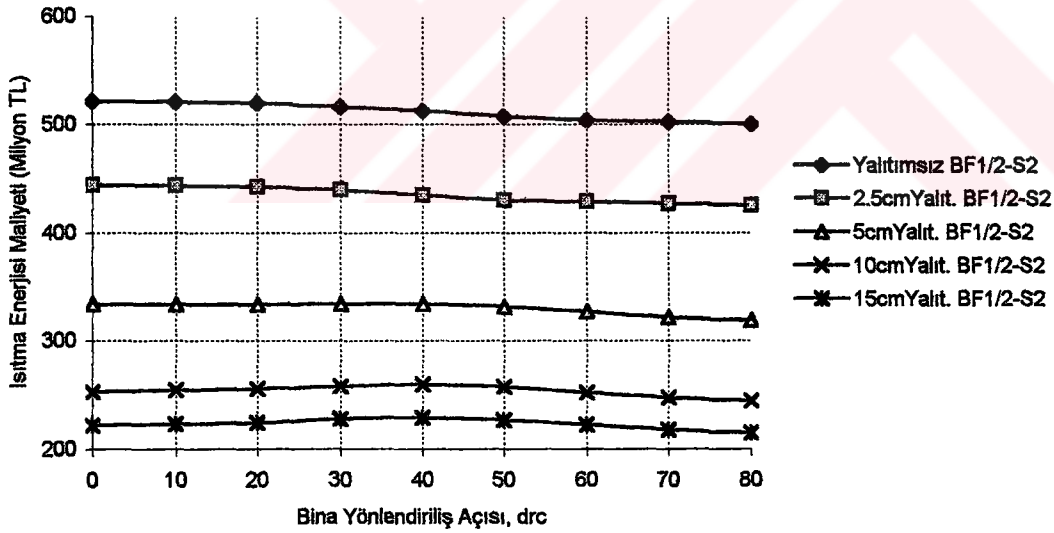
Şekil 6.80. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



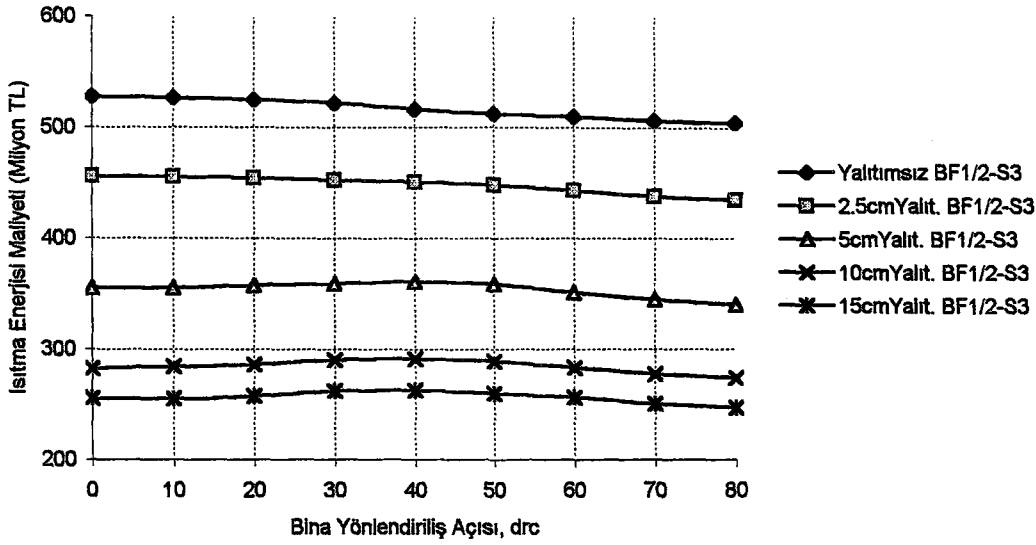
Şekil 6.81. Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.82. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.83. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.84. Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Farklı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri

Şekil 6.76-6.85 değerlendirildiğinde, bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi maliyeti açısından bina kabuğu detayına bağlı olarak farklı değerler verdiği tespit edilmiştir. Bu farklılığın daha net bir şekilde görülebilmesi için kabuk detayına göre bina alternatiflerinin ortalama yıllık kazançları hesaplanmış ve bu değerler Tablo 6.3 'de gösterilmiştir.

Tablo 6.3 'de bina alternatifleri aynı kabuk detayına göre kendi aralarında minimum ve maksimum yıllık ısıtma enerjisi maliyet farkı ve yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinin, yalıtımsız bina kabuğuna sahip bina alternatiflerine göre elde ettiği ortalama ısıtma enerjisi maliyet farkı değerleri verilmiştir.

Tablo 6.3. Bina Kabuğu Özelliğine Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı

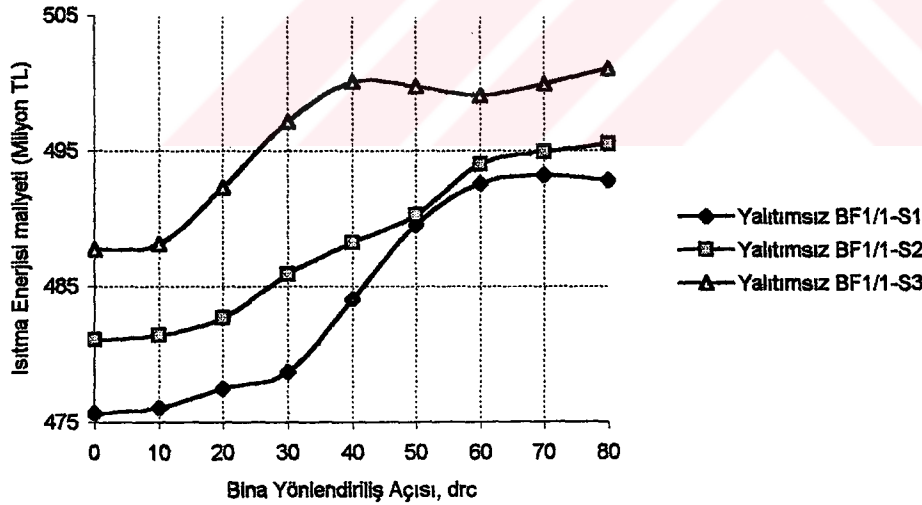
Biçim Faktörü	SAYDAMLIK ORANI	YALITIMSIZ Min.ve Mak. Yön.Dur. YIE. Mal. Farkı (%)	2.5cm YALIT. Min.ve Mak. Yön.Dur. YIE. Mal. Farkı (%)	5cm YALIT. Min.ve Mak. Yön.Dur. YIE. Mal. Farkı (%)	10cm YALIT. Min.ve Mak. Yön.Dur. YIE. Mal. Farkı (%)	15cm YALIT. Min.ve Mak. Yön.Dur. YIE. Mal. Farkı (%)	Yalıtımsız ve 2.5cm Yalıt. YIE. Maliyeti Ort. Farkı (%)	Yalıtımsız ve 5cm Yalıtım. YIE. Maliyeti Ort. Farkı (%)	Yalıtımsız ve 10cm Yalıtım. YIE. Maliyeti Ort. Farkı (%)	Yalıtımsız ve 15cm Yalıtım. YIE. Maliyeti Ort. Farkı (%)
BF 1/1	%15 (S1)	3.7	3.3	2.8	3.8	5.0	16.3	38.9	55.3	61.9
	%20 (S2)	3.0	2.8	3.1	5.0	5.4	14.6	34.9	49.6	55.5
	%25 (S3)	2.7	2.9	4.1	5.4	5.0	13.2	30.9	44.2	49.4
BF 2/1	%15 (S1)	3.3	3.8	4.6	6.3	7.1	16.5	39.6	56.3	62.8
	%20 (S2)	4.2	4.5	5.1	7.1	7.2	15.1	35.6	50.6	56.6
	%25 (S3)	4.6	4.8	6.6	7.2	6.4	13.3	31.8	45.2	50.6
BF 1/2	%15 (S1)	3.2	3.6	4.4	4.5	3.4	16.4	39.5	56.2	62.8
	%20 (S2)	4.0	4.3	4.7	3.3	3.1	15.0	35.7	50.6	56.6
	%25 (S3)	4.4	4.6	4.3	3.1	3.4	13.3	31.8	45.2	50.6

-VII-

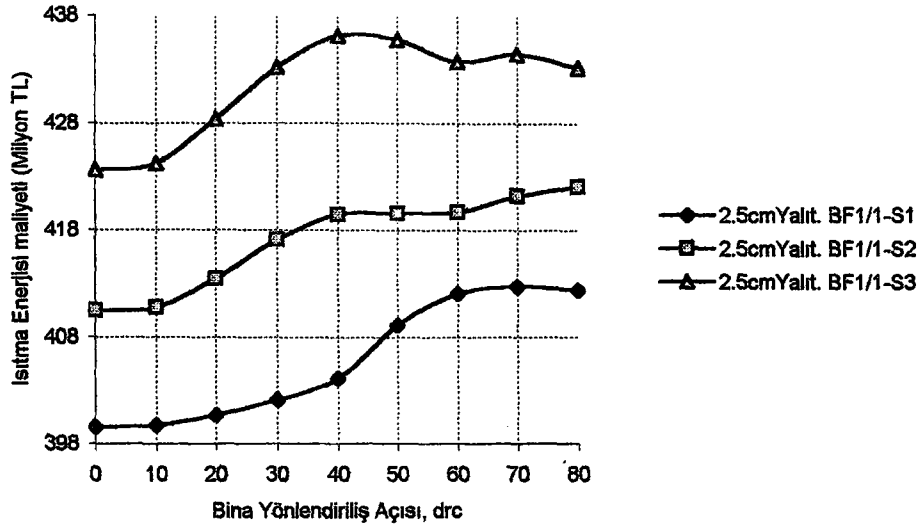
A) Aynı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/1 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), ve %25 (S3) için dokuz farklı yönlendiriliş durumunda elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.85-6.89 'da verilmiştir.

B) Aynı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 2/1 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), ve %25 (S3) için dokuz farklı yönlendiriliş durumunda elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.90-6.94 'de verilmiştir.

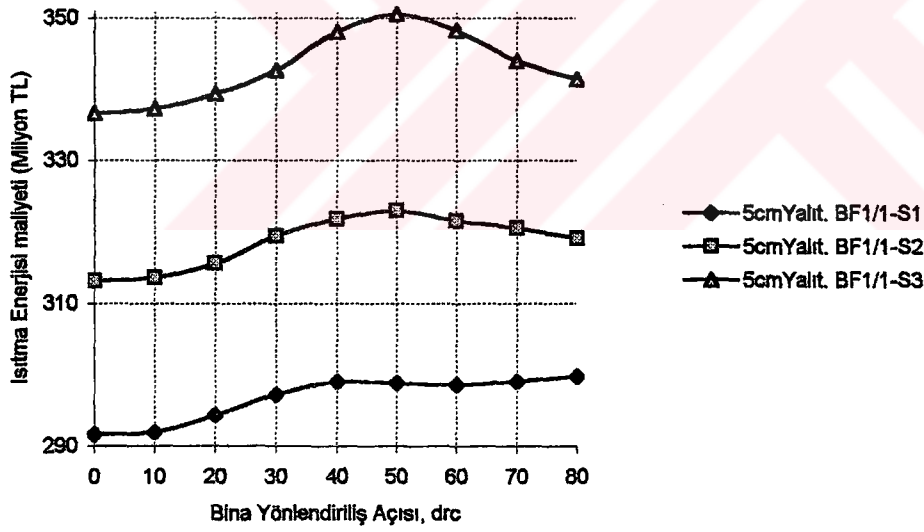
C) Aynı bina kabuğu detayına sahip biçim faktörü (BF) 1/2 olan bina alternatiflerinin, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), ve %25 (S3) için dokuz farklı yönlendiriliş durumunda elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.95-6.99 'da verilmiştir.



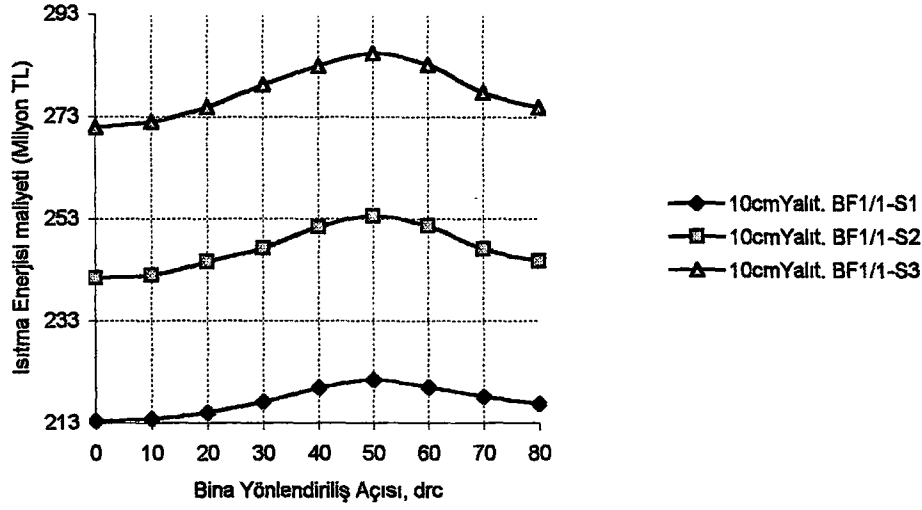
Şekil 6.85. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



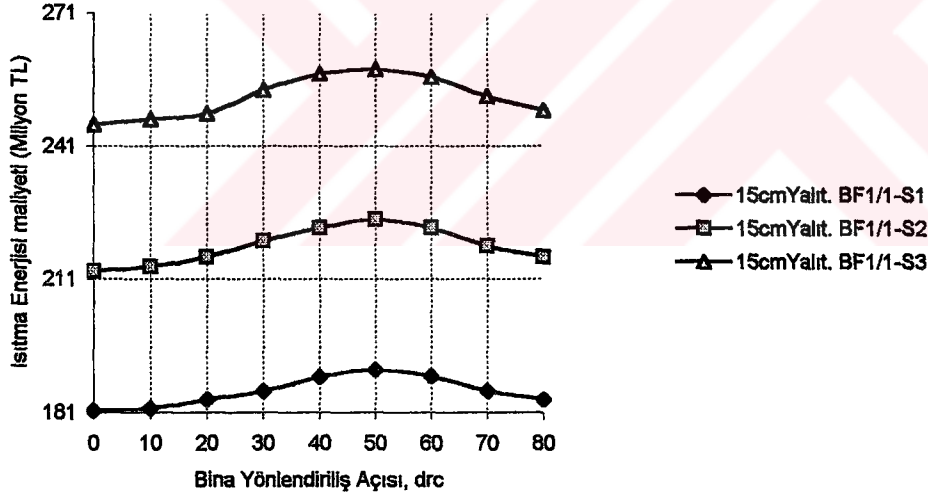
Şekil 6.86. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



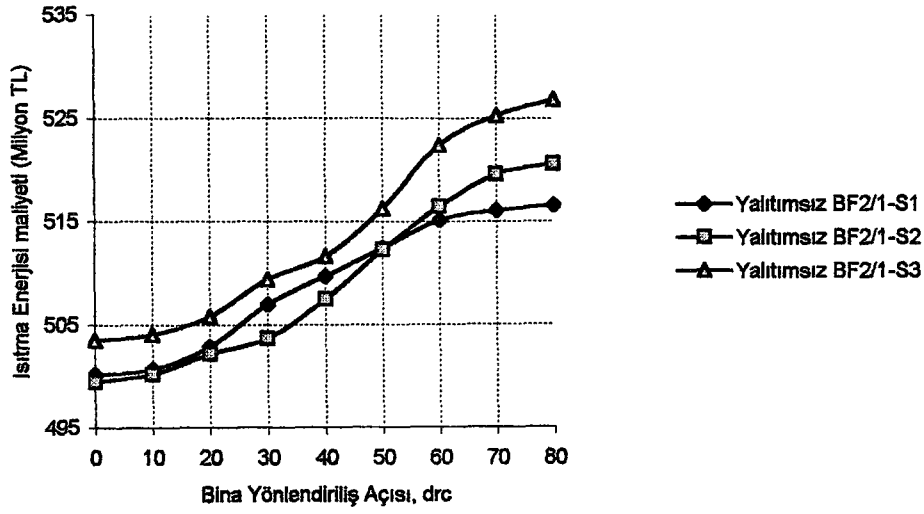
Şekil 6.87. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



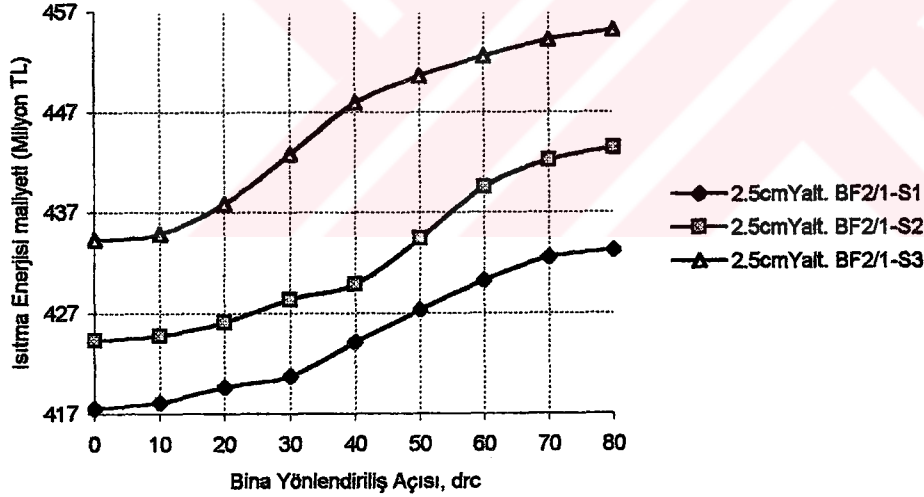
Şekil 6.88. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



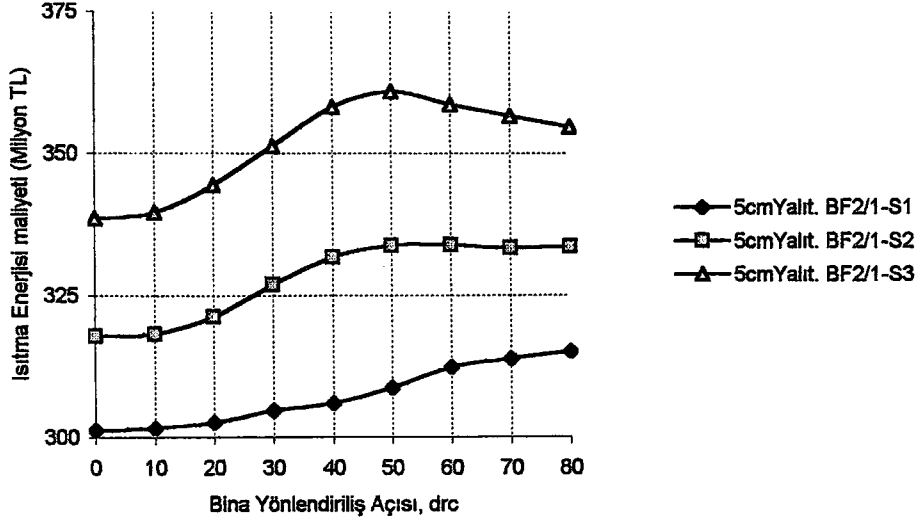
Şekil 6.89. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



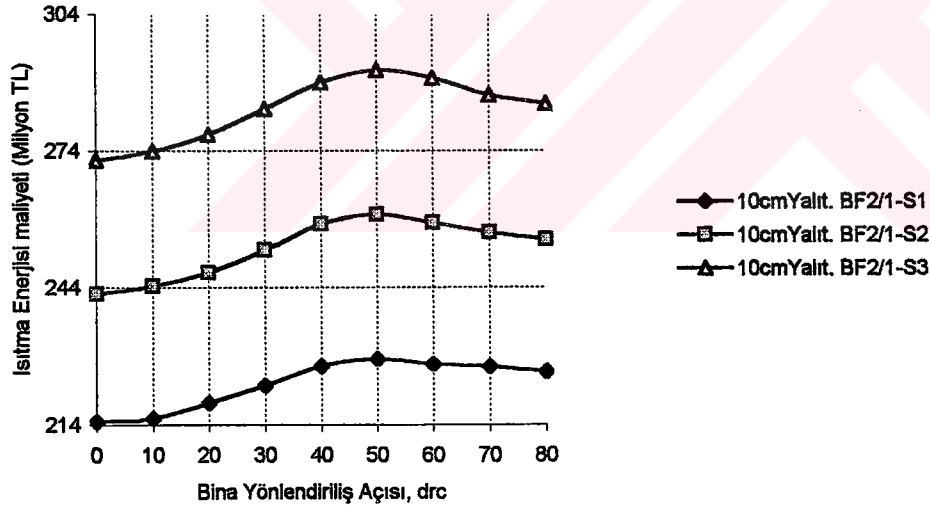
Şekil 6.90. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



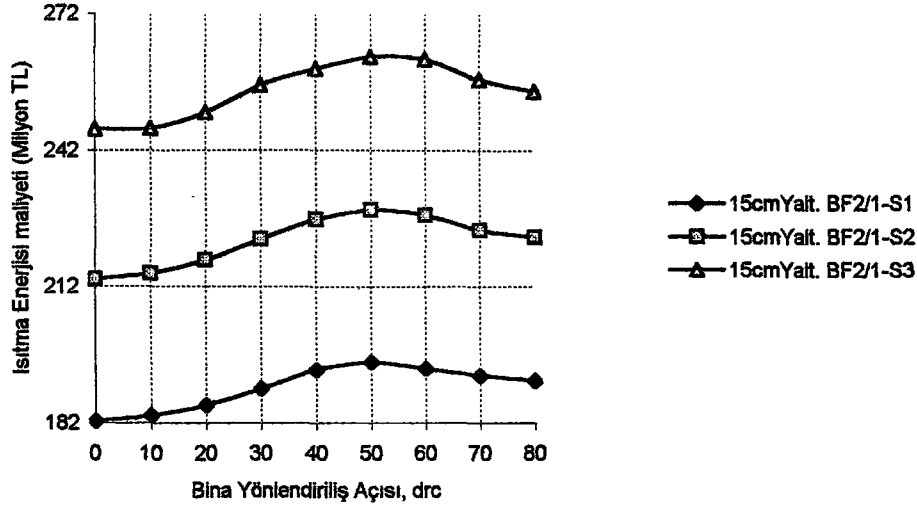
Şekil 6.91. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



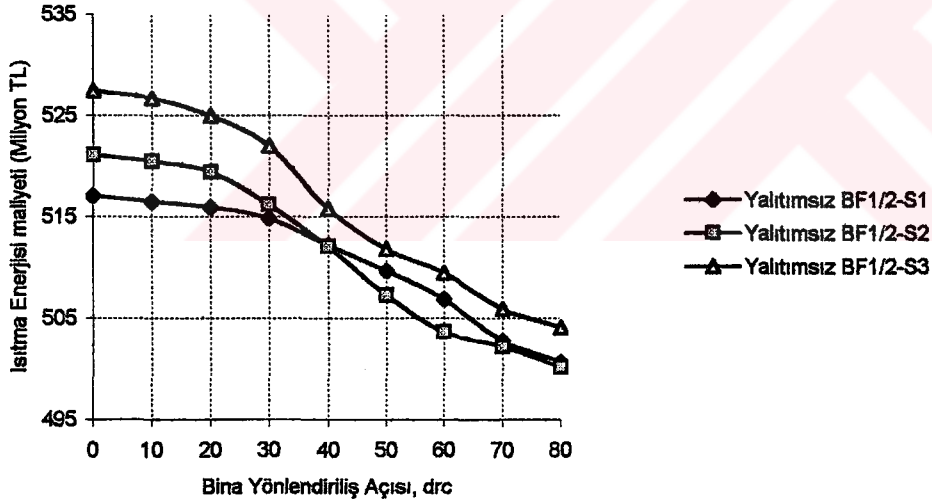
Şekil 6.92. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



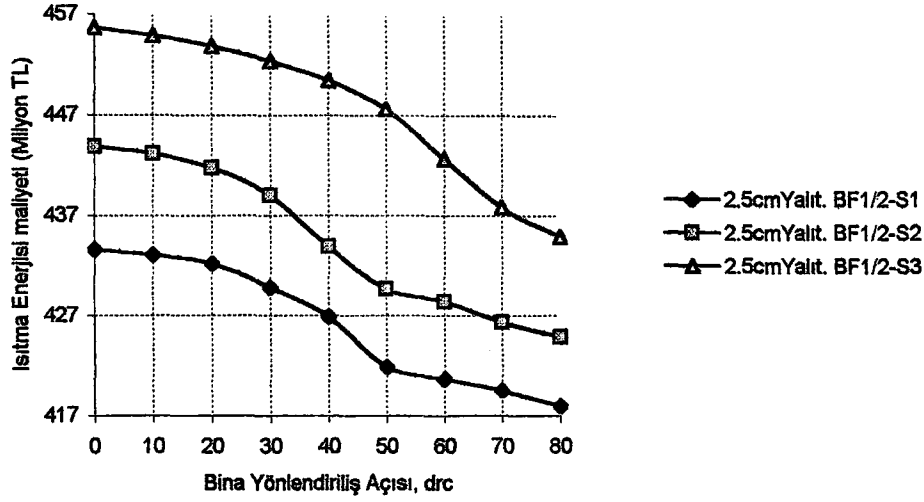
Şekil 6.93. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



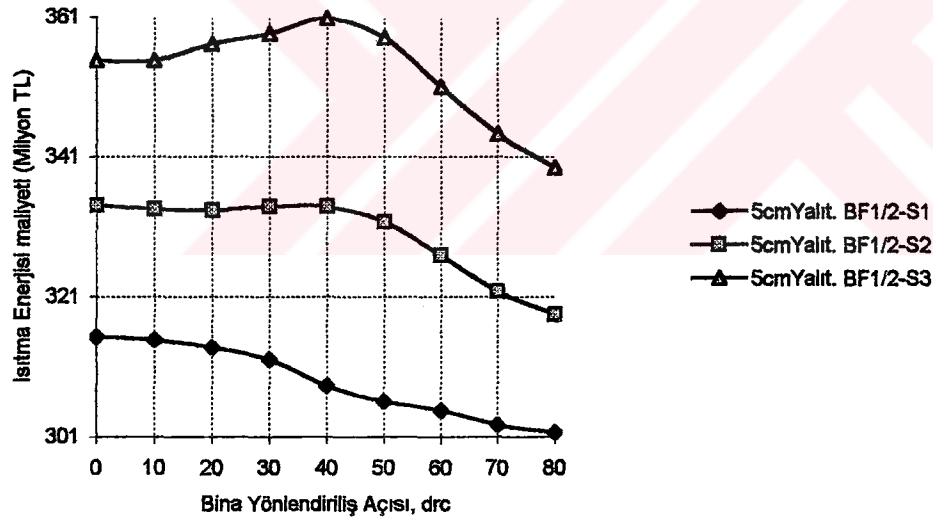
Şekil 6.94. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 2/1 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



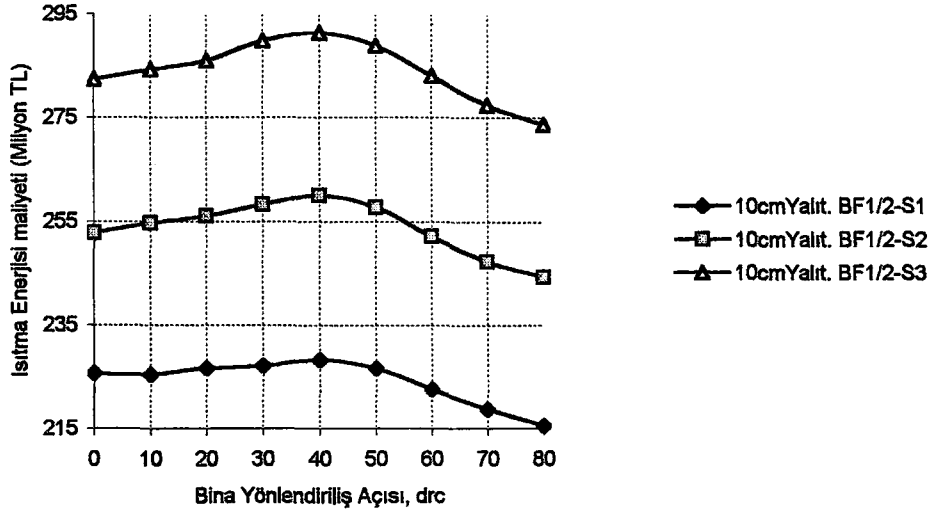
Şekil 6.95. Yalıtımsız Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



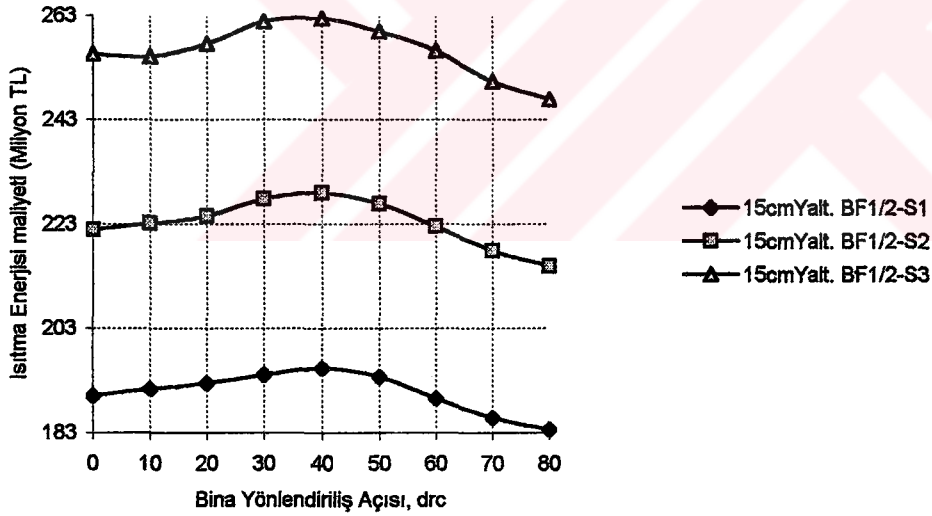
Şekil 6.96. 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.97. 5 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.98. 10 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.99. 15 cm Yalıtımlı Kabuk Elemana ve Farklı Saydamlık Oranına Sahip Biçim Faktörü 1/2 Olan Bina Alternatiflerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri

Şekil 6.85-6.99 değerlendirildiğinde, tüm bina alternatiflerinde saydamlık oranına bağlı olarak ısıtma enerjisi maliyet değerlerinde,

$$\%15 (S1) < \%20 (S2) < \%25 (S3)$$

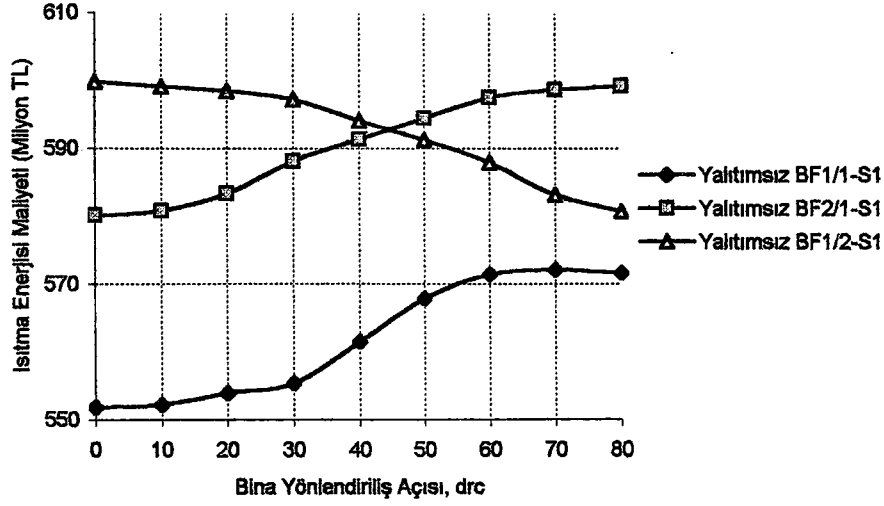
şartının sağlandığı anlaşılmıştır. Bina kabuğu detayına bağlı olarak saydamlık oranlarının birbirlerine göre ısıtma enerjisi maliyet farkı değerleri Tablo 6.4 'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Saydamlık Oranına Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı

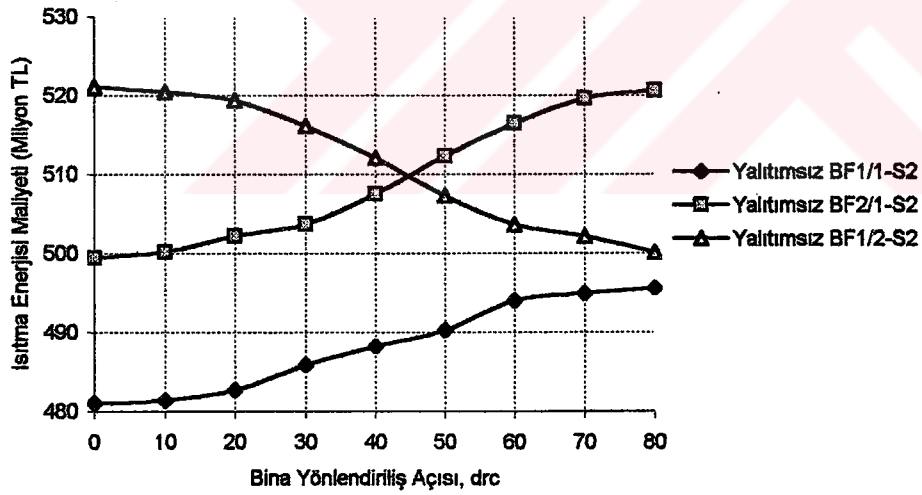
Birim Faktörü	Bina Kabuğu	Bütün Yön. Dur. İçin SO. %15 (S1) ve SO. %25 (S2) YIE. Maliyet Farkı (%)	Bütün Yön. Dur. İçin SO. %15 (S1) ve SO. %25 (S3) YIE. Maliyet Farkı (%)	Bütün Yön. Dur. İçin SO. %20 (S2) ve SO. %25 (S3) YIE. Maliyet Farkı (%)
BF 1/1	Yalıtımsız	0.9	2.5	1.6
	2.5 cm Yalıtımlı	3.0	6.3	3.3
	5 cm Yalıtımlı	7.1	15.3	7.6
	10 cm Yalıtımlı	13.5	27.5	12.4
	15 cm Yalıtımlı	17.5	35.4	15.3
BF 2/1	Yalıtımsız	0.1	1.0	0.9
	2.5 cm Yalıtımlı	1.8	4.9	3.1
	5 cm Yalıtımlı	6.1	14.0	7.0
	10 cm Yalıtımlı	13.2	26.7	11.9
	15 cm Yalıtımlı	16.9	34.3	14.8
BF ½	Yalıtımsız	0.2	1.1	0.9
	2.5 cm Yalıtımlı	1.9	4.9	3.0
	5 cm Yalıtımlı	6.6	14.0	7.0
	10 cm Yalıtımlı	13.1	26.6	11.9
	15 cm Yalıtımlı	17.0	34.4	14.9

-VIII-

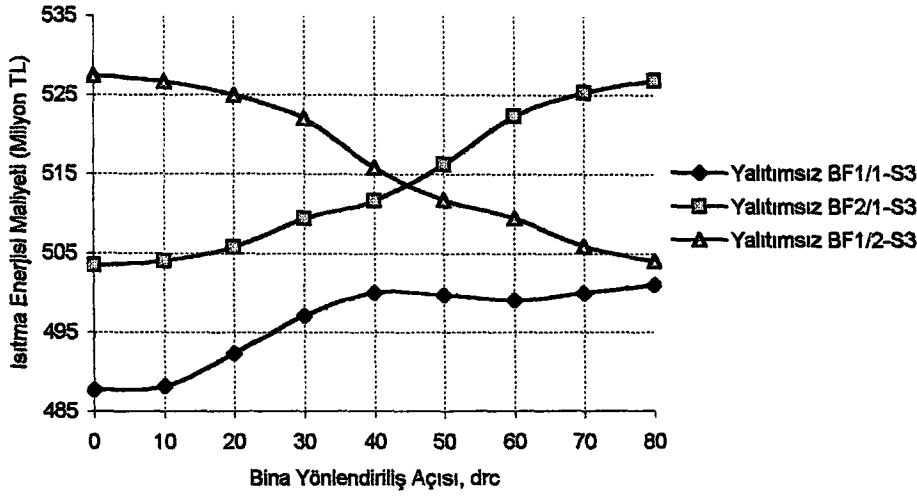
- A) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve yalıtımsız bina kabuğu detayına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.100-6.102 'de verilmiştir.
- B) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.103-6.105 'de verilmiştir.
- C) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve 5 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.106-6.108 'de verilmiştir.
- D) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve 10 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.109-6.111 'de verilmiştir.
- E) Biçim faktörü (BF) 1/1, 2/1 ve 1/2 olan bina alternatiflerinin, dokuz farklı yönlendiriliş durumunda, saydamlık oranı %15 (S1), %20 (S2), %25 (S3) ve 15 cm yalıtımlı bina kabuğu detayına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyeti değerleri Şekil 6.112-6.114 'de verilmiştir.



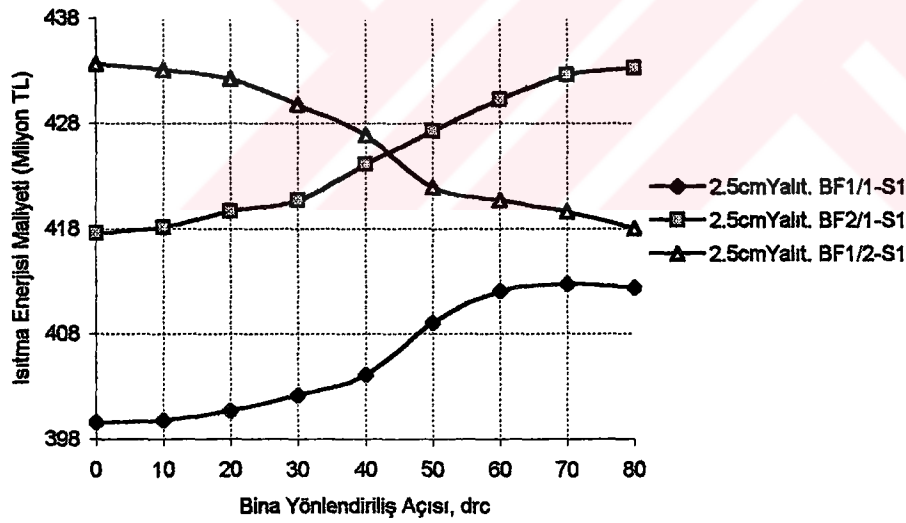
Şekil 6.100. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



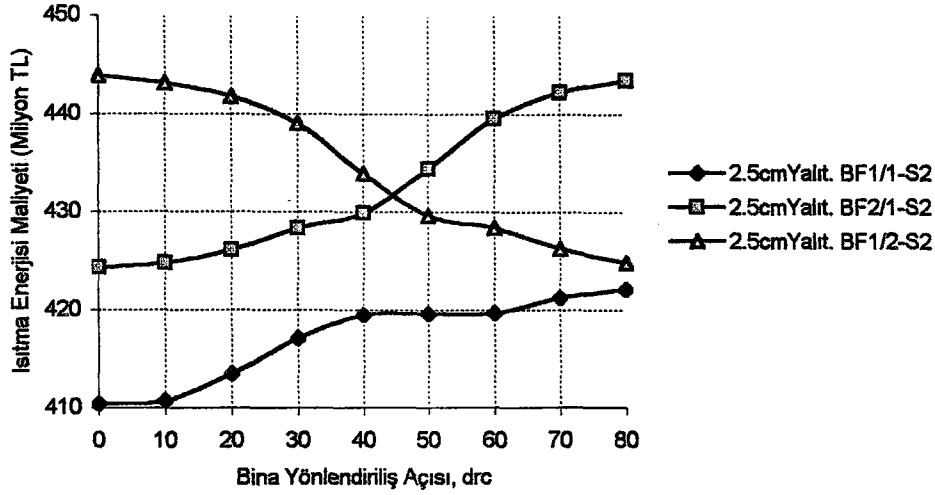
Şekil 6.101. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



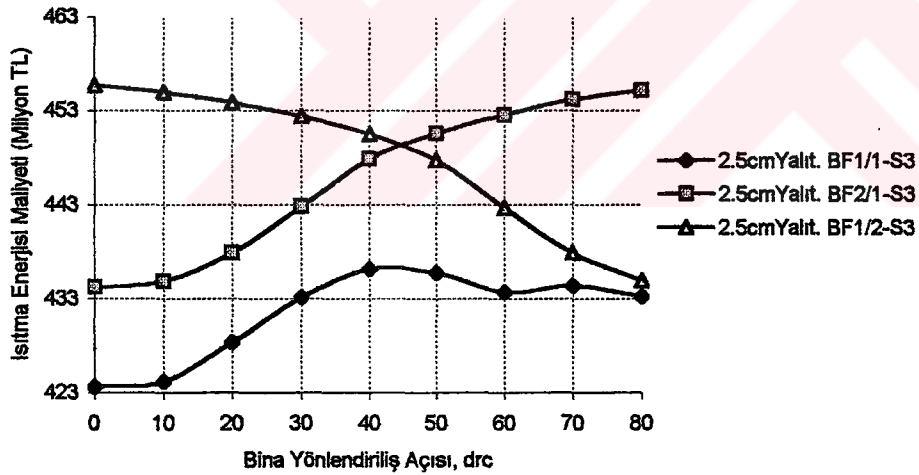
Şekil 6.102. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



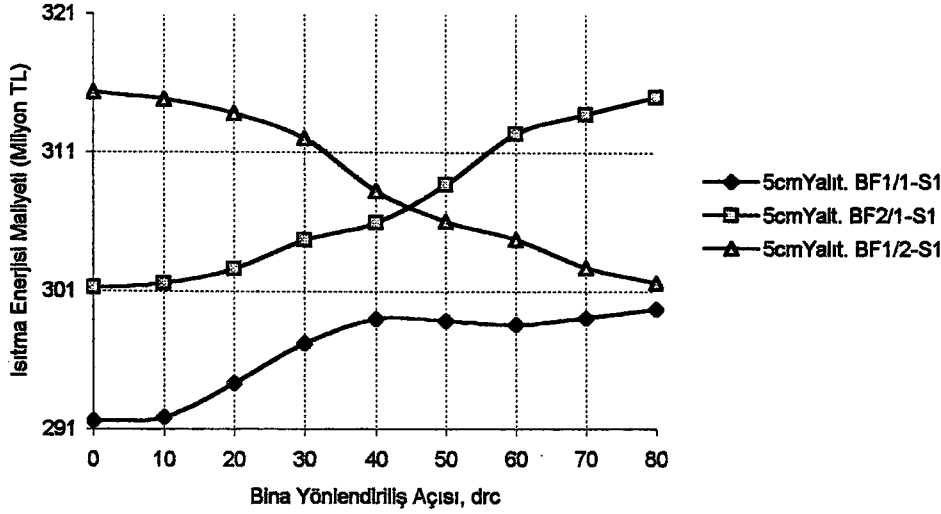
Şekil 6.103. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



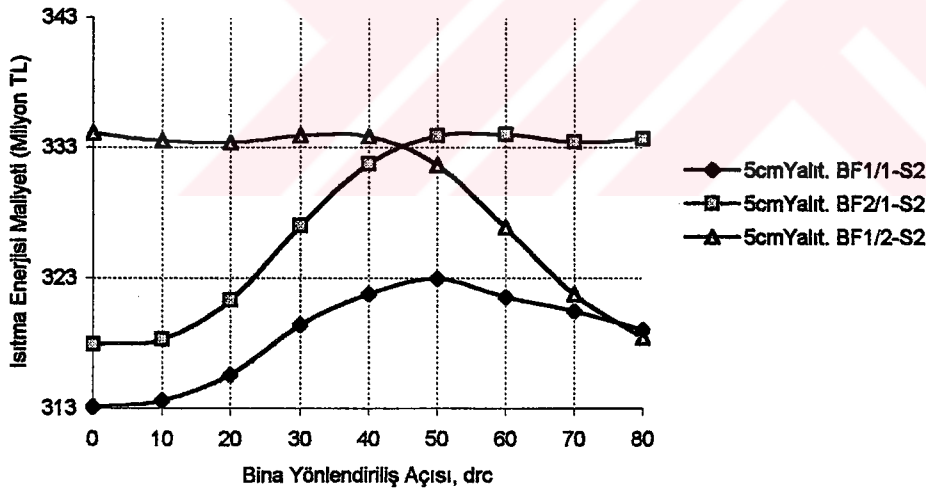
Şekil 6.104. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



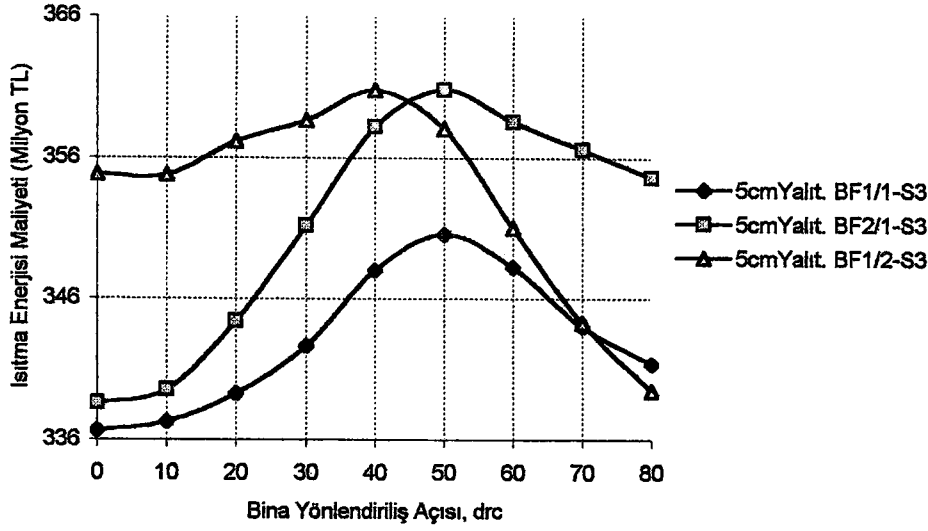
Şekil 6.105. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 2.5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



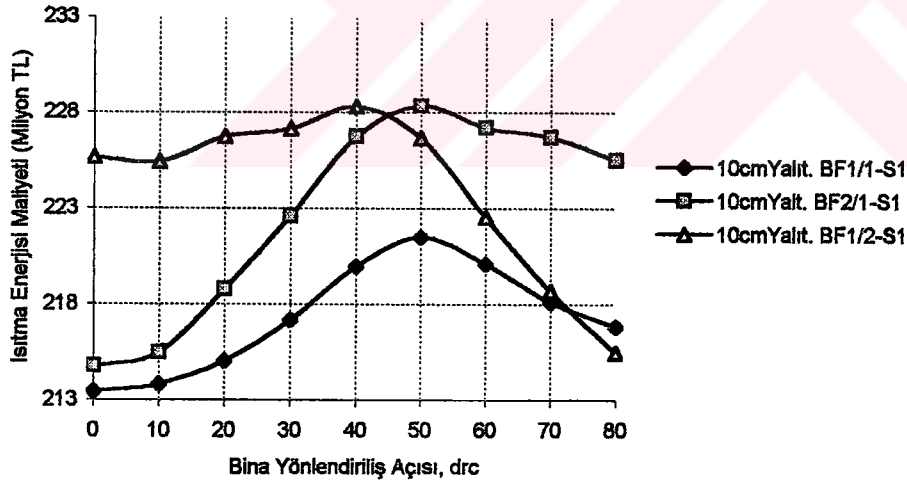
Şekil 6.106. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



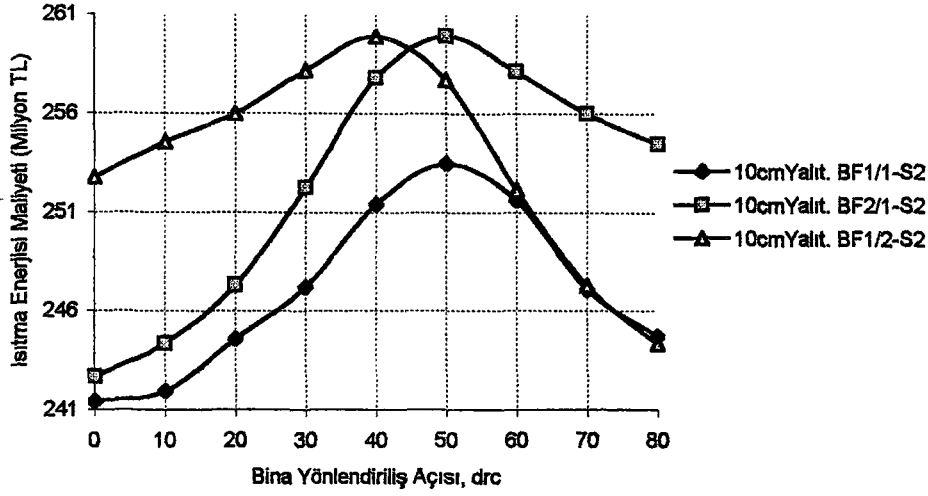
Şekil 6.107. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



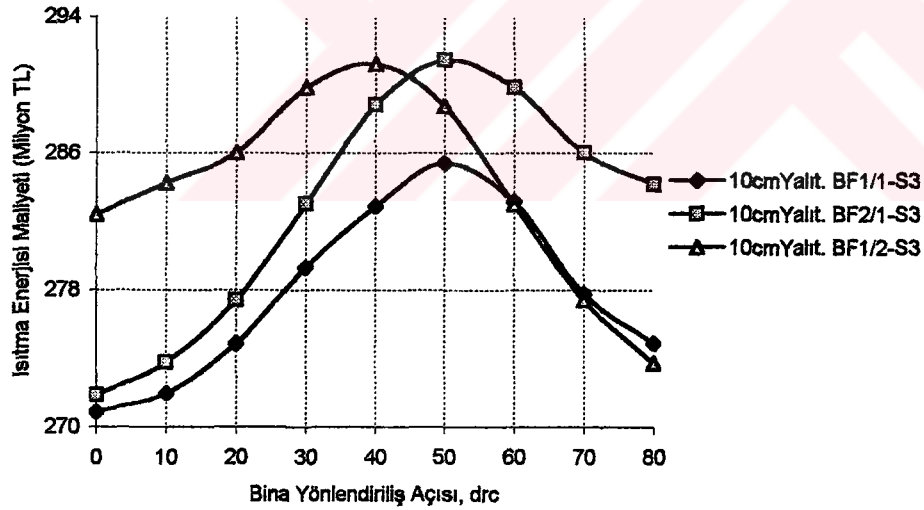
Şekil 6.108. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 5 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



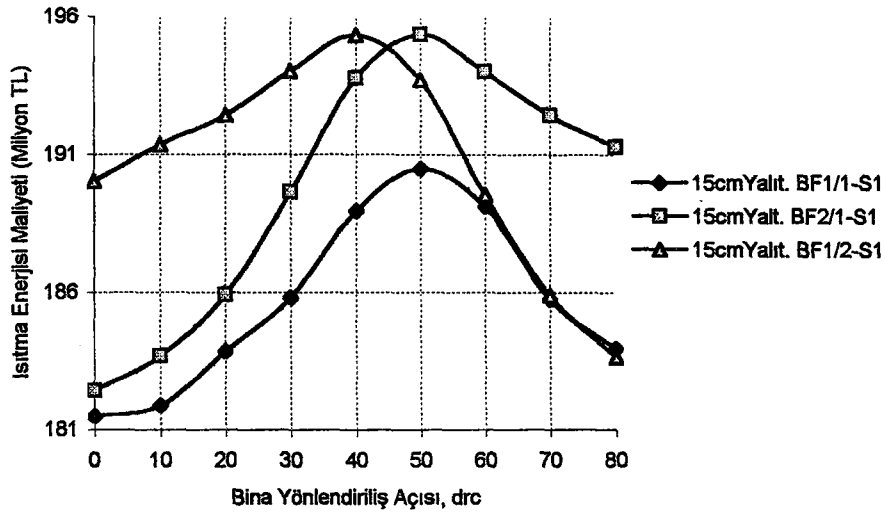
Şekil 6.109. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



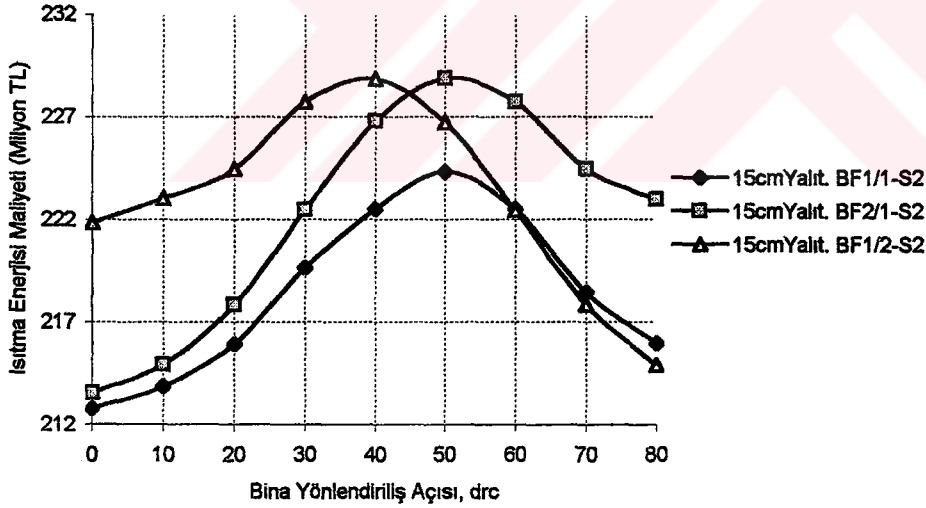
Şekil 6.110. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



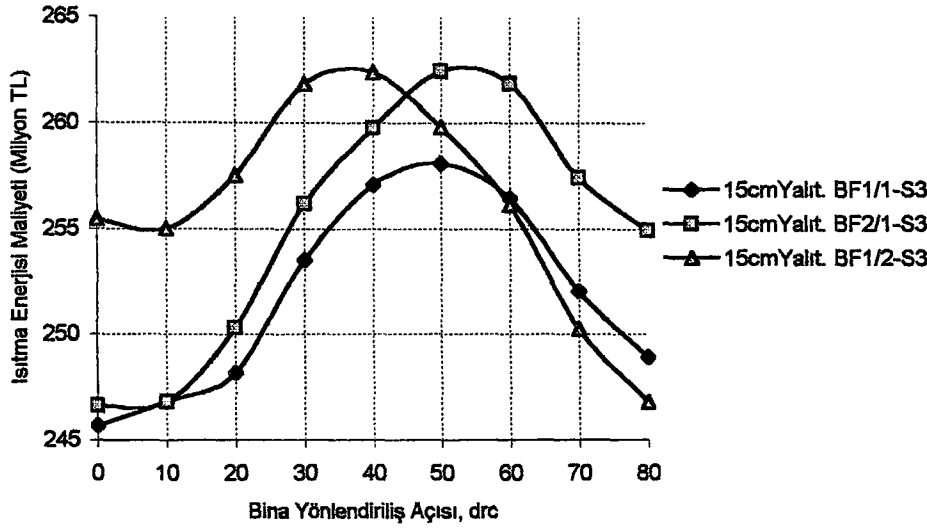
Şekil 6.111. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 10 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.112. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %15 (S1)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.113. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %20 (S2)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri



Şekil 6.114. Farklı Biçim Faktörüne Sahip Bina Alternatiflerinin 15 cm Yalıtımlı Kabuk Eleman Detayına ve Saydamlık Oranı %25 (S3)'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Maliyetleri

Şekil 6.100-6.114 değerlendirildiğinde, farklı biçim faktörüne sahip bina alternatiflerinin farklı bina kabuğu detayına ve yönlendiriliş durumuna bağlı olarak birbirlerine, yıllık ısıtma enerjisi maliyet farkı açısından avantaj ve dezavantaj sağladıkları tespit edilmiştir. Farklı biçim faktörüne sahip bina alternatiflerinin yönlendiriliş durumu ve yalıtım kalınlığına bağlı olarak hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi maliyet farkı değerlerinin karşılaştırması Tablo 6.5(a), 6.5(b) ve 6.5(c) 'de verilmiştir.

Çalışmada, yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinin toplam yalıtım maliyetlerini, elde edilen yıllık ısıtma enerjisi maliyeti farkına bağlı olarak kendisini amorti edebilmesi de düşünülmüş ve yapılan hesaplamalar sonucunda yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinin kendilerini amorti etme süreleri ve kazanç miktarları Tablo 6.6(a), 6.6(b), 6.6(c) ve 6.6(d) 'da verilmiştir.

Tablo 6.5(a). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık ıstma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı

Saydamlık Oranı	Yönlendiriliş Durumu	Yalıtımsız			2.5 cm Yalıtım			5 cm Yalıtım			10 cm Yalıtım			15 cm Yalıtım		
		BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)
%15 (S1)	Y1	5.1	8.7	3.4	4.5	8.5	3.9	3.3	8.1	4.7	0.6	5.7	5.1	0.5	4.7	4.2
	Y2	5.2	8.5	3.2	4.6	8.3	3.6	3.3	7.9	4.4	0.8	5.4	4.6	1.0	5.2	4.2
	Y3	5.3	8.1	2.6	4.7	7.9	3.0	2.8	6.6	3.7	1.7	5.4	3.6	1.1	4.7	3.5
	Y4	5.9	7.5	1.6	4.6	6.9	2.2	2.5	5.0	2.4	2.5	4.6	2.0	2.1	4.4	2.3
	Y5	5.3	5.8	0.5	4.9	5.6	0.6	2.3	3.1	0.7	3.1	3.8	0.7	2.5	3.4	0.8
	Y6	4.7	4.1	-0.5	4.4	3.1	-1.3	3.3	2.4	-0.9	3.1	2.3	-0.7	2.6	1.7	-0.8
	Y7	4.6	2.9	-1.6	4.4	2.1	-2.2	4.6	2.1	-2.4	3.2	1.1	-2.1	2.6	0.2	-2.3
	Y8	4.6	1.9	-2.6	4.8	1.7	-3.0	4.9	1.2	-3.5	3.9	0.3	-3.5	3.6	0.1	-3.4
	Y9	4.8	1.6	-3.1	5.1	1.4	-3.5	5.1	0.6	-4.2	4.0	-0.6	-4.5	4.0	-0.2	-4.0

Tablo 6.5(b). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Isıtma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı

Yönlendiriliş Durumu	Yalıtımsız			2.5 cm Yalıtım			5 cm Yalıtım			10 cm Yalıtım			15 cm Yalıtım		
	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2	YIE, Maliyeti Farkı (%)
Y1	3.8	8.3	4.3	3.4	8.1	4.6	1.5	6.7	5.1	0.5	4.7	4.2	0.4	4.2	3.9
Y2	3.9	8.1	4.1	3.4	7.9	4.3	1.5	6.3	4.8	1.0	5.2	4.2	0.5	4.3	3.8
Y3	4.0	7.6	3.4	3.1	6.8	3.7	1.8	5.6	3.8	1.1	4.7	3.5	0.9	3.9	3.0
Y4	3.7	6.2	2.5	2.7	5.2	2.5	2.4	4.5	2.1	2.0	4.4	2.3	1.3	3.7	2.4
Y5	3.9	4.9	0.9	2.5	3.4	0.9	3.1	3.8	0.6	2.5	3.4	0.8	1.9	2.9	0.9
Y6	4.5	3.5	-1.0	3.5	2.4	-1.1	3.4	2.7	-0.7	2.5	1.7	-0.8	2.0	1.1	-0.9
Y7	4.5	1.9	-2.5	4.7	2.1	-2.5	3.9	1.7	-2.1	2.6	0.2	-2.3	2.4	0.0	-2.3
Y8	5.0	1.5	-3.4	5.0	1.2	-3.6	4.0	0.4	-3.5	3.6	0.1	-3.4	2.8	-0.3	-2.9
Y9	5.1	0.9	-3.9	5.0	0.6	-4.2	4.6	-0.2	-4.6	4.0	-0.2	-4.0	3.2	-0.5	-3.6

%20 (S2)

Saydamlık Oranı

Tablo 6.5(c). Yönlendiriliş Durumuna Bağlı Olarak Bina Alternatiflerinin Birbirlerine Göre Yıllık Istma Enerjisi (YIE) Maliyetleri Farkı

Yönlendiriliş Durumu	Yalıtımsız			2.5 cm Yalıtım			5 cm Yalıtım			10 cm Yalıtım			15 cm Yalıtım		
	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF2/1 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF1/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)	BF2/1-BF1/2 YIE, Maliyeti Farkı (%)
Saydamlık Oran															
%25 (S3)	Y1	3.2	8.3	4.8	2.5	7.6	4.9	0.6	5.4	4.8	0.4	4.3	3.9	0.4	3.6
	Y2	3.3	8.1	4.5	2.5	7.2	4.6	0.7	5.2	4.5	0.7	4.5	3.8	0.0	3.3
	Y3	2.7	7.6	3.8	2.2	6.0	3.7	1.5	5.3	3.7	0.9	4.1	3.1	0.9	2.9
	Y4	2.5	6.2	2.5	2.2	4.4	2.2	2.5	4.7	2.1	1.3	3.8	2.4	1.0	2.2
	Y5	2.3	4.9	0.8	2.7	3.3	0.6	2.9	3.7	0.7	2.1	2.9	0.8	1.0	1.0
	Y6	3.3	3.5	-0.9	3.4	2.7	-0.6	2.9	2.1	-0.8	2.1	1.2	-0.9	1.7	-1.0
	Y7	4.7	1.9	-2.5	4.3	2.1	-2.2	3.0	0.8	-2.1	2.4	-0.1	-2.4	2.1	-0.1
	Y8	5.1	1.5	-3.7	4.6	0.8	-3.6	3.6	0.1	-3.4	3.0	-0.1	-3.0	2.1	-0.7
	Y9	5.1	0.9	-4.3	5.1	0.4	-4.4	3.9	-0.6	-4.3	3.4	-0.4	-3.7	2.4	-0.9

Tablo 6.6(a). 2.5 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı

Bina Yönlendiriliş Durumu	Kazanç Miktarı (Milyar TL) (Amorti süresi (Yıl))								
	BF 1/1			BF 2/1			BF 1/2		
	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)
Y1	8.91 (18)	5.63 (18)	12.6 (19)	0.7 (17)	5.95 (18)	1.82 (18)	2.32 (17)	12.0 (18)	9.38 (18)
Y2	9.95 (18)	5.55 (18)	12.1 (19)	0.6 (17)	6.72 (18)	1.8 (18)	2.22 (17)	12.3 (18)	9.27 (18)
Y3	10.9 (18)	1.3 (18)	12.2 (19)	2.0 (17)	8.7 (18)	12.5 (19)	2.88 (17)	0.35 (17)	7.39 (18)
Y4	10.3 (18)	0.02 (18)	12.3 (19)	8.2 (17)	6.49 (18)	6.95 (19)	5.79 (17)	11.9 (18)	2.92 (18)
Y5	5.28 (17)	0.14 (18)	12.1 (19)	6.9 (17)	0.33 (17)	12.5 (20)	6.19 (17)	1.41 (17)	1.35 (19)
Y6	6.38 (17)	5.72 (18)	12.3 (19)	6.0 (17)	0.94 (17)	2.98 (19)	1.13 (16)	0.26 (17)	14.1 (20)
Y7	6.51 (17)	3.19 (17)	2.63 (18)	5.3 (17)	11.2 (18)	3.63 (18)	8.03 (17)	6.23 (18)	7.78 (19)
Y8	6.49 (17)	1.87 (17)	3.18 (18)	2.5 (17)	12.5 (18)	7.15 (18)	1.92 (17)	8.03 (18)	12.9 (19)
Y9	6.39 (17)	1.23 (17)	1.01 (18)	2.1 (17)	11.9 (18)	9.05 (18)	0.68 (17)	6.39 (18)	1.73 (18)

Tablo 6.6(b). 5 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı

Bina Yönlendiriliş Durumu	Kazanç Miktarı (Milyar TL) (Amorti süresi (Yıl))								
	BF 1/1			BF 2/1			BF 1/2		
	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)
Y1	2.49 (10)	1.56 (10)	0.51 (10)	0.11 (9)	2.10 (10)	1.16 (10)	0.39 (9)	0.83 (9)	9.39 (10)
Y2	0.25 (10)	1.53 (10)	0.48 (10)	0.13 (9)	2.13 (10)	1.10 (10)	0.38 (9)	0.80 (9)	2.21 (10)
Y3	2.35 (10)	1.43 (10)	0.80 (10)	0.25 (9)	2.00 (10)	0.60 (10)	0.43 (9)	2.75 (10)	1.60 (10)
Y4	2.10 (10)	1.34 (10)	1.01 (10)	0.44 (9)	1.36 (10)	0.17 (10)	0.50 (9)	2.19 (10)	0.94 (10)
Y5	2.64 (10)	1.33 (10)	0.65 (10)	0.59 (9)	1.22 (10)	2.37 (11)	0.61 (9)	1.59 (10)	2.70 (11)
Y6	0.47 (9)	1.46 (10)	0.22 (10)	0.59 (9)	1.62 (10)	2.8 (11)	0.58 (9)	1.20 (10)	2.42 (11)
Y7	0.80 (9)	2.23 (10)	0.47 (10)	0.49 (9)	2.23 (10)	1.00 (10)	0.43 (9)	1.37 (10)	0.20 (10)
Y8	0.82 (9)	2.52 (10)	1.68 (10)	0.45 (9)	0.001 (9)	1.72 (10)	0.22 (9)	1.92 (10)	0.67 (10)
Y9	0.71 (9)	0.14 (9)	1.79 (10)	0.38 (9)	0.08 (9)	2.25 (10)	0.12 (9)	2.11 (10)	1.12 (10)

Tablo 6.6(c). 10 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı

Bina	Kazanç Miktarı (Milyar TL) (Amorti süresi (Yıl))								
Yönlendiriliş	BF 1/1			BF 2/1			BF 1/2		
Durumu	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)
Y1	3.48 (10)	2.19 (10)	0.88 (10)	0.29 (9)	2.61 (10)	1.09 (10)	0.88 (9)	0.24 (9)	3.09 (10)
Y2	3.47 (10)	2.16 (10)	0.79 (10)	0.28 (9)	2.41 (10)	0.89 (10)	0.85 (9)	0.59 (9)	2.65 (10)
Y3	3.51 (10)	1.96 (10)	0.98 (10)	0.16 (9)	2.33 (10)	0.60 (10)	0.67 (9)	3.59 (10)	2.18 (10)
Y4	3.37 (10)	2.04 (10)	1.04 (10)	0.19 (9)	1.80 (10)	0.31 (10)	0.52 (9)	2.79 (10)	1.17 (10)
Y5	3.75 (10)	1.77 (10)	0.94 (10)	0.05 (9)	1.55 (10)	4.19 (11)	0.14 (9)	1.92 (10)	0.04 (10)
Y6	0.26 (9)	1.77 (10)	0.51 (10)	0.17 (9)	1.95 (10)	0.7 (10)	0.54 (9)	1.53 (10)	4.22 (11)
Y7	0.7 (9)	2.60 (10)	0.75 (10)	0.54 (9)	2.84 (10)	1.22 (10)	0.19 (9)	1.82 (10)	0.32 (10)
Y8	0.96 (9)	3.41 (10)	1.68 (10)	0.69 (9)	3.62 (10)	2.22 (10)	0.16 (9)	2.32 (10)	0.62 (10)
Y9	1.05 (9)	0.84 (9)	2.27 (10)	0.85 (9)	0.02 (9)	2.73 (10)	0.27 (9)	2.46 (10)	0.90 (10)

Tablo 6.6(d). 15 cm Yalıtımlı Bina Alternatiflerinin Yalıtımsız Bina Alternatiflerine Göre Kendilerini Amorti Etme Süreleri ve Kazanç Miktarı

Bina	Kazanç Miktarı (Milyar TL) (Amorti süresi (Yıl))								
Yönlendiriliş	BF 1/1			BF 2/1			BF 1/2		
Durumu	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)	%15(S1)	%20(S2)	%25(S3)
Y1	2.61 (11)	0.56 (11)	4.42 (12)	3.84 (11)	0.71 (11)	4.51 (12)	5.89 (11)	3.66 (11)	1.54 (11)
Y2	3.32 (11)	0.39 (11)	4.20 (12)	3.67 (11)	0.56 (11)	4.64 (12)	5.47 (11)	3.26 (11)	1.46 (11)
Y3	3.51 (11)	0.22 (11)	5.12 (12)	3.67 (11)	0.36 (11)	4.07 (12)	5.11 (11)	2.70 (11)	0.52 (11)
Y4	2.32 (11)	0.99 (11)	4.95 (12)	3.75 (11)	7.18 (12)	3.35 (12)	4.51 (11)	1.26 (11)	5.6 (12)
Y5	2.80 (11)	7.2 (12)	4.74 (12)	3.44 (11)	7.02 (12)	2.92 (12)	3.63 (11)	1.0 (11)	3.42 (12)
Y6	3.68 (11)	7.28 (11)	4.31 (12)	3.7 (11)	0.15 (11)	3.54 (12)	3.44 (11)	6.96 (12)	2.94 (12)
Y7	4.66 (11)	1.27 (11)	4.63 (12)	4.58 (11)	1.33 (11)	5.71 (12)	3.74 (11)	7.18 (12)	3.37 (12)
Y8	5.55 (11)	2.37 (11)	6.34 (12)	5.15 (11)	2.75 (11)	0.61 (11)	3.65 (11)	0.36 (11)	4.13 (12)
Y9	5.85 (11)	3.04 (11)	0.65 (11)	5.51 (11)	3.29 (11)	1.50 (11)	3.67 (11)	0.56 (11)	4.67 (12)

7. SONUÇLAR

Bina biçim faktörü, bina kabuğu fiziksel özellikleri ve yalıtım, saydamlık oranı ve yönlendiriliş durumu gibi pasif tasarım parametreleri ile rüzgar hızı verilerine bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanabilmesinde sayısal bir metodun kullanıldığı bu çalışmadan, çıkarılan sonuçlar aşağıda açıklanmıştır:

- Bu çalışmada, enerji tasarrufu sağlayan yapı tasarımı için projelendirme safhasında yararlı olabilecek; mimarlık, şehircilik ve enerji mühendisliği alanlarında kullanılabilecek bir sayısal analiz gerçekleştirilmiştir.
- Çok sayıda pasif yapı parametresinin ısıtma enerjisine olan etkisini inceleyerek bir sonuca varan, ilgilenenlerin kolayca verilerini girebileceği, kapsamlı ve pratik bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.
- Yapı elemanında sıcaklık dağılımı için explicit sonlu fark yaklaşımı kullanılan sayısal analizle, eğik yüzeylere gelen güneş ışımasını değerleri ve kabuk elemanın iç yüzey sıcaklıkları, her bina alternatifinin dört farklı yöndeki kabuk elemanı için 8760 saatlik süre içerisinde, zaman adımına bağlı periyotlar olarak hesap edilmiştir. Kabuk eleman iç yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak hesap edilen opak elemanlardaki ısı kaybı ve saydam yüzeylerdeki ısı kaybı ve kazancı ile birlikte bina kabuğunun bağlı olarak toplam yıllık ısıtma enerjisi değerleri de hesap edilmiştir.
- Bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin değişiminde, bina yönlendiriliş açısı, bina kabuğunun eleman fiziksel özellikleri ve yalıtımın en önemli parametreler oldukları anlaşılmıştır.
- Bina alternatifleri, biçim faktörü parametresine göre karşılaştırıldıklarında yıllık ısıtma enerjisi açısından, biçim faktörü 1/1 olan bina alternatiflerinin en avantajlı bina tipleri olduğu anlaşılmıştır. Ancak yönlendiriliş durumlarına

bağlı olarak, yalıtım kalınlığı ve saydamlık oranı arttıkça özellikle Y7, Y8 ve Y9 yönlendiriliş durumlarında, biçim faktörü 1/2 olan bina alternatiflerinin yıllık ısıtma enerjisi açısından daha avantajlı duruma geldikleri tespit edilmiştir. Bina biçim faktörü ve yönlendiriliş durumu arasında bir ilişki kurmak istersek; biçim faktörü 1/1 olan bina alternatiflerinin genel olarak en avantajlı bina tipi olduğu, biçim faktörü 2/1 olan bina alternatiflerinin Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 yönlendiriliş durumlarında biçim faktörü 1/2 olan bina alternatiflerine göre daha avantajlı olduğu ve biçim faktörü 1/2 bina alternatiflerinin ise Y6, Y7, Y8, Y9 nolu yönlendiriliş durumlarında biçim faktörü 2/1 olan bina alternatiflerine göre daha avantajlı bina tipleri oldukları anlaşılmıştır.

- Bina alternatifleri, yönlendiriliş durumu parametresine göre yıllık ısıtma enerjisi açısından değerlendirildiğinde; biçim faktörü 1/1 ve biçim faktörü 2/1 olan bina alternatiflerinde minimum yıllık ısıtma enerjisinin Y1 yönlendiriliş durumunda, biçim faktörü 1/2 olan bina alternatiflerinde ise Y9 yönlendiriliş durumunda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yıllık ısıtma enerjisinin maksimum değeri ise kabuk elemanın yalıtım kalınlığına bağlı olarak farklı yönlendiriliş durumlarında elde edilmiştir. Şöyle ki; yalıtımsız kabuk elemana sahip, biçim faktörü 1/1 ve biçim faktörü 2/1 olan bina alternatiflerinde yıllık ısıtma enerjisi değerleri sürekli bir yükseliş, dolayısıyla maksimum değer Y8 veya Y9 yönlendiriliş durumunda, biçim faktörü 1/2 olan bina alternatiflerinde ise yıllık ısıtma enerjisi değerleri sürekli bir düşüş, dolayısıyla maksimum değer Y1 yönlendiriliş durumunda elde edilmiştir. Yalıtımlı kabuk elemana sahip bina alternatiflerinde ise maksimum yıllık ısıtma enerjisi değerleri özellikle 5 cm yalıtım kalınlığından itibaren Y5 veya Y6 yönlendiriliş durumlarında elde edilmiştir. Bina kabuğunun detayına bağlı olarak minimum ve maksimum yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin gerçekleştiği yönlendiriliş durumları arasında % 2.7 ile % 7.2 arasında değişen oranlarda ısıtma enerjisi maliyet farkı sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca her yönlendiriliş durumunda, biçim faktörü ve kabuk eleman detayına bağlı olarak bina alternatifleri arasında maksimum

% 9, ortalama % 4.5 olmak üzere ısıtma enerjisi maliyet farkı sağlandığı da tespit edilmiştir.

- Bina alternatifleri, kabuk elemanın yalıtım özelliği parametresine göre yıllık ısıtma enerjisi açısından değerlendirildiğinde; yalıtım kalınlığı arttıkça yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin düşüş gösterdiği, bu düşüşün en fazla 2.5 cm ile 10 cm arasında yalıtım kalınlığına sahip bina kabuğu durumunda gerçekleştiği, 10 cm'den fazla yalıtım kalınlığına sahip kabuk elemanı durumunda ise değişimin daha az olduğu anlaşılmıştır. Şöyle ki; yalıtımsız ve 2.5 cm yalıtımlı kabuk elemana sahip bina alternatifleri arasında ısıtma enerjisi maliyeti açısından ortalama % 16 kazanç sağlanırken, bu oran, 2.5 cm ile 5 cm ve 5 cm ile 10 cm yalıtımlı kabuk elemana sahip bina alternatifleri arasında ortalama % 27, 10 cm ile 15 cm yalıtımlı kabuk elemana sahip bina alternatifleri arasında ortalama % 15 olarak tespit edilmiştir. Yalıtım kalınlığı arttıkça, yalıtımsız kabuk elemana sahip bina alternatiflerine göre % 13 ile % 63 arasında değişen oranlarda ısıtma enerjisi maliyet farkı sağlandığı da anlaşılmıştır. Yalıtım kalınlığı arttıkça, yalıtım malzemesi maliyetinin artmasına karşın bir defaya mahsus olarak yapılacak yalıtım malzemesi maliyetinin ileriki yıllarda, yıllık ısıtma enerjisinden elde edilecek kazançla kendini amorti edeceği de anlaşılmıştır. Bu amorti süresinin, yalıtım malzemesi maliyetine bağlı olarak, bütün yönlendiriliş durumu ve saydamlık oranı için 9 ile 20 yıl arasında olduğu tespit edilmiştir. Bir yapının ömrünün 60 ile 100 yıl arasında olduğu düşünülürse, yapılarda yalıtım yapmanın önemi daha iyi anlaşılabacaktır.
- Bina alternatifleri, saydamlık oranı parametresine göre yıllık ısıtma enerjisi açısından değerlendirildiğinde; minimum ısıtma enerjisi değerinin saydamlık oranı (SO.) % 15 olan bina alternatiflerinde, sonra sırasıyla saydamlık oranı % 20 ve saydamlık oranı % 25 'de gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ancak saydamlık oranı arttıkça, yalıtım malzemesi maliyetinin düştüğü ve binanın tabii aydınlatma açısından avantajlı duruma geldiği de göz ardı edilmemelidir. Saydamlık oranına göre bina alternatifleri, ısıtma enerjisi

maliyet farkı açısından değerlendirildiğinde, % 35'lere varan kazançlar sağlandığı anlaşılmıştır. Şöyle ki; saydamlık oranı % 15 'e sahip bina alternatifleri saydamlık oranı % 20 'ye sahip bina alternatiflerine göre yalıtım kalınlığına da bağlı olarak % 2 ile %18 arasında değişen oranlarda kazanç sağladığı bu oranların, saydamlık oranı % 15 'e sahip bina alternatifleri ile saydamlık oranı % 25 'e sahip bina alternatifleri arasında % 5 ile % 35 arasında, saydamlık oranı % 20 'e sahip bina alternatifleri ile saydamlık oranı % 25 'e sahip bina alternatifleri arasında % 3 ile % 15 arasında olduğu tespit edilmiştir.

- Geliştirilen metodun, varsayımlar ve verilerin değiştirilmesiyle her türlü yapı tipine uygulanabilir olması nedeniyle, bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalara, yön ve yalıtım ilişkisi konularında hazırlanacak yönetmenliklere ışık tutacağı söylenebilir. Metodun, projelendirme safhasında, yapı tasarımının değerlendirilmesinde kullanılabilmesi açısından önemi açıktır. Bu nedenle, binaların ısıtılması için tüketilen yakıt miktarına bağlı olarak her yıl giderek artan enerji maliyetinin hem kullanıcı hem de ülke ekonomisi açısından meydana getireceği problemleri gidererek, kullanıcının iklimsel konforunun minimum maliyetle karşılanması, dolayısıyla projelendirme aşamasında doğru kararların alınabilmesi sağlanmaktadır.

Yapılan çalışmada bulunan sonuçların, yakıt ekonomisi açısından ülke ekonomisine getireceği katkı düşünülerek, çalışmanın ülkemizde her iklim bölgesine uygulanması ile imar yönetmenliklerindeki standartların bilimsel tabana oturtulabilmesine yardımcı olacaktır. Daha sonraki çalışmalarda, saatlik iklim verilerinin uzun yıllar ortalaması kullanılarak, ülkemizdeki farklı iklim bölgeleri için optimum bina yönlendiriliş açılarının tayini gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

The American Architectural Foundation, 1996, Energy design for Architects. The Fairmont Press, Inc, Lilburn, 138-140 p.

Ak, F., 1993, Enerji etkin konut ve yerleşme birimi dizaynında uygulanabilecek bir yaklaşım. Yük. Lis. Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Anderson, B., 1977, Solar energy fundamentals in building design. Total Environmental Action Inc., New Hampshire.

Antonopoulos, K. A. and Valsamakis, S. P., 1993, Effects of indoor and outdoor heat-transfer coefficients and solar absorptance on heat flow through walls. Energy, 18, 3, 259-271.

Atagündüz, G., 1989, güneş enerjisi temelleri ve uygulamaları. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

Balcomb, J. D. and Jones, W. A., 1988, Workbook for workshop on advanced passive design. Bled, Yugoslavia.

Berköz, E., 1983, Güneş ışıınımı ve yapı dizaynı. Profesörlük tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Bouchlaghem, N., 2000, Optimising the design of building envelopes for thermal performance. Automation in Construction, 10, 101-112.

Buldurur, M., 1983, Kentsel tasarımda güneş enerjisinden optimum yararlanma konusunda bir araştırma ve İstanbul'da çeşitli uygulama örnekleri. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Çengel, Y., 1980, Heat transfer. McGraw-Hill Book Company, Reno.

Duffie, J. A. and Beckman, W. A., 1991, Solar engineering of thermal processes. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Durgun, İ. ve Derbentli, T., 1993, Duvarlarda geçici rejimde ısı transferi. Isı Bilimi ve Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ.

Elagöz, A., 1989, Enerji korunumlu yapıların yönlendirilmesi ve biçimlendirilmesi için yeni bir metod. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Kazu, İ.Y., 1990, Bina kabuğunun doğal iklimlendirici olarak dizaynı. Yük. Lis. Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ.

Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1983, Güneş enerjisi. Kipaş, İstanbul.

Kindangen, J., Krauss, G. and Depecker, P., 1997, Effects of roof shapes on wind-induced air motion inside buildings. *Building and Environment*, 32, 1, 1-11.

Klein, S. A., 1977, Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. *Solar Energy*, 21, 393-402.

Kocaaslan, G., 1991, Hacimlerin pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Küçükdoğu, M. Ş., 1982, Güneşten yararlanmada en etkili olan hacim derinliğinin belirlenmesi. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Liu, B. and Jordan, R. C., 1961, Daily insolation on tilted surfaces toward the equator. *ASHRAE Journal*, 3, 10, 53-59.

Malama, A. and Sharples, S., 1997, Thermal performance of traditional and contemporary housing in the cool season of Zambia. *Building and Environment*, 32, 1, 69-78.

Oğulata, R. T., Yılmaz, T. ve Beğaki, H. R., 1992, Periyodik ısı yüklerine maruz binalarda konfor şartlarının incelenmesi. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 7, 2.

Olgay, V. ve Olgay, A., 1963, *Design with climate*. Princeton University Press, New Jersey.

Onishi, J., Soeda, H. and Mizuno, M., 2001, Numerical study on a low energy architecture based upon distributed heat storage system. *Renewable Energy*, 22, 61-66.

Özcan, A. N. ve Vural, O., 1982, Kalorifer tesisatı hazırlama esasları. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 5, 1.

Özel, M., 1996, Yüzeylerinde periyodik sıcaklık değişimi olan yapılarda yönlendirmenin ve rüzgar hızının ısı kazancına olan etkisinin araştırılması. *Yük. Lis. Tezi*, F.Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ.

Page, J. K., 1964, The estimation of monthly mean values of daily total shortwave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40N-40S. *Proceedings of the UN Conference on New Sources of Energy*, 4, 35, 98.

Peippo, K., Lund, P. D. and Vartiainen, E., 1999, Multivariate optimization of design trade-off solar low energy buildings. *Energy and Building*, 29, 189-205.

Robert, S. and John, R. H., 1981, *Thermal radiation heat transfer*. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 721-727 p.

Tavil, A.Ü., 1995, Opak yüzeylerde güneş ışıması etkisinin yüzey pürüzlülüğü ile değişimi. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Thekaekara, M. P., 1977, Solar irradiance total and spectral. Solar energy engineering, ed., Academic Press, New York, 37-59 p.

Theriked, J. L., 1970, Thermal environmental engineering. Second Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Yıldız, E., 1989, Bina içi çevre mekanlarının işlevine ve bina kabuğuna bağlı iklimsel konfor açısından yön seçiminde bir yöntem. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Yılmaz, Z., 1983, İklimsel konfor sağlanması ve yoğuşma kontrolünde optimum performans gösteren yapı kabuğunun hacim konumuna ve boyutlarına bağlı olarak belirlenmesinde kullanılacak bir yaklaşım. Doktora Tezi, İ. T. Ü. Fen Bil. Enst., İstanbul.

Yılmaz, T. ve Oğulata, R. T., 1991, Türkiye şartlarında yapıların opak elemanlarından geçen ısı kazançlarının hesabı. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 14,1.

Walsh, P. J. and Delsante, A. E., 1983, Calculation of thermal behavior of multizone-buildings. Energy and Buildings, 5, 231-242.

EK-1 ÇALIŞMA KAPSAMINDA KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMI VE ÖRNEK PROGRAM SONUÇLARI

Çalışmada geliştirilen bu programla, günlük saatlik meteorolojik veriler ve ele alınan binayı tanımlayan pasif tasarım parametrelerine bağlı olarak, binanın farklı yönlerdeki kabuk elemanına gelen güneş ışınlı değeri, opak eleman iç yüzey sıcaklıklarını ve ısıtma enerjisi değeri, saydam yüzeylerdeki ısı kazancı değeri ve sonuç olarak da, bina alternatifinin dört farklı yöndeki kabuk elemanında meydana gelen toplam ısıtma enerjisi değeri aylık olarak hesaplamak mümkündür.

Örnek program sonuçları, biçim faktörü 1/1, 2/1 ve 1/2 olan binaların Y1, Y5 ve Y9 yönlendiriliş durumu ve saydamlık oranı %15 (S1) için yalıtımsız ve 5 cm yalıtımlı kabuk elemanı detaylı alternatiflerinin, dört farklı yöndeki kabuğunda meydana gelen aylık ısıtma enerjisi değeri.

Sonuçlarda; negatif (-) işaretli değeri, binanın ısıtılmasının gerekli olduğu ayları ve dolayısıyla gereken ısıtma enerjisi değeri ifade etmektedir. Ayrıca,

Y1 yönlendiriliş durumu için verilen

K (-180), D (-90), G (00) ve B (90) kısaltmaları ile

Kuzey ($\gamma=-180^0$)

Doğu ($\gamma=-90^0$)

Güney ($\gamma=0^0$)

Batı ($\gamma=90^0$)

Y5 yönlendiriliş durumu için verilen

KD (-140), GD (-50), GB (40) ve KB (130) kısaltmaları ile

Kuzey doğu ($\gamma=-140^0$)

Güney doğu ($\gamma=-50^0$)

Güney batı ($\gamma=40^0$)

Kuzey batı ($\gamma=130^0$)

Y9 yönlendiriliş durumu için verilen

KD (-100), GD (-10), GB (80) ve KB (170) kısaltmaları ile

Kuzey doğu ($\gamma=-100^0$)

Güney doğu ($\gamma=-10^0$)

Güney batı ($\gamma=80^0$)

Kuzey batı ($\gamma=170^0$)

ifade edilmiştir.

FORTTRAN programlama dilinde yazılan bu bilgisayar programı ve programa ait örnek sonuçlar aşağıda verilmiştir.

PROGRAM

```
C  BU POGRAM DEĞİŞİK YÖNLERDEKİ DİK YÜZEYLERE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİ
C  VE BU YÜZEYLERE AİT ISITMA ENERJİSİNİ HESAPLAMAK İÇİN HAZIRLANMIŞTIR
DIMENSION HQ(40000),HQO(40000),HQD(40000),RD(40000),HQY(40000),
+RY(40000),YI(40000),TF(40000),AA(40000),P(40000),RT(40000),
+AI(40000),DI(40000),EDI(40000),EYI(40000),D(40000),YAI(40000),
+EI(40000),PP(40000),AKT(40000),AKY(40000),FI(40000),AB(40000),
+B(40000)
OPEN (2,FILE='EDU1.DAT')
OPEN (3,FILE='GA9.DAT')
OPEN (4,FILE='DR9.DAT')
OPEN (5,FILE='YA9.DAT')
OPEN (6,FILE='YN9.DAT')
DATA(P(L),L=1,31)/31*.44 /
DATA(P(L),L=32,59)/28*.50 /
DATA(P(L),L=60,90)/31*.52 /
DATA(P(L),L=91,120)/30*.63 /
DATA(P(L),L=121,151)/31*.81 /
DATA(P(L),L=152,181)/30*.82 /
DATA(P(L),L=182,212)/31*.84 /
DATA(P(L),L=213,243)/31*.90 /
DATA(P(L),L=244,273)/30*.86 /
DATA(P(L),L=274,304)/31*.68 /
DATA(P(L),L=305,334)/30*.59 /
DATA(P(L),L=335,365)/31*.35 /
DO 15 N=1,365
Z=1105*3.1415/180
B1=(N*360.0/365.0)*3.1415/180.0
BB=COS(B1)
F=1+0.033*BB
E=38.4*3.1415/180
Y=N+284
CC=(Y/365)*360*3.1415/180
C=SIN(CC)
D(N)=(23.45*C)*3.1415/180
E1=COS(E)
D1=COS(D(N))
E2=SIN(E)
D2=SIN(D(N))
```

```

V=-TAN(E)*TAN(D(N))
VS=ACOS(V)
VSS=SIN(VS)
VS1=VS*180/3.1415
F1=E1*D1*VSS
F2=(3.1415*VS1/180)*E2*D2
HQO(N)=(24/3.1415)*1.353*3.6*(F*(F1+F2))
AC=E-D(N)
AB(N)=0.103+0.000017*Z+0.198*COS(AC)
B(N)=0.533-0.165*COS(AC)
HQ(N)=HQO(N)*(AB(N)+B(N)*P(N))
AKT(N)=HQ(N)/HQO(N)
AKY(N)=1.39-4.027*AKT(N)+5.531*AKT(N)**2-3.108*AKT(N)**3
HQY(N)=AKY(N)*HQ(N)
HQD(N)=HQ(N)-HQY(N)
DO 20 GS=1,24
A=AZ*3.1415/180
RO=0.2
S=90*3.1415/180
HA=(15*(GS-12))*3.1415/180
HA1=15*(GS-12)
RD1=(COS(D(N))*COS(E)*COS(HA)*COS(S)+COS(A)*COS(D(N))*SIN(E)*
+COS(HA)*SIN(S)+SIN(A)*COS(D(N))*SIN(HA)*SIN(S)+SIN(D(N))*SIN(E)*
+COS(S)-COS(A)*SIN(D(N))*COS(E)*SIN(S))
GA=ACOS(RD1)*180/3.1415
RD2=(COS(E)*COS(D(N))*COS(HA)+SIN(E)*SIN(D(N)))
RD(N)=RD1/RD2
IF(RD(N).GT.10)RD(N)=10
IF(RD1.LT.0.OR.RD(N).LT.0)RD(N)=0
RY(N)=3.1415/24*(COS(HA)-COS(VS))/(SIN(VS)-3.1415/180*VS1*COS(VS))
YI(N)=HQY(N)*RY(N)
TF(N)=(2*VS1/15)
AA(N)=-4*(1-ABS(HA1)/VS1)**2
FI(N)=EXP(AA(N))
PP(N)=90*HA/VS1
RT(N)=(3.1415/(4*TF(N)))*(COS(PP(N))+2*(1-FI(N))/((3.1415)**0.5))
AI(N)=RT(N)*HQ(N)
DI(N)=AI(N)-YI(N)
EDI(N)=RD(N)*DI(N)
EYI(N)=YI(N)*(1+COS(S))/2
YAI(N)=AI(N)*RO*(1-COS(S))/2
IF(EDI(N).LT.0)EDI(N)=0
IF(YAI(N).LT.0)YAI(N)=0
IF(EYI(N).LT.0)EYI(N)=0
EI(N)=(EDI(N)+EYI(N)+YAI(N))
WRITE(2,100)EI(N)
WRITE(3,101)GA
WRITE(4,100)EDI(N)
WRITE(5,100)EYI(N)
WRITE(6,100)YAI(N)
IF(AI(N).LT.0)AI(N)=0
100 FORMAT(2X,F7.5)
101 FORMAT(2X,F7.3)
20 CONTINUE
15 CONTINUE
CLOSE (2)
CALL DVI
CLOSE (10,STATUS='KEEP')

```

```

CLOSE (20,STATUS='KEEP')
CALL DVE
CALL DVE1
GOTO 50
CALL CMI
CLOSE (10)
CLOSE (20)
CALL CME
CALL CME1
50 CALL YIE
CLOSE (36)
CLOSE (37)
CLOSE (38)
CLOSE (61)
CLOSE (62)
CLOSE (63)
STOP
END

```

```

SUBROUTINE DVI
DIMENSION T1(8500000),HD(8500000),TT(8500000),TO(8500000),
+GH(8500000),RU(8500000),GT(8500000)
OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
OPEN (10,FILE='SICAK99.DAT')
READ(10,*)(TO(I),I=1,8760)
OPEN(2,FILE='EDU1.DAT')
READ(2,*)(GH(I),I=1,35040)
OPEN (20,FILE='RUZ99.DAT')
READ(20,*)(RU(I),I=1,8760)
N1=1.
N2=4.
N3=2.
N4=1.
KKK=0
EL=0.4
EL1=0.025
EL2=0.2
EL3=0.15
EL4=0.025
EK1=1.4
EK2=0.7
EK3=0.04
EK4=1.4
L=0
DX=0.025
HI=6.
YS=0.5
R1=2000.
R2=1200.
R3=20.
R4=2000.
CP1=1050.
CP2=920.
CP3=1500.
CP4=1050.
ALF1=EK1/(R1*CP1)
ALF2=EK2/(R2*CP2)
ALF3=EK3/(R3*CP3)

```

```

ALF4=EK4/(R4*CP4)
ALFST=(EK1*EK2)/((R1+R2/2)*(CP1+CP2/2))
ALFTY=(EK2*EK3)/((R2+R3/2)*(CP2+CP3/2))
ALFYS=(EK3*EK4)/((R3+R4/2)*(CP3+CP4/2))
DT=15.
RATIO1=(ALF1*DT)/(DX**2)
RATIO2=(ALF2*DT)/(DX**2)
RATIO3=(ALF3*DT)/(DX**2)
RATIO4=(ALF4*DT)/(DX**2)
RATIOST=(ALFST*DT)/(DX**2)
RATIOTY=(ALFTY*DT)/(DX**2)
RATIOYS=(ALFYS*DT)/(DX**2)
TI=20.
DO 4 II=1,17
TTT=20.
4 T1(II)=TTT
K23=1
I23=0
IF(K23.EQ.1) GOTO 120
110 I=0
DO 25 K=I23+1,I23+8759
I=I+1
25 GH(I)=GH(K)
120 T23=1
DO 5 J=1,2
IF(J.EQ.1) GOTO 200
200 KKK=0
DO 7 I=1,8760
DO 9 K=1,240
DO 11 KI=1,17
HD(I)=HI+2.8+3*RU(I)
GT(I)=GH(I)*1000/3.6
IF(KI.EQ.1)GOTO 10
IF(KI.EQ.2)GOTO 20
IF(KI.EQ.3)GOTO 30
IF(KI.EQ.4)GOTO 30
IF(KI.EQ.5)GOTO 30
IF(KI.EQ.6)GOTO 30
IF(KI.EQ.7)GOTO 30
IF(KI.EQ.8)GOTO 30
IF(KI.EQ.9)GOTO 30
IF(KI.EQ.10)GOTO 40
IF(KI.EQ.11)GOTO 50
IF(KI.EQ.12)GOTO 50
IF(KI.EQ.13)GOTO 50
IF(KI.EQ.14)GOTO 50
IF(KI.EQ.15)GOTO 50
C IF(KI.EQ.16)GOTO 50
C IF(KI.EQ.17)GOTO 50
IF(KI.EQ.16)GOTO 60
IF(KI.EQ.17)GOTO 70
10 TT(KI)=(1-2*RATIO1-2*RATIO1*HI*DX/EK1)*T1(KI)+2*RATIO1*T1(KI+1)+
+(2*RATIO1*HI*DX/EK1)*TI
GOTO 300
20 TT(KI)=(1-RATIOST/EK1-RATIOST/EK2)*T1(KI)+(RATIOST/EK2)*T1(KI-1)+
+(RATIOST/EK1)*T1(KI+1)
GOTO 300
30 TT(KI)=RATIO2*(T1(KI-1)+T1(KI+1))+(1-2*RATIO2)*T1(KI)

```

```

      GOTO 300
40  TT(KI)=(1-RATIOTY/EK2-RATIOTY/EK3)*T1(KI)+(RATIOTY/EK3)*T1(KI-1)+
      +(RATIOTY/EK2)*T1(KI+1)
      GOTO 300
50  TT(KI)=RATIO3*(T1(KI-1)+T1(KI+1))+(1-2*RATIO3)*T1(KI)
      GOTO 300
60  TT(KI)=(1-RATIOYS/EK3-RATIOYS/EK4)*T1(KI)+(RATIOYS/EK4)*T1(KI-1)+
      +(RATIOYS/EK3)*T1(KI+1)
      GOTO 300
70  TT(KI)=(1-2*RATIO4-2*RATIO4*HD(I)*DX/EK4)*T1(KI)+2*RATIO4*T1(KI-1)
      ++(2*RATIO4*HD(I)*DX/EK4)*TO(I)+2*RATIO4*YS*GT(I)*DX/EK4
300  MMMM=1
11  CONTINUE
   9  CONTINUE
   7  CONTINUE
   5  CONTINUE
      IF(I23.LT.35040)GOTO 110
      IF(I23.EQ.35040)GOTO 100
100  KK23=0
      CLOSE (7)
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE DVE
DIMENSION TO(8500000),TE(40000),QKD(10000),QGD(10000),QGB(10000),
+QKB(10000)
OPEN(19,FILE='KD.DAT')
OPEN(21,FILE='GD.DAT')
OPEN(22,FILE='GB.DAT')
OPEN(23,FILE='KB.DAT')
OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
TT=20.
HI=6.
KSO=1
AKD=28.05
AGD=28.05
AGB=28.05
AKB=28.05
GOTO 14
15  OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
      READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
      OPEN(19,FILE='KD.DAT')
      OPEN(21,FILE='GD.DAT')
      OPEN(22,FILE='GB.DAT')
      OPEN(23,FILE='KB.DAT')
      KSO=2
      AKD=26.4
      AGD=26.4
      AGB=26.4
      AKB=26.4
      GOTO 14
16  OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
      READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
      OPEN(19,FILE='KD.DAT')
      OPEN(21,FILE='GD.DAT')
      OPEN(22,FILE='GB.DAT')
      OPEN(23,FILE='KB.DAT')

```

```

KSO=3
AKD=24.75
AGD=24.75
AGB=24.75
AKB=24.75
14 KK=0.
DO 5 L=1,8409600,240
KK=KK+1
TOP=0
TE(KK)=TOP
5 CONTINUE
DO 7 I=1,35040,8760
DO 8 L=I,I+8759
IF(L.LE.8760)GOTO 10
IF(L.LE.17520)GOTO 11
IF(L.LE.26280)GOTO 12
IF(L.LE.35040)GOTO 13
10 QKD(L)=HI*AKD*(TE(L)-TT)
WRITE(19,300)QKD(L)
300 FORMAT(4X,F12.2)
GOTO 8
11 QGD(L)=HI*AGD*(TE(L)-TT)
WRITE(21,300)QGD(L)
GOTO 8
12 QGB(L)=HI*AGB*(TE(L)-TT)
WRITE(22,300)QGB(L)
GOTO 8
13 QKB(L)=HI*AKB*(TE(L)-TT)
WRITE(23,300)QKB(L)
8 CONTINUE
7 CONTINUE
CLOSE (19)
CLOSE (21)
CLOSE (22)
CLOSE (23)
CLOSE (7)
CALL SON (KSO)
CLOSE (19,STATUS='DELETE')
CLOSE (21,STATUS='DELETE')
CLOSE (22,STATUS='DELETE')
CLOSE (23,STATUS='DELETE')
IF(KSO.EQ.2)GOTO 15
IF(KSO.EQ.3)GOTO 16
CLOSE (32)
CLOSE (33)
CLOSE (34)
RETURN
END

SUBROUTINE SON (KSO)
DIMENSION TE(10000),TI(10000),TO(10000),GH(10000)
OPEN (19,FILE='KD.DAT')
READ(19,*)(TE(K),K=1,8760)
OPEN (21,FILE='GD.DAT')
READ(21,*)(TI(K),K=1,8760)
OPEN (22,FILE='GB.DAT')
READ(22,*)(TO(K),K=1,8760)
OPEN (23,FILE='KB.DAT')

```



```

READ(23,*)(GH(K),K=1,8760)
DO 20 I=1,12
IF(I.EQ.1)GOTO 25
IF(I.EQ.2)GOTO 35
IF(I.EQ.3)GOTO 45
IF(I.EQ.4)GOTO 55
IF(I.EQ.5)GOTO 65
IF(I.EQ.6)GOTO 75
IF(I.EQ.7)GOTO 85
IF(I.EQ.8)GOTO 95
IF(I.EQ.9)GOTO 105
IF(I.EQ.10)GOTO 115
IF(I.EQ.11)GOTO 125
IF(I.EQ.12)GOTO 135
25 TD1=0
GD1=0
GB1=0
TB1=0
DO 40 L=1,744
TD1=TD1+TE(L)
GD1=GD1+TI(L)
GB1=GB1+TO(L)
40 TB1=TB1+GH(L)
GOTO 20
35 TD2=0
GD2=0
GB2=0
TB2=0
DO 50 L=745,1416
TD2=TD2+TE(L)
GD2=GD2+TI(L)
GB2=GB2+TO(L)
50 TB2=TB2+GH(L)
GOTO 20
45 TD3=0
GD3=0
GB3=0
TB3=0
DO 60 L=1417,2160
TD3=TD3+TE(L)
GD3=GD3+TI(L)
GB3=GB3+TO(L)
60 TB3=TB3+GH(L)
GOTO 20
55 TD4=0
GD4=0
GB4=0
TB4=0
DO 70 L=2161,2880
TD4=TD4+TE(L)
GD4=GD4+TI(L)
GB4=GB4+TO(L)
70 TB4=TB4+GH(L)
GOTO 20
65 TD5=0
GD5=0
GB5=0
TB5=0

```

```

DO 80 L=2881,3624
TD5=TD5+TE(L)
GD5=GD5+TI(L)
GB5=GB5+TO(L)
80 TB5=TB5+GH(L)
GOTO 20
75 TD6=0
GD6=0
GB6=0
TB6=0
DO 90 L=3625,4344
TD6=TD6+TE(L)
GD6=GD6+TI(L)
GB6=GB6+TO(L)
90 TB6=TB6+GH(L)
GOTO 20
85 TD7=0
GD7=0
GB7=0
TB7=0
DO 100 L=4345,5088
TD7=TD7+TE(L)
GD7=GD7+TI(L)
GB7=GB7+TO(L)
100 TB7=TB7+GH(L)
GOTO 20
95 TD8=0
GD8=0
GB8=0
TB8=0
DO 110 L=5089,5832
TD8=TD8+TE(L)
GD8=GD8+TI(L)
GB8=GB8+TO(L)
110 TB8=TB8+GH(L)
GOTO 20
105 TD9=0
GD9=0
GB9=0
TB9=0
DO 120 L=5833,6552
TD9=TD9+TE(L)
GD9=GD9+TI(L)
GB9=GB9+TO(L)
120 TB9=TB9+GH(L)
GOTO 20
115 TD10=0
GD10=0
GB10=0
TB10=0
DO 130 L=6553,7296
TD10=TD10+TE(L)
GD10=GD10+TI(L)
GB10=GB10+TO(L)
130 TB10=TB10+GH(L)
GOTO 20
125 TD11=0
GD11=0

```

```

GB11=0
TB11=0
DO 140 L=7297,8016
TD11=TD11+TE(L)
GD11=GD11+TI(L)
GB11=GB11+TO(L)
140 TB11=TB11+GH(L)
GOTO 20
135 TD12=0
GD12=0
GB12=0
TB12=0
DO 150 L=8017,8760
TD12=TD12+TE(L)
GD12=GD12+TI(L)
GB12=GB12+TO(L)
150 TB12=TB12+GH(L)
20 CONTINUE
IF(KSO.EQ.2)THEN
OPEN(32,FILE='K15S1K0.DAT')
WRITE(32,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
200 FORMAT(4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2
+/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2)
ELSE IF (KSO.EQ.3)THEN
OPEN(33,FILE='K15S2K0.DAT')
WRITE(33,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
ELSE
OPEN(34,FILE='K15S3K0.DAT')
WRITE(34,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
ENDIF
RETURN
END

SUBROUTINE DVE1
DIMENSION TO(8500000),TE(40000),QKD(10000),QGD(10000),QGB(10000),
+QKB(10000)
OPEN(46,FILE='KD.DAT')
OPEN(47,FILE='GD.DAT')
OPEN(48,FILE='GB.DAT')
OPEN(49,FILE='KB.DAT')
OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
TT=20.
HI=6.
KSO=1
AKD=19.89
AGD=39.78
AGB=19.89
AKB=39.78

```

```

GOTO 14
15 OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
  READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
  OPEN(46,FILE='KD.DAT')
  OPEN(47,FILE='GD.DAT')
  OPEN(48,FILE='GB.DAT')
  OPEN(49,FILE='KB.DAT')
  KSO=2
  AKD=18.72
  AGD=37.44
  AGB=18.72
  AKB=37.44
  GOTO 14
16 OPEN (7,FILE='ISI1-9.DAT')
  READ(7,*)(TO(I),I=1,8409600)
  OPEN(46,FILE='KD.DAT')
  OPEN(47,FILE='GD.DAT')
  OPEN(48,FILE='GB.DAT')
  OPEN(49,FILE='KB.DAT')
  KSO=3
  AKD=17.55
  AGD=35.1
  AGB=17.55
  AKB=35.1
14 KK=0.
  DO 5 L=1,8409600,240
    KK=KK+1
    TOP=0
    TE(KK)=TOP
5  CONTINUE
  DO 7 I=1,35040,8760
    DO 8 L=I,I+8759
      IF(L.LE.8760)GOTO 10
      IF(L.LE.17520)GOTO 11
      IF(L.LE.26280)GOTO 12
      IF(L.LE.35040)GOTO 13
10  QKD(L)=HI*AKD*(TE(L)-TT)
    WRITE(46,300)QKD(L)
300 FORMAT(4X,F12.2)
    GOTO 8
11  QGD(L)=HI*AGD*(TE(L)-TT)
    WRITE(47,300)QGD(L)
    GOTO 8
12  QGB(L)=HI*AGB*(TE(L)-TT)
    WRITE(48,300)QGB(L)
    GOTO 8
13  QKB(L)=HI*AKB*(TE(L)-TT)
    WRITE(49,300)QKB(L)
8  CONTINUE
7  CONTINUE
  CLOSE (46)
  CLOSE (47)
  CLOSE (48)
  CLOSE (49)
  CLOSE (7)
  CALL SON1 (KSO)
  CLOSE (46,STATUS='DELETE')
  CLOSE (47,STATUS='DELETE')

```

```

CLOSE (48,STATUS='DELETE')
CLOSE (49,STATUS='DELETE')
IF(KSO.EQ.2)GOTO 15
IF(KSO.EQ.3)GOTO 16
CLOSE (51)
CLOSE (52)
CLOSE (53)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SON1 (KSO)
DIMENSION TE(10000),TI(10000),TO(10000),GH(10000)
OPEN (46,FILE='KD.DAT')
READ(46,*)(TE(K),K=1,8760)
OPEN (47,FILE='GD.DAT')
READ(47,*)(TI(K),K=1,8760)
OPEN (48,FILE='GB.DAT')
READ(48,*)(TO(K),K=1,8760)
OPEN (49,FILE='KB.DAT')
READ(49,*)(GH(K),K=1,8760)
DO 20 I=1,12
IF(I.EQ.1)GOTO 25
IF(I.EQ.2)GOTO 35
IF(I.EQ.3)GOTO 45
IF(I.EQ.4)GOTO 55
IF(I.EQ.5)GOTO 65
IF(I.EQ.6)GOTO 75
IF(I.EQ.7)GOTO 85
IF(I.EQ.8)GOTO 95
IF(I.EQ.9)GOTO 105
IF(I.EQ.10)GOTO 115
IF(I.EQ.11)GOTO 125
IF(I.EQ.12)GOTO 135
25 TD1=0
GD1=0
GB1=0
TB1=0
DO 40 L=1,744
TD1=TD1+TE(L)
GD1=GD1+TI(L)
GB1=GB1+TO(L)
40 TB1=TB1+GH(L)
GOTO 20
35 TD2=0
GD2=0
GB2=0
TB2=0
DO 50 L=745,1416
TD2=TD2+TE(L)
GD2=GD2+TI(L)
GB2=GB2+TO(L)
50 TB2=TB2+GH(L)
GOTO 20
45 TD3=0
GD3=0
GB3=0
TB3=0
DO 60 L=1417,2160

```

```

TD3=TD3+TE(L)
GD3=GD3+TI(L)
GB3=GB3+TO(L)
60 TB3=TB3+GH(L)
   GOTO 20
55 TD4=0
   GD4=0
   GB4=0
   TB4=0
   DO 70 L=2161,2880
   TD4=TD4+TE(L)
   GD4=GD4+TI(L)
   GB4=GB4+TO(L)
70 TB4=TB4+GH(L)
   GOTO 20
65 TD5=0
   GD5=0
   GB5=0
   TB5=0
   DO 80 L=2881,3624
   TD5=TD5+TE(L)
   GD5=GD5+TI(L)
   GB5=GB5+TO(L)
80 TB5=TB5+GH(L)
   GOTO 20
75 TD6=0
   GD6=0
   GB6=0
   TB6=0
   DO 90 L=3625,4344
   TD6=TD6+TE(L)
   GD6=GD6+TI(L)
   GB6=GB6+TO(L)
90 TB6=TB6+GH(L)
   GOTO 20
85 TD7=0
   GD7=0
   GB7=0
   TB7=0
   DO 100 L=4345,5088
   TD7=TD7+TE(L)
   GD7=GD7+TI(L)
   GB7=GB7+TO(L)
100 TB7=TB7+GH(L)
   GOTO 20
95 TD8=0
   GD8=0
   GB8=0
   TB8=0
   DO 110 L=5089,5832
   TD8=TD8+TE(L)
   GD8=GD8+TI(L)
   GB8=GB8+TO(L)
110 TB8=TB8+GH(L)
   GOTO 20
105 TD9=0
   GD9=0
   GB9=0

```

```

TB9=0
DO 120 L=5833,6552
TD9=TD9+TE(L)
GD9=GD9+TI(L)
GB9=GB9+TO(L)
120 TB9=TB9+GH(L)
GOTO 20
115 TD10=0
GD10=0
GB10=0
TB10=0
DO 130 L=6553,7296
TD10=TD10+TE(L)
GD10=GD10+TI(L)
GB10=GB10+TO(L)
130 TB10=TB10+GH(L)
GOTO 20
125 TD11=0
GD11=0
GB11=0
TB11=0
DO 140 L=7297,8016
TD11=TD11+TE(L)
GD11=GD11+TI(L)
GB11=GB11+TO(L)
140 TB11=TB11+GH(L)
GOTO 20
135 TD12=0
GD12=0
GB12=0
TB12=0
DO 150 L=8017,8760
TD12=TD12+TE(L)
GD12=GD12+TI(L)
GB12=GB12+TO(L)
150 TB12=TB12+GH(L)
20 CONTINUE
IF(KSO.EQ.2)THEN
OPEN(51,FILE='K15S1G0.DAT')
WRITE(51,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
200 FORMAT(4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2
+/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2)
ELSE IF (KSO.EQ.3)THEN
OPEN(52,FILE='K15S2G0.DAT')
WRITE(52,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
ELSE
OPEN(53,FILE='K15S3G0.DAT')
WRITE(53,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
+TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
+TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
+GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
ENDIF

```

RETURN
END

SUBROUTINE CMI

DIMENSION TG(9),TK(9),T2(9),T3(9),HL1(9),A(9),GE(9),YU(9),R(9),
+YA(9),GDI(40000),GYI(40000),GYNI(40000),HID(40000),HIY(40000),
+HIYA(40000),GGA(40000),TO(40000),RU(40000),HD(40000)

OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')

C OPEN(9,FILE='1CAM2.DAT')

OPEN(10,FILE='SICAK99.DAT')

READ(10,*)(TO(I),I=1,8760)

OPEN(3,FILE='GA9.DAT')

READ(3,*)(GGA(I),I=1,35040)

OPEN(4,FILE='DR9.DAT')

READ(4,*)(GDI(I),I=1,35040)

OPEN(5,FILE='YA9.DAT')

READ(5,*)(GYI(I),I=1,35040)

OPEN(6,FILE='YN9.DAT')

READ(6,*)(GYNI(I),I=1,35040)

OPEN(20,FILE='RUZ99.DAT')

READ(20,*)(RU(I),I=1,8760)

KAT=1

C KAT=2

S=90

TI=20.

HI=6.

HL=0.003

HK=15.

HN=1.5

FS=1

DO 10 I=1,35040

HID(I)=GDI(I)*1000/3.6

HIY(I)=GYI(I)*1000/3.6

10 HIYA(I)=GYNI(I)*1000/3.6

DO 20 K=1,35040,8760

KK=0

DO 30 J=K,K+8759

KK=KK+1

HD(J)=HI+2.8+3*RU(KK)

IF(J.LE.8760)GOTO 15

IF(J.LE.17520)GOTO 15

IF(J.LE.26280)GOTO 15

IF(J.LE.35040)GOTO 15

15 I23=0

DO 40 I=1,3

TG(I)=GGA(I)*3.1415/180

TG(2)=(59.7-0.1388*S+0.001497*S**2)*3.1415/180

TG(3)=(90-0.5788*S+0.002693*S**2)*3.1415/180

AC=SIN(TG(I))/HN

TK(I)=ASIN(AC)

T2(I)=TG(I)-TK(I)

T3(I)=TG(I)+TK(I)

C1=SIN(T2(I))

C2=SIN(T3(I))

C3=TAN(T2(I))

C4=TAN(T3(I))

R(I)=((C1**2/C2**2)+(C3**2/C4**2))/2

HL1(I)=HL/COS(TK(I))


```

A(I)=EXP(-HK*HL1(I))
GE(I)=((1-R(I))**2*A(I))/(1-R(I)**2*A(I)**2)
YU(I)=1-R(I)-((1-R(I))**2*A(I))/(1-R(I)*A(I))
YA(I)=1-GE(I)-YU(I)
IF(KAT.EQ.1)THEN
  GE(I)=GE(I)
  YU(I)=YU(I)
  YA(I)=YA(I)
  U=1/((1/HI)+(1/HD(J)))
ELSEIF(KAT.EQ.2)THEN
  GE(I)=GE(I)**2/(1-YA(I)**2)
  YU(I)=((1-(GE(I)+YA(I)))*GE(I))/(1-YA(I)**2)
  U=1/((1/HI)+(1/HD(J))+0.16)
ENDIF
40 CONTINUE
  HQI=(FS*GE(1)*HID(J)+GE(2)*HIY(J)+GE(3)*HIYA(J)+(FS*YU(1)*HID(J)+
  +YU(2)*HIY(J)+YU(3)*HIYA(J))/(1+(HD(J)/HI))+U*(TO(KK)-TI)
  WRITE(8,100)HQI
100 FORMAT(2X,F7.2)
30 CONTINUE
20 CONTINUE
  CLOSE (8)
  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CME
  DIMENSION TO(40000),TOPKD(10000),TOPGD(10000),TOPGB(10000),
  +TOPKB(10000)
  OPEN(26,FILE='CKD.DAT')
  OPEN(27,FILE='CGD.DAT')
  OPEN(28,FILE='CGB.DAT')
  OPEN(29,FILE='CKB.DAT')
  OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
  READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)
  KSO=1
  AKD=7.02
  AGD=3.51
  AGB=7.02
  AKB=3.51
  GOTO 17
18 OPEN(26,FILE='CKD.DAT')
  OPEN(27,FILE='CGD.DAT')
  OPEN(28,FILE='CGB.DAT')
  OPEN(29,FILE='CKB.DAT')
  OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
  READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)
  KSO=2
  AKD=9.36
  AGD=4.68
  AGB=9.36
  AKB=4.68
  GOTO 17
19 OPEN(26,FILE='CKD.DAT')
  OPEN(27,FILE='CGD.DAT')
  OPEN(28,FILE='CGB.DAT')
  OPEN(29,FILE='CKB.DAT')
  OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
  READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)

```

```

KSO=3
AKD=11.7
AGD=5.85
AGB=11.7
AKB=5.85
17 I23=0
DO 15 I=1,35040,8760
DO 16 L=1,I+8759
IF(L.LE.8760)GOTO 10
IF(L.LE.17520)GOTO 11
IF(L.LE.26280)GOTO 12
IF(L.LE.35040)GOTO 13
10 TOPKD(L)=TO(L)*AKD
WRITE(26,300)TOPKD(L)
300 FORMAT(4X,F12.2)
GOTO 16
11 TOPGD(L)=TO(L)*AGD
WRITE(27,300)TOPGD(L)
GOTO 16
12 TOPGB(L)=TO(L)*AGB
WRITE(28,300)TOPGB(L)
GOTO 16
13 TOPKB(L)=TO(L)*AKB
WRITE(29,300)TOPKB(L)
16 CONTINUE
15 CONTINUE
CLOSE (26)
CLOSE (27)
CLOSE (28)
CLOSE (29)
CLOSE (8)
CALL SON2 (KSO)
CLOSE (26,STATUS='DELETE')
CLOSE (27,STATUS='DELETE')
CLOSE (28,STATUS='DELETE')
CLOSE (29,STATUS='DELETE')
IF(KSO.EQ.2)GOTO 18
IF(KSO.EQ.3)GOTO 19
CLOSE (36)
CLOSE (37)
CLOSE (38)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SON2 (KSO)
DIMENSION TE(10000),TI(10000),TO(10000),GH(10000)
OPEN (26,FILE='CKD.DAT')
READ(26,*)(TE(K),K=1,8760)
OPEN (27,FILE='CGD.DAT')
READ(27,*)(TI(K),K=1,8760)
OPEN (28,FILE='CGB.DAT')
READ(28,*)(TO(K),K=1,8760)
OPEN (29,FILE='CKB.DAT')
READ(29,*)(GH(K),K=1,8760)
DO 20 I=1,12
IF(I.EQ.1)GOTO 25
IF(I.EQ.2)GOTO 35
IF(I.EQ.3)GOTO 45

```

```

IF(I.EQ.4)GOTO 55
IF(I.EQ.5)GOTO 65
IF(I.EQ.6)GOTO 75
IF(I.EQ.7)GOTO 85
IF(I.EQ.8)GOTO 95
IF(I.EQ.9)GOTO 105
IF(I.EQ.10)GOTO 115
IF(I.EQ.11)GOTO 125
IF(I.EQ.12)GOTO 135
25 TD1=0
   GD1=0
   GB1=0
   TB1=0
   DO 40 L=1,744
   TD1=TD1+TE(L)
   GD1=GD1+TI(L)
   GB1=GB1+TO(L)
40 TB1=TB1+GH(L)
   GOTO 20
35 TD2=0
   GD2=0
   GB2=0
   TB2=0
   DO 50 L=745,1416
   TD2=TD2+TE(L)
   GD2=GD2+TI(L)
   GB2=GB2+TO(L)
50 TB2=TB2+GH(L)
   GOTO 20
45 TD3=0
   GD3=0
   GB3=0
   TB3=0
   DO 60 L=1417,2160
   TD3=TD3+TE(L)
   GD3=GD3+TI(L)
   GB3=GB3+TO(L)
60 TB3=TB3+GH(L)
   GOTO 20
55 TD4=0
   GD4=0
   GB4=0
   TB4=0
   DO 70 L=2161,2880
   TD4=TD4+TE(L)
   GD4=GD4+TI(L)
   GB4=GB4+TO(L)
70 TB4=TB4+GH(L)
   GOTO 20
65 TD5=0
   GD5=0
   GB5=0
   TB5=0
   DO 80 L=2881,3624
   TD5=TD5+TE(L)
   GD5=GD5+TI(L)
   GB5=GB5+TO(L)
80 TB5=TB5+GH(L)

```

```
GOTO 20
75 TD6=0
   GD6=0
   GB6=0
   TB6=0
   DO 90 L=3625,4344
   TD6=TD6+TE(L)
   GD6=GD6+TI(L)
   GB6=GB6+TO(L)
90 TB6=TB6+GH(L)
   GOTO 20
85 TD7=0
   GD7=0
   GB7=0
   TB7=0
   DO 100 L=4345,5088
   TD7=TD7+TE(L)
   GD7=GD7+TI(L)
   GB7=GB7+TO(L)
100 TB7=TB7+GH(L)
   GOTO 20
95 TD8=0
   GD8=0
   GB8=0
   TB8=0
   DO 110 L=5089,5832
   TD8=TD8+TE(L)
   GD8=GD8+TI(L)
   GB8=GB8+TO(L)
110 TB8=TB8+GH(L)
   GOTO 20
105 TD9=0
   GD9=0
   GB9=0
   TB9=0
   DO 120 L=5833,6552
   TD9=TD9+TE(L)
   GD9=GD9+TI(L)
   GB9=GB9+TO(L)
120 TB9=TB9+GH(L)
   GOTO 20
115 TD10=0
   GD10=0
   GB10=0
   TB10=0
   DO 130 L=6553,7296
   TD10=TD10+TE(L)
   GD10=GD10+TI(L)
   GB10=GB10+TO(L)
130 TB10=TB10+GH(L)
   GOTO 20
125 TD11=0
   GD11=0
   GB11=0
   TB11=0
   DO 140 L=7297,8016
   TD11=TD11+TE(L)
   GD11=GD11+TI(L)
```

```

    GB11=GB11+TO(L)
140 TB11=TB11+GH(L)
    GOTO 20
135 TD12=0
    GD12=0
    GB12=0
    TB12=0
    DO 150 L=8017,8760
    TD12=TD12+TE(L)
    GD12=GD12+TI(L)
    GB12=GB12+TO(L)
150 TB12=TB12+GH(L)
20 CONTINUE
    IF(KSO.EQ.2)THEN
    OPEN(36,FILE='S1K0.DAT')
    WRITE(36,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
200 FORMAT(4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2
    +/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2)
    ELSE IF (KSO.EQ.3)THEN
    OPEN(37,FILE='S2K0.DAT')
    WRITE(37,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
    ELSE
    OPEN(38,FILE='S3K0.DAT')
    WRITE(38,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
    ENDIF
    RETURN
    END

```

```

SUBROUTINE CME1
    DIMENSION TO(40000),TOPKD(10000),TOPGD(10000),TOPGB(10000),
    +TOPKB(10000)
    OPEN(56,FILE='CKD.DAT')
    OPEN(57,FILE='CGD.DAT')
    OPEN(58,FILE='CGB.DAT')
    OPEN(59,FILE='CKB.DAT')
    OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
    READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)
    KSO=1
    AKD=3.51
    AGD=7.02
    AGB=3.51
    AKB=7.02
    GOTO 17
18 OPEN(56,FILE='CKD.DAT')
    OPEN(57,FILE='CGD.DAT')
    OPEN(58,FILE='CGB.DAT')
    OPEN(59,FILE='CKB.DAT')
    OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
    READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)

```

```

KSO=2
AKD=4.68
AGD=9.36
AGB=4.68
AKB=9.36
GOTO 17
19 OPEN(56,FILE='CKD.DAT')
   OPEN(57,FILE='CGD.DAT')
   OPEN(58,FILE='CGB.DAT')
   OPEN(59,FILE='CKB.DAT')
   OPEN(8,FILE='1CAM1.DAT')
   READ(8,*)(TO(I),I=1,35040)
   KSO=3
   AKD=5.85
   AGD=11.7
   AGB=5.85
   AKB=11.7
17 I23=0
   DO 15 I=1,35040,8760
   DO 16 L=I,I+8759
   IF(L.LE.8760)GOTO 10
   IF(L.LE.17520)GOTO 11
   IF(L.LE.26280)GOTO 12
   IF(L.LE.35040)GOTO 13
10 TOPKD(L)=TO(L)*AKD
   WRITE(56,300)TOPKD(L)
300 FORMAT(4X,F12.2)
   GOTO 16
11 TOPGD(L)=TO(L)*AGD
   WRITE(57,300)TOPGD(L)
   GOTO 16
12 TOPGB(L)=TO(L)*AGB
   WRITE(58,300)TOPGB(L)
   GOTO 16
13 TOPKB(L)=TO(L)*AKB
   WRITE(59,300)TOPKB(L)
16 CONTINUE
15 CONTINUE
   CLOSE (56)
   CLOSE (57)
   CLOSE (58)
   CLOSE (59)
   CLOSE (8)
   CALL SON3 (KSO)
   CLOSE (56,STATUS='DELETE')
   CLOSE (57,STATUS='DELETE')
   CLOSE (58,STATUS='DELETE')
   CLOSE (59,STATUS='DELETE')
   IF(KSO.EQ.2)GOTO 18
   IF(KSO.EQ.3)GOTO 19
   CLOSE (61)
   CLOSE (62)
   CLOSE (63)
   RETURN
   END

```

```

SUBROUTINE SON3 (KSO)
DIMENSION TE(10000),TI(10000),TQ(10000),GH(10000)

```

```

OPEN (56,FILE='CKD.DAT')
READ(56,*)(TE(K),K=1,8760)
OPEN (57,FILE='CGD.DAT')
READ(57,*)(TI(K),K=1,8760)
OPEN (58,FILE='CGB.DAT')
READ(58,*)(TO(K),K=1,8760)
OPEN (59,FILE='CKB.DAT')
READ(59,*)(GH(K),K=1,8760)
DO 20 I=1,12
  IF(I.EQ.1)GOTO 25
  IF(I.EQ.2)GOTO 35
  IF(I.EQ.3)GOTO 45
  IF(I.EQ.4)GOTO 55
  IF(I.EQ.5)GOTO 65
  IF(I.EQ.6)GOTO 75
  IF(I.EQ.7)GOTO 85
  IF(I.EQ.8)GOTO 95
  IF(I.EQ.9)GOTO 105
  IF(I.EQ.10)GOTO 115
  IF(I.EQ.11)GOTO 125
  IF(I.EQ.12)GOTO 135
25 TD1=0
  GD1=0
  GB1=0
  TB1=0
  DO 40 L=1,744
    TD1=TD1+TE(L)
    GD1=GD1+TI(L)
    GB1=GB1+TO(L)
40 TB1=TB1+GH(L)
  GOTO 20
35 TD2=0
  GD2=0
  GB2=0
  TB2=0
  DO 50 L=745,1416
    TD2=TD2+TE(L)
    GD2=GD2+TI(L)
    GB2=GB2+TO(L)
50 TB2=TB2+GH(L)
  GOTO 20
45 TD3=0
  GD3=0
  GB3=0
  TB3=0
  DO 60 L=1417,2160
    TD3=TD3+TE(L)
    GD3=GD3+TI(L)
    GB3=GB3+TO(L)
60 TB3=TB3+GH(L)
  GOTO 20
55 TD4=0
  GD4=0
  GB4=0
  TB4=0
  DO 70 L=2161,2880
    TD4=TD4+TE(L)
    GD4=GD4+TI(L)

```

```

GB4=GB4+TO(L)
70 TB4=TB4+GH(L)
GOTO 20
65 TD5=0
GD5=0
GB5=0
TB5=0
DO 80 L=2881,3624
TD5=TD5+TE(L)
GD5=GD5+TI(L)
GB5=GB5+TO(L)
80 TB5=TB5+GH(L)
GOTO 20
75 TD6=0
GD6=0
GB6=0
TB6=0
DO 90 L=3625,4344
TD6=TD6+TE(L)
GD6=GD6+TI(L)
GB6=GB6+TO(L)
90 TB6=TB6+GH(L)
GOTO 20
85 TD7=0
GD7=0
GB7=0
TB7=0
DO 100 L=4345,5088
TD7=TD7+TE(L)
GD7=GD7+TI(L)
GB7=GB7+TO(L)
100 TB7=TB7+GH(L)
GOTO 20
95 TD8=0
GD8=0
GB8=0
TB8=0
DO 110 L=5089,5832
TD8=TD8+TE(L)
GD8=GD8+TI(L)
GB8=GB8+TO(L)
110 TB8=TB8+GH(L)
GOTO 20
105 TD9=0
GD9=0
GB9=0
TB9=0
DO 120 L=5833,6552
TD9=TD9+TE(L)
GD9=GD9+TI(L)
GB9=GB9+TO(L)
120 TB9=TB9+GH(L)
GOTO 20
115 TD10=0
GD10=0
GB10=0
TB10=0
DO 130 L=6553,7296

```



```

    TD10=TD10+TE(L)
    GD10=GD10+TI(L)
    GB10=GB10+TO(L)
130 TB10=TB10+GH(L)
    GOTO 20
125 TD11=0
    GD11=0
    GB11=0
    TB11=0
    DO 140 L=7297,8016
    TD11=TD11+TE(L)
    GD11=GD11+TI(L)
    GB11=GB11+TO(L)
140 TB11=TB11+GH(L)
    GOTO 20
135 TD12=0
    GD12=0
    GB12=0
    TB12=0
    DO 150 L=8017,8760
    TD12=TD12+TE(L)
    GD12=GD12+TI(L)
    GB12=GB12+TO(L)
150 TB12=TB12+GH(L)
20 CONTINUE
    IF(KSO.EQ.2)THEN
    OPEN(61,FILE='S1G0.DAT')
    WRITE(61,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
200 FORMAT(4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2
    +/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2/4X,4F12.2)
    ELSE IF (KSO.EQ.3)THEN
    OPEN(62,FILE='S2G0.DAT')
    WRITE(62,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
    ELSE
    OPEN(63,FILE='S3G0.DAT')
    WRITE(63,200)TD1,GD1,GB1,TB1,TD2,GD2,GB2,TB2,TD3,GD3,GB3,TB3,
    +TD4,GD4,GB4,TB4,TD5,GD5,GB5,TB5,TD6,GD6,GB6,TB6,TD7,GD7,GB7,TB7,
    +TD8,GD8,GB8,TB8,TD9,GD9,GB9,TB9,TD10,GD10,GB10,TB10,TD11,GD11,
    +GB11,TB11,TD12,GD12,GB12,TB12
    ENDIF
    RETURN
    END

SUBROUTINE YIE
    DIMENSION TE(50),TH(50),TI(50),GE(50),GH(50),GI(50),T1Q(50),
    +T2Q(50),T3Q(50),TE1(50),TH1(50),TI1(50),GE1(50),GH1(50),GI1(50),
    +T11Q(50),T12Q(50),T13Q(50)
    OPEN (41,FILE='15S1K0Q.DAT')
    OPEN (42,FILE='15S2K0Q.DAT')
    OPEN (43,FILE='15S3K0Q.DAT')
    OPEN (66,FILE='15S1G0Q.DAT')
    OPEN (67,FILE='15S2G0Q.DAT')

```

```

OPEN (68,FILE='15S3G0Q.DAT')
OPEN (32,FILE='K15S1K0.DAT')
READ(32,*)(TE(I),I=1,48)
OPEN (33,FILE='K15S2K0.DAT')
READ(33,*)(TH(I),I=1,48)
OPEN (34,FILE='K15S3K0.DAT')
READ(34,*)(TI(I),I=1,48)
OPEN (36,FILE='S1K0.DAT')
READ(36,*)(GE(I),I=1,48)
OPEN (37,FILE='S2K0.DAT')
READ(37,*)(GH(I),I=1,48)
OPEN (38,FILE='S3K0.DAT')
READ(38,*)(GI(I),I=1,48)
OPEN (51,FILE='K15S1G0.DAT')
READ(51,*)(TE1(I),I=1,48)
OPEN (52,FILE='K15S2G0.DAT')
READ(52,*)(TH1(I),I=1,48)
OPEN (53,FILE='K15S3G0.DAT')
READ(53,*)(TI1(I),I=1,48)
OPEN (61,FILE='S1G0.DAT')
READ(61,*)(GE1(I),I=1,48)
OPEN (62,FILE='S2G0.DAT')
READ(62,*)(GH1(I),I=1,48)
OPEN (63,FILE='S3G0.DAT')
READ(63,*)(GI1(I),I=1,48)
WRITE (41,50)
WRITE (42,50)
WRITE (43,50)
WRITE (66,50)
WRITE (67,50)
WRITE (68,50)
50 FORMAT(4X,7HK(-180),4X,6HD(-90),6X,5HG(00),5X,5HB(90)/)
DO 10 I=1,48
  T1Q(I)=TE(I)+GE(I)
  T2Q(I)=TH(I)+GH(I)
  T3Q(I)=TI(I)+GI(I)
  T11Q(I)=TE1(I)+GE1(I)
  T12Q(I)=TH1(I)+GH1(I)
  T13Q(I)=TI1(I)+GI1(I)
10 CONTINUE
  WRITE(41,100) (T1Q(I),I=1,48)
100 FORMAT(4(F12.1))
  WRITE(42,100) (T2Q(I),I=1,48)
  WRITE(43,100) (T3Q(I),I=1,48)
  WRITE(66,100) (T11Q(I),I=1,48)
  WRITE(67,100) (T12Q(I),I=1,48)
  WRITE(68,100) (T13Q(I),I=1,48)
RETURN
END

```

ÖRNEK PROGRAM SONUÇLARI

BF1/1	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-662726.3	-457584.5	-248382.6	-458365.5
Şubat	-559694.9	-367269.3	-157471.8	-368771.5
Mart	-396445.2	-214157.5	-14737.9	-216622.2
Nisan	-73830.6	68137.2	184436.6	63880.0
Mayıs	252680.7	337511.9	366986.7	330350.4
Haziran	532799.5	516550.8	526638.2	510752.1
Temmuz	744025.9	697881.5	794431.5	695363.6
Ağustos	659347.3	690869.9	926528.5	687684.7
Eylül	287095.4	377176.2	771756.6	374134.8
Ekim	-36553.3	76239.8	528089.9	74979.8
Kasım	-410687.2	-248070.8	107100.7	-249073.6
Aralık	-653848.8	-466005.4	-323544.2	-466143.8

BF1/1	KD(-140)	GD(-50)	GB(40)	KB(130)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-661786.4	-364318.9	-353364.5	-513921.6
Şubat	-551031.6	-287018.5	-246390.8	-432910.3
Mart	-358778.9	-149045.4	-48858.9	-299754.4
Nisan	36171.3	92577.2	260684.0	-20582.9
Mayıs	432197.9	310895.8	537176.3	248719.1
Haziran	708559.7	460071.1	708289.0	445250.2
Temmuz	928234.4	654384.2	984375.7	617821.6
Ağustos	841670.8	695848.1	1077432.0	577662.1
Eylül	378313.9	451553.6	785184.7	252229.0
Ekim	-11972.4	183045.8	426108.8	-27735.9
Kasım	-407864.2	-136362.0	-21477.8	-322528.1
Aralık	-653572.5	-389281.6	-408686.3	-506777.9

BF1/1	KD(-100)	GD(-10)	GB(80)	KB(170)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-592252.5	-285827.8	-521004.1	-517883.1
Şubat	-455238.4	-224073.8	-386214.1	-445876.5
Mart	-216346.1	-122009.8	-146913.5	-336912.1
Nisan	204065.1	47762.5	252911.1	-101180.7
Mayıs	618743.3	196048.1	639528.9	129114.2
Haziran	869797.8	326720.2	872889.9	329028.6
Temmuz	1109231.0	522102.2	1125380.0	491828.9
Ağustos	1070950.0	601848.5	1123962.0	447782.6
Eylül	597298.7	451377.5	688896.6	174529.4
Ekim	149370.1	257154.6	248757.0	-58833.4
Kasım	-310758.9	-42565.2	-221361.5	-330032.8
Aralık	-606262.0	-324253.8	-549454.5	-508636.3

BF1/1	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-491405.6	-293625.0	-104467.7	-294450.1
Şubat	-397669.0	-213829.4	-19902.6	-215402.8
Mart	-263628.4	-94959.9	92390.3	-97641.0
Nisan	-9487.4	113723.0	229424.3	108976.5
Mayıs	254821.2	318010.1	359185.8	310092.2
Haziran	476245.6	440606.5	468677.8	433900.0
Temmuz	635182.0	566597.6	680226.7	563572.3
Ağustos	553184.7	557085.8	799623.8	553217.4
Eylül	258008.8	324731.4	708402.8	321105.9
Ekim	504.1	97401.5	527625.1	95976.4
Kasım	-291036.0	-138083.1	194130.4	-139158.3
Aralık	-482773.4	-300223.5	-173838.6	-300397.1

BF1/1	KD(-140)	GD(-50)	GB(40)	KB(130)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-490610.3	-211268.9	-203224.1	-343315.5
Şubat	-389723.5	-142239.4	-103725.5	-272627.2
Mart	-228794.3	-37293.2	61316.3	-171651.7
Nisan	93479.5	134771.0	302790.4	33723.1
Mayıs	424295.4	292973.9	520608.5	237148.5
Haziran	642654.3	388713.3	639523.1	375485.3
Temmuz	808742.8	526685.6	859222.6	494462.3
Ağustos	723783.8	560593.5	943234.8	455235.3
Eylül	342464.6	390419.3	722590.7	212771.9
Ekim	22883.7	191998.2	432312.0	4963.4
Kasım	-288600.7	-38829.2	72848.3	-204171.5
Aralık	-482552.5	-232276.1	-254068.1	-336069.8

BF1/1	KD(-100)	GD(-10)	GB(80)	KB(170)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-426191.1	-141478.2	-359749.3	-346562.4
Şubat	-299908.1	-86107.9	-235135.3	-283850.6
Mart	-95031.9	-14520.3	-30297.6	-204152.9
Nisan	251339.1	92483.1	296313.4	-37483.4
Mayıs	600330.1	187464.8	618508.0	130255.0
Haziran	794459.6	267951.5	795886.1	271616.3
Temmuz	978831.5	406949.2	993153.8	382050.1
Ağustos	939080.9	474177.0	987828.3	340434.4
Eylül	547759.8	388165.2	632774.8	144970.7
Ekim	173503.3	257306.0	266316.9	-21776.0
Kasım	-198235.9	44988.2	-114560.9	-210381.6
Aralık	-438829.6	-174210.1	-385800.1	-337560.9

BF2/1	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-818725.1	-353769.2	-380149.7	-354355.9
Şubat	-698555.0	-275981.2	-275741.6	-277094.2
Mart	-512725.7	-141682.9	-109626.2	-143521.0
Nisan	-131665.9	96614.7	142599.2	93465.5
Mayıs	247874.9	327053.3	370081.6	321771.5
Haziran	578559.3	472269.4	573258.1	467990.1
Temmuz	837142.9	619179.1	891740.8	617299.1
Ağustos	750213.7	610357.8	1034759.0	607980.9
Eylül	310685.8	346076.3	824545.6	343801.5
Ekim	-70473.6	89906.0	526802.3	88949.9
Kasım	-514972.8	-181586.4	31108.4	-182341.0
Aralık	-805826.3	-363574.9	-456706.8	-363683.0

BF2/1	KD(-130)	KD(-40)	GB(50)	KB(140)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-811548.1	-244700.5	-536047.3	-408831.0
Şubat	-673973.0	-183359.8	-404441.6	-344750.9
Mart	-441278.9	-71536.4	-165646.1	-236798.1
Nisan	32298.2	112860.6	232730.9	-9153.7
Mayıs	497792.1	276872.3	595062.1	215057.1
Haziran	820096.4	384144.8	831604.8	378514.1
Temmuz	1092495.0	546601.2	1153400.0	514184.8
Ağustos	1012968.0	597739.4	1225164.0	470466.3
Eylül	461665.0	420625.2	825890.9	203366.3
Ekim	-12825.1	210378.4	376642.7	-22095.1
Kasım	-501339.0	-51107.4	-156799.4	-255903.8
Aralık	-802557.6	-272986.7	-584731.4	-402744.6

BF2/1	KD(-100)	KD(-10)	GB(80)	KB(170)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-743394.3	-183939.9	-668209.0	-409362.5
Şubat	-588111.8	-141639.2	-516129.4	-349277.6
Mart	-322346.7	-55921.3	-250083.5	-256051.1
Nisan	161662.2	76502.0	211744.4	-61289.5
Mayıs	632849.9	193240.8	652473.8	132079.2
Haziran	932944.1	293712.6	934504.7	296961.1
Temmuz	1221617.0	453787.1	1237953.0	426611.4
Ağustos	1185019.0	525937.2	1239908.0	383910.4
Eylül	639452.1	414539.8	735078.5	157833.8
Ekim	127120.4	258486.7	231609.3	-35236.9
Kasım	-408579.4	10564.4	-314637.1	-257486.3
Aralık	-754958.0	-231424.2	-694916.2	-402913.2

BF2/1	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-289686.80	-92833.16	65026.05	-108293.40
Şubat	-227636.70	-45698.41	123586.10	-61243.70
Mart	-118228.80	42649.99	211557.00	26703.96
Nisan	66384.30	171413.60	286621.50	159398.90
Mayıs	267862.80	303932.80	362950.70	297077.90
Haziran	427468.00	364556.70	417675.60	362049.00
Temmuz	524906.50	428596.80	565003.60	424248.90
Ağustos	445863.50	419533.30	671176.00	406934.80
Eylül	231654.80	280170.80	646396.60	259308.00
Ekim	44560.14	134036.20	529455.80	112181.10
Kasım	-161308.50	-9571.35	286612.30	-29214.92
Aralık	-290425.00	-107610.90	-6419.44	-119799.90

BF2/1	KD(-130)	GD(-40)	GB(50)	KB(140)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-569590.8	-138187.7	-319125.8	-287457.4
Şubat	-446670.6	-82129.4	-199261.0	-230371.0
Mart	-259461.7	6741.9	-7514.7	-144659.4
Nisan	109690.1	143043.7	291858.6	31343.9
Mayıs	482104.0	265524.1	568733.4	209155.4
Haziran	722216.9	335746.6	729472.0	331319.2
Temmuz	918186.3	458040.0	971797.4	429180.0
Ağustos	840069.4	502867.1	1032650.0	386559.1
Eylül	406214.9	376601.8	738384.4	177744.2
Ekim	33659.0	214876.9	389084.2	2581.4
Kasım	-333452.9	15838.6	-18622.3	-171350.1
Aralık	-560451.3	-163306.6	-362168.7	-281478.6

BF2/1	KD(-100)	GD(-10)	GB(80)	KB(170)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-507889.8	-91582.8	-439520.7	-287880.5
Şubat	-367825.5	-43808.7	-301871.9	-234386.7
Mart	-150301.1	20298.6	-84700.9	-161912.7
Nisan	228705.1	108213.2	273296.8	-16122.4
Mayıs	606736.8	187154.4	622662.6	132888.2
Haziran	826101.2	252040.0	825299.5	256250.6
Temmuz	1036887.0	372133.3	1050432.0	348768.1
Ağustos	998005.0	435406.4	1046846.0	307790.6
Eylül	569197.1	369716.7	655487.7	136874.2
Ekim	161345.9	258594.1	256512.6	-8959.9
Kasım	-249001.4	72647.6	-163175.0	-172642.7
Aralık	-517509.2	-125029.6	-462825.5	-281605.0

BF1/2	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-409362.5	-707538.4	-190074.9	-708712.0
Şubat	-349277.6	-551962.1	-137870.7	-554188.3
Mart	-256362.8	-283365.5	-54813.3	-287041.9
Nisan	-65832.9	193229.5	71299.5	186931.3
Mayıs	123937.5	654106.6	185040.6	643543.1
Haziran	289279.8	944538.0	286629.4	935980.4
Temmuz	418571.0	1238358.0	445870.3	1234599.0
Ağustos	375107.1	1220716.0	517379.6	1215981.0
Eylül	155342.8	692152.5	412272.4	687602.7
Ekim	-35236.9	179812.1	263301.1	177899.6
Kasım	-257486.3	-363173.0	15554.5	-364682.1
Aralık	-402913.2	-727150.5	-228353.4	-727366.5

BF1/2	KD(-130)	GD(-40)	GB(50)	KB(140)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-405774.1	-489400.6	-268023.8	-817662.5
Şubat	-336986.4	-366719.9	-202220.8	-689502.0
Mart	-220639.5	-143073.0	-82823.2	-473596.1
Nisan	16149.1	225721.3	116365.6	-18307.0
Mayıs	248896.2	553744.2	297531.0	430114.6
Haziran	410048.5	768288.7	415802.5	757028.0
Temmuz	546247.7	1093203.0	576699.8	1028370.0
Ağustos	506483.9	1195479.0	612581.8	940931.4
Eylül	230832.5	841250.4	412945.4	406732.0
Ekim	-8412.6	420757.4	188321.5	-44190.0
Kasım	-250669.5	-102214.5	-78399.7	-511807.7
Aralık	-401279.0	-545973.3	-292365.7	-805488.8

BF1/2	KD(-100)	GD(-10)	GB(80)	KB(170)
	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız	Yalıtımsız
Ocak	-371697.3	-387879.6	-334104.4	-818725.1
Şubat	-294056.0	-283278.5	-258064.6	-698555.0
Mart	-161173.5	-111842.4	-125041.7	-512102.4
Nisan	80831.0	153004.7	105872.4	-122578.8
Mayıs	316425.0	386481.6	326236.9	264157.9
Haziran	466472.3	587424.3	467252.4	593922.1
Temmuz	610808.3	907574.2	618976.5	853223.4
Ağustos	592509.8	1051874.0	619953.8	767820.7
Eylül	319725.8	829079.9	367539.2	315667.8
Ekim	63560.1	516972.8	115804.4	-70473.6
Kasım	-204289.4	21128.2	-157318.2	-514972.8
Aralık	-377479.1	-462848.2	-347458.1	-805826.3

BF1/2	K(-180)	D(-90)	G(00)	B(90)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-287880.5	-475014.7	-88028.0	-476250.8
Şubat	-234386.7	-334355.9	-40321.9	-336683.8
Mart	-162183.4	-114321.8	21150.4	-118305.1
Nisan	-20207.8	257878.7	103199.8	250886.5
Mayıs	125455.3	626449.7	179509.2	614813.3
Haziran	249177.9	836835.2	245530.3	826990.4
Temmuz	341391.3	1052174.0	364888.9	1047695.0
Ağustos	299828.3	1030957.0	427392.7	1025262.0
Eylül	134717.6	617776.3	367348.8	612398.0
Ekim	-8959.9	209823.2	262971.8	207676.9
Kasım	-172642.7	-207190.5	77266.4	-208802.3
Aralık	-281605.0	-492041.9	-122198.1	-492306.9

BF1/2	KD(-130)	GD(-40)	GB(50)	KB(140)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-284795.6	-276375.5	-159563.0	-574914.8
Şubat	-223335.5	-164258.7	-99630.5	-460742.3
Mart	-129731.0	13483.7	-3757.4	-289319.3
Nisan	54844.9	286087.7	145929.3	62687.6
Mayıs	241052.0	531047.8	284386.8	418311.3
Haziran	361108.8	671492.5	364736.0	662638.3
Temmuz	459093.2	916080.2	485898.5	858360.2
Ağustos	420034.9	1005734.0	516324.5	773117.6
Eylül	203107.5	753203.9	369192.1	355487.8
Ekim	16829.7	429754.0	194542.0	5162.9
Kasım	-166726.3	31677.0	-9311.1	-342700.3
Aralık	-280225.7	-326613.6	-181084.5	-562957.2

BF1/2	KD(-100)	GD(-10)	GB(80)	KB(170)
	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.	5 cm Yalıt.
Ocak	-253945.0	-183165.5	-219760.3	-575760.8
Şubat	-183912.8	-87617.7	-150935.9	-468773.4
Mart	-75150.4	40597.0	-42350.3	-323825.4
Nisan	114352.5	216426.8	136648.6	-32244.5
Mayıs	303368.4	374308.9	311331.3	265775.9
Haziran	413050.8	504079.7	412649.9	512501.3
Temmuz	518343.3	744266.2	525215.8	697536.7
Ağustos	499002.7	870812.2	523422.9	615581.0
Eylül	284598.6	739433.4	327743.8	273748.5
Ekim	80673.0	517187.7	128256.2	-17919.1
Kasım	-124500.6	145294.9	-81587.3	-345285.8
Aralık	-258754.5	-250059.2	-231412.5	-563210.1

EK-2 TS 825 HESAPLAMA METODUNA VE ÇALIŞMADA ÖNERİLEN METODA GÖRE BULUNAN YILLIK ISITMA ENERJİSİ VE TS 825 HESAPLAMA METODUNA GÖRE ÖNERİLEN VE HESAPLANAN ISI İLETİM KATSAYISI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada ele alınan bina alternatiflerinin, Y1 yönlendiriliş durumunda, TS 825 hesaplama metoduna ve önerilen metoda göre yıllık ısıtma enerjisi ve ısı iletim katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Değerler, Tablo EK-2.1 'de verilmiştir. Bu değerler karşılaştırıldığında; çalışmada bulunan yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin, TS 825 hesaplama metoduna göre bulunan değerlerden daha küçük. ısı iletim katsayısı değerlerinin, yalıtımsız ve 2.5 cm yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinde, TS 825 de önerilen ısı iletim katsayısı değerlerinden daha büyük, 5cm yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinde eşit, 10 ve 15 cm yalıtımlı bina kabuğuna sahip bina alternatiflerinde ise daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada elde edilen yıllık ısıtma enerjisi değerleri ile bina alternatiflerinin daha az yakıt maliyeti ile ısıtılacağı anlaşılmıştır.

Tablo EK-2.1. Çalışmada ve TS 825 Hesap Metoduna Göre Hesaplanan Bina Alternatiflerine Ait Yıllık Isıtma Enerjisi ve Isı İletim Katsayısı Değerleri

Saydam Yüzey Oranı	Bina Kabuğu	Y1 Yönlendiriliş Durumu						Isı İletim Katsayıları (U)					
		Yıllık Isıtma Enerjisi (kWh/m ³)						(W/m ² K)					
		BF 1/1		BF 2/1		BF 1/2		BF 1/1		BF 2/1		BF 1/2	
		TS 825 Hesap Yöntemine Göre	Tez Çalışma.sı Hesap Yönt. Göre	TS 825 Hesap Yöntemine Göre	Tez Çalışma.sı Hesap Yönt. Göre	TS 825 Hesap Yöntemine Göre	Tez Çalışma.sı Hesap Yönt. Göre	TS 825 Tav.Edil.	TS 825 Hesaplan.	TS 825 Tav.Edil.	TS 825 Hesaplan.	TS 825 Tav.Edil.	TS 825 Hesaplan.
% 15 (S1)	Yalıtımsız	51.73	19.42	54.05	20.31	54.05	20.99	0.5	1.146	0.5	1.146	0.5	1.146
	2.5 cm Yalıtımlı	43.41	16.32	45.16	16.95	45.17	17.61	0.5	0.784	0.5	0.784	0.5	0.784
	5 cm Yalıtımlı	37.49	11.91	38.93	12.23	38.92	12.80	0.5	0.526	0.5	0.526	0.5	0.526
	10 cm Yalıtımlı	32.83	8.72	34.00	8.72	34.00	9.16	0.5	0.317	0.5	0.317	0.5	0.317
	15 cm Yalıtımlı	30.83	7.41	31.87	7.41	31.94	7.72	0.5	0.227	0.5	0.227	0.5	0.227
% 20 (S2)	Yalıtımsız	54.46	19.64	56.93	20.28	56.87	21.16	0.5	1.146	0.5	1.146	0.5	1.146
	2.5 cm Yalıtımlı	46.65	16.76	48.67	17.23	48.65	18.02	0.5	0.784	0.5	0.784	0.5	0.784
	5 cm Yalıtımlı	41.19	12.79	42.84	12.91	42.91	13.56	0.5	0.526	0.5	0.526	0.5	0.526
	10 cm Yalıtımlı	36.81	9.86	38.23	9.85	38.23	10.26	0.5	0.317	0.5	0.317	0.5	0.317
	15 cm Yalıtımlı	34.94	8.69	36.21	8.67	36.30	9.00	0.5	0.227	0.5	0.227	0.5	0.227
% 25 (S3)	Yalıtımsız	57.21	19.91	59.83	20.44	59.82	21.41	0.5	1.146	0.5	1.146	0.5	1.146
	2.5 cm Yalıtımlı	49.98	17.3	52.19	17.63	52.15	18.5	0.5	0.784	0.5	0.784	0.5	0.784
	5 cm Yalıtımlı	44.97	13.74	46.74	13.75	46.77	14.41	0.5	0.526	0.5	0.526	0.5	0.526
	10 cm Yalıtımlı	40.83	11.06	42.47	11.03	42.53	11.47	0.5	0.317	0.5	0.317	0.5	0.317
	15 cm Yalıtımlı	39.10	10.03	40.6	10.01	40.69	10.37	0.5	0.227	0.5	0.227	0.5	0.227