

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**YAPI DÜŞEY DIŞ KABUĞU ISI YALITIM UYGULAMALARI İLE ENERJİ
VERİMLİLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Yüksek Mimar Özlem AYDIN

**MART 2011
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**YAPI DÜŞEY DIŞ KABUĞU ISI YALITIM UYGULAMALARI İLE ENERJİ
VERİMLİLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Mimar Özlem AYDIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Doktor (Mimarlık)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28.01.2011
Tezin Savunma Tarihi : 04.03.2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Figen BEYHAN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Nihan ENGİN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Erkin ERTEN
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2011

ÖNSÖZ

"Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları İle Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi" adlı bu tez çalışması, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Doktora Programı'nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmamda her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Figen BEYHAN'a, tez izleme jürimde yer alan Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU, Yrd. Doç. Dr. Nihan ENGİN'e teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım sırasında gösterdikleri yardım ve desteklerinden dolayı eşim Erkan AYDIN'a, eşimin ailesine, annem Sevinç CELAP'a, babam Abdullah CELAP'a, kardeşlerim Melek ve Nilgün CELAP'a teşekkürlerimi iletirim. Varlığının bana güç verdiğiğine inandığım biricik oğlum Yiğit Özer'e teşekkür ederim.

Özlem AYDIN
Ocak 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç	2
1.3. Literatür Araştırması	4
1.4. İklimsel Konfor Gereksinmesi	9
1.4.1. Isı Yalıtımı	12
1.4.2. Yapılarda Isı Etkilerinden Korunmanın Önemi	13
1.4.3. Duvarlarda Isı Yalıtımı	15
1.4.3.1. Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları	16
1.4.3.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları	19
1.4.3.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)	20
1.4.3.4. Havalandırmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları(Giydirme Cephe)	22
1.4.4. Pencerelerde Isı Yalıtımı	23
1.4.5. Çatılarda Isı Yalıtımı	24
1.4.6. Döşemelerde Isı Yalıtımı	26
1.4.6.1. Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı	26
1.4.6.2. Zemine Oturmayan Döşemelerde Isı Yalıtımı	27
1.4.7. Toprakaltı Dış Duvarlarında ve Temel Uygulamalarında Yalıtım	28

1.5.	Isı Yalıtım Malzemeleri	28
1.5.1.	Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri	31
1.6.	Ülkemizde Isı Yalıtımın Tarihçesi	36
1.6.1.	Dış Ülkelerde Isı Yalıtımı ile İlgili Yapılan Yönetmelik ve Çalışmalar	39
1.6.2.	TS 825 Isı Yalıtım Standardı	40
1.6.3.	Ülkemizde Yalıtım Sektörünün Gelişimi	44
1.7.	Enerji Tasarrufunda Isı Yalıtımının Önemi	48
1.7.1.	Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasında Kullanılan Tasarım Parametreleri	55
1.7.1.1.	Dış İklim Verilerinin Belirlenmesi	55
1.7.1.2.	İç İklim Verilerinin Belirlenmesi	56
1.7.2.	Yıllık Enerji Giderlerinde Etkili Olan Yapay Çevresel Etkenlerin Belirlenmesi	56
1.7.2.1.	Binanın Yeri	56
1.7.2.2.	Binanın Diğer Binalara Göre Konumu	57
1.7.2.3.	Binanın Formu	57
1.7.2.4.	Binanın Yönlendiriliş Durumu	57
1.7.2.5.	Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri	57
1.7.3.	Konutlarda Enerji Giderlerinin Hesaplanması	58
1.8.	Ülkemizde Enerji Verimliliği Konusunda Yapılan Çalışmalar	59
1.8.1.	Enerji Performans Belgesi	62
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	65
2.1.	Çalışma Alanının Seçilmesi	65
2.2.	Örnek Konut Bloklarında Isıl Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi	67
2.3.	Konutlarda Yıllık Enerji Harcamalarını Azaltmayı Hedefleyen Dış Kabuk Alternatiflerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem	67
2.3.1.	TS 825 Hesap Programı.....	68
2.3.2.	Design Builder Simülasyon Programı	71
2.3.3.	Alternatif Duvar Konstrüksiyonlarının Oluşturulması	72
2.3.4.	Alternatif Duvar Konstrüksiyonlarında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri	74

3.	BULGULAR	76
3.1.	Çalışma Alanının Genel Özellikleri	76
3.1.1.	Trabzon İlinin İklim Verileri	79
3.1.2.	Binaların Form ve Yerleşim Analizi	80
3.1.3.	Yapım Sistemleri	81
3.1.4.	Enerji Tüketimi	81
3.1.5.	Örnek Konutlar ve Kabuk Özellikleri	82
3.2.	Anket Çalışmasına Ait Bulgu ve Değerlendirmeler	83
3.2.1.	Örneklemin Büyüklüğü	83
3.2.2.	Anket Formuna Ait Verilerin Analizleri	84
3.2.2.1.	Kullanıcı Profili ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi	84
3.2.2.2.	Genel Bilgiler ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi	87
3.2.2.3.	Isıl Konfor ve Isı Yalıtımı ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi ...	90
3.2.2.4.	Binanın Genel Isıtma Sistemi ile İlgili Olarak Apartman Yöneticisi ile Yapılan Anket Çalışmasının Değerlendirilmesi ..	100
3.2.2.5.	Örnek Konut Bloklarında Isıl Konfor Koşullarının SPSS Programına Göre Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi	101
3.2.2.5.1.	Aralarında İlişki Saptanan Verilere Ait İrdemeler	102
3.2.2.5.2.	Memnuniyet Sorularına Ait İrdemeler	109
3.2.2.5.3.	Sıralama Sorularına Ait İrdemeler	109
3.3.	Boztepe ve Bahçecik Semtine Ait Bulgular	112
3.3.1	Boztepe Semtine Ait Bulgular	112
3.3.1.1	Mavişehir Sitesi	113
3.3.1.1.1	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	116
3.3.1.1.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	120
3.3.1.1.3.	Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım	125
3.3.1. 2	İremkent Sitesi	130
3.3.1.2.1.	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	133
3.3.1.2.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	137
3.3.1.2.3.	Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım	142
3.3.1.3.	Tepepark Sitesi	146
3.3.1.3.1.	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	149
3.3.1.3.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	153

3.3.1.3.3.	Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım	158
3.3.1.4.	Mimoza Sitesi	163
3.3.1.4.1.	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	166
3.3.1.4.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	171
3.3.1.4.3.	Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım	175
3.3.1.4.4.	Örnek Binanın Design Builder Simülasyon Programında Değerlendirilmesi	180
3.3.1.4.5.	Design Builder Simülasyon Programında Yapılan Uygulamalar...	181
3.3.1.4.6.	Mevcut Projenin Simülasyonu	182
3.3.1.4.7.	TS 825'e Göre Opak Bileşen Alternatiflerinin Oluşturulması ve Enerji Giderlerinin Hesaplanması	184
3.3.1.4.7.1.	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	185
3.3.1.4.7.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	187
3.3.1.4.7.3.	Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım	189
3.3.1.4.8.	TS 825'e Göre Opak Bileşen Alternatiflerinin Değerlendirilmesi..	191
3.3.2.	Bahçecik Semtine Ait Bulgular	192
3.3.2.1.	TOKİ Sitesi	193
3.3.2.1.1.	Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım	196
3.3.2.1.2.	Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım	200
3. 4.	TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı ve Design Builder Simülasyon Programı ile Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi	205
3.4.1.	Boztepe Semtindeki Örnek Konutlar	205
3.4.2.	Bahçecik Semti TOKİ Konutları	213
4.	İRDELEME	218
4.1.	TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı ve Design Builder Simülasyon Programı ile Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi.....	218
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	222
5.1.	Sonuçlar.....	222
5.2.	Öneriler.....	224
6.	KAYNAKLAR.....	225
7.	EKLER.....	231
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Enerji tüketiminin en fazla konut sektöründe olması enerji tasarrufunda yalıtımın önemini arttırmaktadır. Son yıllarda içinde bulunduğu bölgesel ve iklimsel verilerden bağımsız olarak inşa edilen binalar yüzünden yapı sektörü, ülke ekonomisini ve büyük bir sorun olan enerji kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, enerjiyi bilinçli kullanma kaygıları ile tasarlanan, uygun yapı malzemeleri ve yapı detaylarıyla donatılan günümüz konutlarının gerçekleştirilmesinde mal sahibi-tasarımcı-uygulamacı-kullanıcı ilişkileri çerçevesinde ortaya çıkan sonuç ürünlerin enerji politikaları ile uyumu göz önünde tutularak etkin çözüm önerilerinin sunulması gerekmektedir.

Beş ana bölümden oluşan tezin amacı, ortaya koyacağı sonuçlar ve bu konuda yapılan çalışmalar literatür araştırmasıyla birlikte giriş kısmında açıklanmıştır. İkinci bölümde, tez çalışmasının amacını destekleyen iki alan çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaların ilkinde Trabzon ili Boztepe ve Bahçecik semtlerinde alan çalışması dahilinde seçilen mevcut konutlarda ısı konfor koşullarını değerlendirmek ve mevcut durumun olumsuz etkilerini ortaya koymak amacı ile kullanıcılarla anket çalışması yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde SPSS programı kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde alan çalışması dahilinde seçilen konutların mevcut durumlarının saptanması ve ısı korunumu açısından analizleri yapılmıştır. Mevcut durumun saptanmasından sonra bu konutlar için alternatif olarak üretilen yeni konstrüksiyon tiplerinin analizleri yapılmıştır.

Üçüncü bölümde alan çalışmasında yapılan çalışmalarda ortaya çıkan sorunların istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Dördüncü bölümde, irdelenen çalışmaların sonuçları belirtilmiştir. Beşinci bölümde, 2. derece gün bölgesinde bulunan Trabzon ilinde yapılan çalışmanın Türkiye genelinde ısı yalıtımının kullanımına ve doğru duvar konstrüksiyonu seçimlerine ilişkin öneriler oluşturularak nitelikli konut inşaatında yardımcı bir kaynak oluşturulması ve yapı sektörüne kaynak olabilecek öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, Yapı Dış Kabuğu, Isı Kaybı, Enerji, Isıl Konfor.

SUMMARY

Investigation of Relationship Between Energy Efficiency and Insulate Applications On Vertical Outer Shell of Building

That housing sector alone accounts for the most of energy consumption increases the significance of isolation in energy conservation. Due to the buildings which have been erected in recent years with no regard to local and climatic data concerning their location, building sector affects adversely national economy and energy consumption, an important problem. Therefore, by considering harmony of end products rising within the frame of owner – designer – builder – user relationship, efficient solution offers must be suggested in establishing today's dwellings accommodated with proper construction components and elements and designed regarding concerns over consuming energy consciously.

The aim of this dissertation consisting of 5 main sections, results which it will present and the studies conducted on this subject are expressed in the introduction together with literature review. In the second section, two field surveys supporting the aim of the dissertation was conducted. The first survey aimed at determining the dwellings chosen within the field survey covering the districts, Boztepe and Bahcecik, in the city of Trabzon, and a questionnaire study with residents was conducted in order to evaluate conditions concerning thermal comfort at present dwellings and introduce negative effects of the current situation. SPSS program was applied in evaluating the data. The second survey analyzed these dwellings in terms of heat protection and new construction types produced as alternatives to these dwellings.

In the third section, the results obtained from the studies which were performed in the field survey were statistically evaluated. In the fourth section, the results of the studies examined were declared. In the fifth section, applying thermal isolation and choosing appropriate wall construction are suggested. Besides this, it is emphasized that a supplementary reference for building qualified constructions is required throughout the country as a result of the field study conducted in Trabzon located in the second degree day region.

Key Words: Thermal Isolation, Outer Shell of Construction, Heat Loss, Energy, Thermal Comfort

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Konfor grafiği	10
Şekil 2. İç ortam sıcaklığı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi	11
Şekil 3. Dış duvarlarda dıştan yalıtım detayları	17
Şekil 4. Dış duvarlarda içten yalıtım detayı.....	20
Şekil 5. Türkiye (a) ve yurt dışında (b),(c) uygulanan çift duvar arası ısı yalıtım detayları	21
Şekil 6. Giydirme cephe sistemlerde dıştan havalandırmalı yalıtım detayı...	22
Şekil 7. Çatı konstrüksiyonları	24
Şekil 8. Çatılardaki yalıtım kalınlıklarının değişim	25
Şekil 9. Avusturya’da binalarda enerji tüketimi	40
Şekil 10. Türkiye’de ısı yalıtım pazar miktarı	46
Şekil 11. Duvarların yalıtım kalınlıkları-Avrupa 1982-2001	48
Şekil 12. Almanya ve Türkiye’deki binalarda enerji kaybı limitleri	49
Şekil 13. Enerji tüketiminin sektörel dağılımı	49
Şekil 14. Konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO emisyonları	50
Şekil 15. Konutlarda yıllık enerji kaybı	51
Şekil 16. Duvarlarda meydana gelen enerji kaybı	51
Şekil 17. Türkiye’deki CO2 emisyonlarının sektörel dağılımı	52
Şekil 18. İZODER TS 825 Hesap Programı akış şeması	67
Şekil 19. Alternatif önerilere ait sistem kesitleri	72
Şekil 20. Çalışma alanının harita üzerindeki yeri	76
Şekil 21. Mevcut bina sistem kesiti	82
Şekil 22. Deneklerin kişisel bilgileri (cinsiyet ve yaş dağılımı)	85
Şekil 23. Eğitim durumu	85
Şekil 24. Deneklerin kişisel bilgileri	86
Şekil 25. Deneklerin daha önce yaşadıkları semtler.....	86

Şekil 26.	Deneklerin daha önce yaşadıkları konut tipi ve konutun ısıtma sistemi	87
Şekil 27.	Deneklerin mülkiyet durumları ve konutta yaşama süreleri	87
Şekil 28.	Yaşanılan sitenin seçilme nedenleri	88
Şekil 29.	Deneklerin yaşadıkları katlar	88
Şekil 30.	Konutlarda güneş ışığının ve konut ısısının yeterlilik düzeyi	89
Şekil 31.	Konutlarda küflenme ve terleme durumu	89
Şekil 32.	Konutlarda küflenme görülen mekanlar	90
Şekil 33.	Konutun ısıtma sisteminden memnuniyet düzeyi	90
Şekil 34.	Deneklerin ek ısıtma aracı kullanma durumu ve kullanım dönemleri	91
Şekil 35.	Isıtma işleminin tercih edildiği zaman dilimleri	91
Şekil 36.	Konut iç ortam sıcaklığının değerlendirilmesi	92
Şekil 37.	Isınma için harcanan para hakkındaki görüşler	92
Şekil 38.	Konuttaki mekanların sıcaktan soğuğa doğru derecelendirilmesi.....	93
Şekil 39.	Dış duvarlarda gece ısının korunup korunmama durumu	93
Şekil 40.	Peteklerin önünün açık/kapalı olma durumu	94
Şekil 41.	Konutlarda petek boyutlarından memnuniyet düzeyi	94
Şekil 42.	Petek boyutlarında yapılan ve yapılmayan değişiklikler	95
Şekil 43.	Petek boyutlarında değişiklik yapılan ve yapılması düşünülen mekanlar	95
Şekil 44.	Deneklerin konutlarının ısı yalıtım özellikleri hakkında bilgi sahibi olup olmama durumu	96
Şekil 45.	Konutlarda yapılan ve yapılması düşünülen ek ısı yalıtımı	96
Şekil 46.	Konutlarda ek ısı yalıtımı yapılan ve yapılması düşünülen yapı elemanları	97
Şekil 47.	Konutlarda yapılan ısı yalıtımının ilişkili oldukları kavramlar	97
Şekil 48.	Deneklerin bildikleri ısı yalıtım malzemeleri ve kavramları	98
Şekil 49.	Isı yalıtımı yapılan elemanlar	99
Şekil 50.	Konutlardaki yalıtım türlerinin önem dereceleri	99
Şekil 51.	Isıl konfor açısından memnuniyet düzeyi	100
Şekil 52.	Kaloriferlerin günde kaç kez yanma süreleri	101

Şekil 53.	Boztepe semti konut blokları	112
Şekil 54.	Konutların form ve yerleşim düzenleri	112
Şekil 55.	Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 1	113
Şekil 56.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	119
Şekil 57.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	119
Şekil 58.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	124
Şekil 59.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	124
Şekil 60.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	129
Şekil 61.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	129
Şekil 62.	Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 2	130
Şekil 63.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	136
Şekil 64.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	136
Şekil 65.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	140
Şekil 66.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	141
Şekil 67.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	145
Şekil 68.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	145
Şekil 69.	Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 3	146
Şekil 70.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	152
Şekil 71.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	153
Şekil 72.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	157
Şekil 73.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	157
Şekil 74.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	162

Şekil 75.	Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	162
Şekil 76.	Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 4	163
Şekil 77.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	169
Şekil 78.	Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	170
Şekil 79.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	174
Şekil 80.	Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	174
Şekil 81.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	179
Şekil 82.	Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	179
Şekil 83.	Örnek Bina 4'ün formu	181
Şekil 84.	TS 825'e göre Bina 4'ün mevcut durum kabuk detayları	182
Şekil 85.	TS 825'e göre Bina 4'ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları	185
Şekil 86.	TS 825'e göre Bina 4'ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları	187
Şekil 87.	TS 825'e göre Bina 4'ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları	189
Şekil 88.	Bahçecik semti konutları	193
Şekil 89.	Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 5	193
Şekil 90.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	199
Şekil 91.	Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	199
Şekil 92.	Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıplar	203
Şekil 93.	Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları	204
Şekil 94.	Toplam ısı kayıpları	205
Şekil 95.	EPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı	206
Şekil 96.	XPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı	207
Şekil 97.	Taş yünü yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı	207
Şekil 98.	Yalıtım kalınlıkları	208

Şekil 99.	EPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti	208
Şekil 100.	XPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti	209
Şekil 101.	Taş yünü yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti	209
Şekil 102.	Yalıtım malzemelerinin kalınlıklarına bağlı olarak tasarruf edilen enerji miktarları	210
Şekil 103.	Alternatiflerde kullanılan yalıtım malzemesine göre tasarruf edilen yıllık enerji harcaması ile yalıtım kalınlığı ilişkisi	210
Şekil 104.	Geri ödeme süreleri	211
Şekil 105.	1. ve 2. Hesap yönteminde görülen toplam ısı kayıpları	211
Şekil 106.	1. ve 2. Hesap yönteminde görülen yıllık enerji giderleri	212
Şekil 107.	1. ve 2. Hesap yönteminde ısıtma için harcanan yakıt miktarı	212
Şekil 108.	1. ve 2. Hesap yönteminde harcanan yalıtımın maliyeti	213
Şekil 109.	TOKİ Konutlarında mevcut ve alternatif durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları	213
Şekil 110.	TOKİ Konutlarında EPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları	214
Şekil 111.	TOKİ Konutlarında XPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları	214
Şekil 112.	TOKİ Konutlarında taş yünü yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları	215
Şekil 113.	TOKİ Konutlarında yalıtım maliyeti (TL)	216
Şekil 114.	TOKİ Konutlarında alternatiflerin tasarruf edilen enerji miktarları..	216
Şekil 115.	TOKİ Konutlarında ısıtma enerjisi giderleri	217

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Isı yalıtım malzemeleri	30
Tablo 2. Isı izolasyonu malzeme karşılaştırma tablosu	34
Tablo 3. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri	38
Tablo 4. İzin verilen ısıtma ihtiyacı sınır değerlerinin değişimi	38
Tablo 5. Farklı derece gün (Dg) bölgeleri için dış sıcaklık değerleri	42
Tablo 6. Bölgelere ve ara değer Atop/Vbrüt oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q' nun hesaplanması	44
Tablo 7. Kişi başına düşen ısı yalıtım malzemesi tüketimi	46
Tablo 8. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri tüketimi	46
Tablo 9. TS 825'in sağladığı enerji tasarrufunun ekonomik büyüklüğü	50
Tablo 10. ENERBED bilgisayar programı ile yalıtımlı ve yalıtımsız bir binadaki tüketilebilecek yakıt miktarı ve maliyeti	52
Tablo 11. Yalıtım derecelerine göre ısı ihtiyacı	53
Tablo 12. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumunda tüketilebilecek yıllık yaklaşık yakıt miktarı	54
Tablo 13. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumunda olası hava kirletici atık miktarları	54
Tablo 14. Tuğla, gazbeton ve betonarme duvarda EPS, XPS ve taş yünü kullanılarak oluşturulan duvar konstrüksiyonları	73
Tablo 15. Hesaplama kullanılan EPS'nin kalınlık ve fiyat listesi	75
Tablo 16. Hesaplama kullanılan XPS'nin kalınlık ve fiyat listesi	75
Tablo 17. Hesaplama kullanılan taş yününün kalınlık ve fiyat listesi	75
Tablo 18. Boztepe semti genel yerleşimi	77
Tablo 19. Bahçecik semti TOKİ Konutları genel yerleşimi	78
Tablo 20. Ayların iklim verileri bulunan gün sayıları	80
Tablo 21. Trabzon ili 2008 yılına ait ısıtma(Heating Degree Day) ve soğutma (Cooling Degree Day) gün dereceleri	80
Tablo 22. TS-825 Standardına göre Trabzon ilinin de içinde bulunduğu 2. Bölge için aylık ortalama dış hava sıcaklıkları	80

Tablo 23.	Yaşanılan kat ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları	102
Tablo 24.	Yaşanılan kat ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları	103
Tablo 25.	Konutun güneş alma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları	103
Tablo 26.	Konutun güneş alma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları	103
Tablo 27.	Konut ısısının yeterli olup olmama durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları	104
Tablo 28.	Konut ısısının yeterliliği ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları	104
Tablo 29.	Isıtma memnuniyet düzeyi ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları	105
Tablo 30.	Isıtma sistemi memnuniyet düzeyi ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları	106
Tablo 31.	Ek ısıtma aracı kullanma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları	107
Tablo 32.	Ek ısıtma aracı kullanma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları	107
Tablo 33.	Semt ile konut dış duvarlarında ısının korunup korunmama durumuna ait çapraz tablo sonuçları	108
Tablo 34.	Önceki konutun ısıtma tipi ile şu an yaşanılan konutta ısı konfor açısından memnuniyet durumuna ait çapraz tablo sonuçları	108
Tablo 35.	Sitenin seçilmesindeki nedenlere ait önem düzeyleri	110
Tablo 36.	Mekanların sıcaktan soğuğa derecelendirilmesine ait önem düzeyleri	110
Tablo 37.	Isı yalıtımının verilen kavramlarla ilişkisine ait önem düzeyleri	111
Tablo 38.	Konutlarda istenilen yalıtım türlerinin önem düzeyleri	111
Tablo 39.	Bina kimlik kartı (Örnek Bina 1)	113
Tablo 40.	Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 1)	114
Tablo 41.	Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri	115
Tablo 42.	Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar	116
Tablo 43.	Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar	117
Tablo 44.	Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar	117

Tablo 45.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	118
Tablo 46.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	120
Tablo 47.	Öneri 2.a: 6cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	121
Tablo 48.	Öneri 2.b: 5cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	122
Tablo 49.	Öneri 2.c: 6cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar	122
Tablo 50.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	123
Tablo 51.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	125
Tablo 52.	Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar	125
Tablo 53.	Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar	126
Tablo 54.	Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar	127
Tablo 55.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	128
Tablo 56.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	130
Tablo 57.	Bina kimlik kartı (Örnek Bina 2)	131
Tablo 58.	Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 2)	131
Tablo 59.	Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri	132
Tablo 60.	Öneri 1.a: 7cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar	133
Tablo 61.	Öneri 1.b: cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar	134
Tablo 62.	Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar	134
Tablo 63.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	135
Tablo 64.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	137
Tablo 65.	Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	137
Tablo 66.	Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	138
Tablo 67.	Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar	139
Tablo 68.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	140
Tablo 69.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	141
Tablo 70.	Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar	142

Tablo 71.	Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar	143
Tablo 72.	Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar	143
Tablo 73.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	144
Tablo 74.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	146
Tablo 75.	Bina kimlik kartı (Örnek Bina 3)	147
Tablo 76.	Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 3)	147
Tablo 77.	Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri	149
Tablo 78.	Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar	149
Tablo 79.	Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar	150
Tablo 80.	Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar	151
Tablo 81.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	152
Tablo 82.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	153
Tablo 83.	Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	154
Tablo 84.	Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	155
Tablo 85.	Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar	155
Tablo 86.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	156
Tablo 87.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	158
Tablo 88.	Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar	158
Tablo 89.	Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar	159
Tablo 90.	Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar	160
Tablo 91.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	161
Tablo 92.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	163
Tablo 93.	Bina kimlik kartı (Örnek Bina 4)	164
Tablo 94.	Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 4)	164
Tablo 95.	Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri	166
Tablo 96.	Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar	166
Tablo 97.	Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar	167

Tablo 98.	Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar	168
Tablo 99.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	169
Tablo 100.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	170
Tablo 101.	Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	171
Tablo 102.	Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	172
Tablo 103.	Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar	172
Tablo 104.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	173
Tablo 105.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	175
Tablo 106.	Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar	175
Tablo 107.	Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar	176
Tablo 108.	Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar	177
Tablo 109.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	178
Tablo 110.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	180
Tablo 111.	Hesaplama kullanılan EPS'nin kalınlık ve fiyat listesi	180
Tablo 112.	Malzemelerin fiziksel özellikleri	182
Tablo 113.	Bina 4'ün aylık enerji giderleri	183
Tablo 114.	Mevcut bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları (kWh)	183
Tablo 115.	Tuğla, gazbeton ve betonarme duvarda EPS kullanımını ile oluşturulan opak bileşen alternatifleri	184
Tablo 116.	Örnek Bina 4'ün opak kısmı tuğla olduğu durumda U değerlerinin TS 825'i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri	186
Tablo 117.	Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları (kWh)	186
Tablo 118.	Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri	187
Tablo 119.	Bina 4'ün opak kısmı gazbeton olduğu durumda U değerlerinin TS 825'i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri	188
Tablo 120.	Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları (kWh)	188

Tablo 121.	Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri	189
Tablo 122.	Bina 4'ün opak kısmı betonarme olduğu durumda U değerlerinin TS 825'i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri	190
Tablo 123.	Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları (kWh)	190
Tablo 124.	Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri	191
Tablo 125.	Farklı dış duvar alternatiflerinin ısı kayıp ve kazançları (kWh).....	192
Tablo 126.	Dış duvar alternatiflerinin yıllık enerji giderleri	192
Tablo 127.	Bina kimlik kartı (Örnek Bina 5)	194
Tablo 128.	Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 5)	194
Tablo 129.	Mevcut ve TS 825'e uygun U değerler	195
Tablo 130.	Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar	196
Tablo 131.	Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar	197
Tablo 132.	Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar	197
Tablo 133.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	198
Tablo 134.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	200
Tablo 135.	Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	200
Tablo 136.	Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar	201
Tablo 137.	Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar	202
Tablo 138.	Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q ₁ (kWh/m ³) değerleri	203
Tablo 139.	Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi	204
Tablo 140.	Puanlama tablosu	221
Tablo 141.	Alternatiflerin puanlaması	221

SEMBOLLER DİZİNİ

A_d	: Dış hava ile temas eden döşeme alanı, m ²
ASHRAE	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği
A_{top}	: Isı kaybı gerçekleşen toplam yüzey alanı, m ²
BS	: İngiliz Standardı
c	: Özgül ısı, kg/kg° C
CDD	: Soğutma Gün Derecesi
CEN	: Avrupa Standartlar Komitesi
d	: Opak bileşeni oluşturan katmanların kalınlıkları, m
DIN	: Alman Standardı
EIE	: Elektrik İşleri Etüd İdaresi
ESCO	: Energy Saving Companies
EURIMA	: Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği
g_{i,ay}	: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
GTZ	: Alman Teknik İşbirliği
H	: Binanın özgül ısı kaybı, W/K
HDD	: Isıtma Gün Derecesi
H_h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K
H_i	: İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, W/K
H_u	: Tesiste yakılacak yakıtın alt ısıl değeri, kJ/kg
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
kPa	: Basma mukavemeti
m	: Bir ısıtma mevsimi için gerekli olan yakıt ihtiyacı, m ³
n_h	: Hava değişim sayısı, h-1
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
q	: Kabuk elemanının birim alandan kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m ²
Q	: Kabuk elemanının kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m ²
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
Q_h	: Binanın ısıtma yükü, W

Q_{yıl}	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, J
r_{i,ay}	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
r_o	: Yansıtıcılık katsayısı
SEG	: Sera Gazları Emisyon Göstergesi
t	: Zaman, s
T_d	: Aylık ortalama dış sıcaklıklar, ° C
t_d	: Dış hava sıcaklığı, ° C
T_{d,ay}	: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, ° C
t_{ec}	: Saydam bileşeni etkileyen sol-air sıcaklık, ° C
t_{eco}	: Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, ° C
t_{eo}	: Opak bileşeni etkileyen sol-air sıcaklık, ° C
t_{eo0}	: Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, ° C
T_i	: Aylık ortalama iç sıcaklıklar, ° C
t_i	: İç hava sıcaklığı, ° C
T_{i,ay}	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, ° C
TS	:Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
U_c	: Saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² ° C
U_{c1}	: Saydam bileşenin tek camlı olması durumunda toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² °C
U_{cn}	: Saydam bileşenin çift camlı olması durumunda toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² °C
U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
U_o	: Opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m ² ° C
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
U_t	:Zemine oturan tabanın / döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m ² K
V₁	: Hacimsel hava değişim hızı, m ³ /h
V_{top}	: Bina toplam hacmi, m ³
x	: Saydamlık oranı
Z	: İklim koşullarına göre tesisatın yıllık çalışma süresi, gün
z	: Tesisin günlük çalışma süresi, h

η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
η_k	: Isı üreticisinin toplam verimi
λ	: Opak bileşeni oluşturan katmanların ısı iletkenlik katsayıları, W/m°C
λ_1	: Bileşenin iç yüzeydeki malzemenin ısı iletkenliği, W/m°C
ρ	: Yoğunluk, kg/m ³
τ_o	: Geçirgenlik katsayısı
$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları, W
$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar, W
$1/\alpha_d$: Dış hava yüzeysel ısı iletim aracı, m ² °C/W
$1/\alpha_i$: İç hava yüzeysel ısı iletim aracı, m ² °C/W
$1/\Lambda$: Yapı bileşenin ısı geçirgenlik direnci

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanoğlu, barınağını yapmaya başladığı ilk çağlardan beri yaşadığı ortamın konfor koşullarını iyileştirmek için yalıtıma gereksinim duymuştur. İhtiyaçları doğrultusunda barınağını güneş, yağmur, soğuk hava, vahşi hayvanlar gibi dış etkenlerden korumak ve yalıtılmak zorunda kalmıştır. Mimaride endüstri devriminden önce bina, Vitruvius'un bahsettiği gibi, insanı öngörülemez doğadan koruyan bir araç, dış vre ile i vre arasındaki sınırdır.

Mevcut enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve enerji korunumu üzerinde etkin üzümlerden biri olan binalarda ısı yalıtımı uygulama çalışmaları dünyada özellikle 1900'l yılların ortalarında, Türkiye'de ise 1970'lerden itibaren önem kazanmaya başlamıştır. Bu alışmalar sonucunda yapı dış kabuğu i ve dış meknlar arasında ayırıcı bir eleman olmaktan ıkımış, içinde bulunduğu coğrafı konum ve iklimin etkisi ile kullanıcının konforunu sağlamaya yönelik farklı yapı bileşenleri ve elemanlarından oluşturulmaya başlanmıştır. Özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında endüstri devrimi ile birlikte gelişen yapı teknolojisine bağlı olarak, yapı elemanları incelmiş, hafiflemiş ve yapı kabuğu homojen yapısını kaybederek yeni sistemler oluşturulmuştur. Binalarda iç ortam konfor koşullarının elde edilmesinde ve sürdürülmesinde rol oynayan ısı yalıtım sistemleri de bu bütünün vazgeçilmez bir parçasıdır.

Hızlı kentleşme, endüstrileşme ve nüfus artışının bir sonucu olan enerji kullanımındaki büyük artış, fosil enerji kaynaklarının giderek azalması ve bu enerjileri elde ederken veya tüketirken, vre kirlenmesi ve ekolojik dengeyi bozmaları gibi sorunları da beraberinde getirmiştir [1]. Bu nedenle ısı konfor koşullarının sağlanması için harcanan enerjinin en aza düşürülmesi için son yıllarda yapı kabuğunda enerji etkin tasarımlar geliştirilmesi ile birlikte yenilenebilir enerji kaynakları araştırılıp tasarımlarda bunların kullanımı da yer almaya başlamıştır.

Yapıda dış kabuk kullanıcının dış kabuktan beklediği temel gereksinimlerin karşılanmasında olduğu kadar, enerji tasarrufu ve hava kirliliği, küresel ısınma gibi konularda da önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir vre

oluşturulmasında önemli bir yer tutan enerji etkin tasarımların temelinde yapı dış kabuğunda etkili bir yalıtımın sağlanması yer almaktadır.

İklimsel etkilerin yılın belirli dönemlerinde kontrol altına alınması için ek bir yapay enerji sistemi gerekmektedir. Ancak günümüzde bu sistemlerin girdileri olan enerji kaynaklarının azalması ve buna bağlı olarak maliyetin artması enerjinin ekonomik kullanımını ve tasarrufunu zorunlu hale getirmektedir. Yapay ısıtma ve soğutmada kullanılan enerji kaynaklarının yetersiz ve pahalı oluşu, kullanılan enerji kaynaklarının meydana getirdiği çevre kirliliği ve insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşması, yapay ısıtma ve soğutmaya harcanan enerji miktarlarının minimum düzeyde tutulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle; tasarımcılar, kullanıcılar ve karar organları binalarda harcanan enerji miktarlarını belirli bir seviyede tutmak için ısıtma enerjisi tasarrufuna yönelik çözümleri araştırmaya ve uygulamaya geçirmeye zorunludur.

1.2. Amaç

Ülkemizde son yıllarda konut sektöründe önemli bir artış gözlenmektedir. Enerji tüketiminin en fazla bu sektörde olması konutlarda enerji tasarrufunda yalıtımın önemini arttırmaktadır. Bu tez kapsamında ele alınan konu, enerji bilinçli bina tasarımında kullanıcıların iklimsel konforunu ve enerji ekonomisi gereği ısıtma enerjisi korunumu sağlayan bina konstrüksiyon çözümleri ile tasarım kararlarının enerji etkin bina tasarım sürecine nasıl yansıtılacağı probleminin araştırılması amaçlanmaktadır.

Var olan enerji bize bağlı olarak gelişen enerji politikaları ile uyumlu, enerjiyi bilinçli kullanma kaygıları ile tasarlanan ve uygun detaylarla donatılan günümüz konutlarının gerçekleştirilmesinde mal sahibi-tasarımcı-uygulamacı-kullanıcı ilişkilerinin irdelenmesi, bu ilişkiler çerçevesinde ortaya çıkan sonuç ürünlerin enerji politikaları ile uyumunun karşılaştırılması, olması gerekenlerin saptanması ve etkin çözüm önerileri ile uygulama detaylarının optimum koşullar içerisinde önerilmesi amacı gerçekleştirme sürecinde yapılması planlanan çalışmalardır.

Mimari kararların, yapı elemanları ve detaylar yoluyla konutlarda tüketilmesi zorunlu olan ısı miktarını azaltmayı öngören ilkeler ile oluşturulan dış kabuk konstrüksiyon çözümleri; uygulanmış örnekler üzerinden saptanarak birbirleri ile karşılaştırılacak, tasarlanma kriterleri belirlenecek ve en uygunu arayan mimarlara yardımcı bir kaynak oluşturulacaktır.

Planlama sürecinde yapılan çalışmaların ilgili yönetim mekanizmaları tarafından denetlenmesi ve bunun amacına uygun yapılması için danışmanlık merkezleri kurularak enerji verimliliğinin artırılması sağlanmalıdır. Avrupa Birliği ile uyum süreci yaşadığımız bu dönemde, inşaat sektöründe ısı yalıtımı, niteliksiz ve yanlış uygulamalar ile ciddi ve çözülmesi gerekli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Gerek pazar büyüklüğü, gerek nitelikli malzeme temini, gerekse yetiştirilebilir, nitelikli eleman açısından sektör, bu sorunun çözülebilmesi için fazlasıyla yeterlidir. Yetersiz olan konuyla ilgili bir politikanın benimsenemeyişi ve bu doğrultuda gerekli teknik ve idari düzenlemelerin yapılmayıdır. Bu düzenlemelerin gerçekleştirilebilmesi için hedefler belirlenmeli ve eksikler tespit edilmelidir. Bu amaçla yapılacak olan ve bu tez kapsamında irdelenecek çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Yalıtım Detayları

Isı yalıtımı yapmadan önce yalıtımın yapılacağı iklim bölgesi için ekonomik malzeme ve işçilik yöntemleri ile yapı fiziğine uygun detayların nasıl olması gerektiği belirlenmelidir.

Gelişmiş toplumlarda ulusal ve yerel imar yönetmelikleri ile yapı standartları, bina cinsine ve kullanım amacına uygun performansları dikkate alarak konuyla ilgili çözümler sunmaktadır. Ülkemizde ise bu düzenlemeler yetersiz ve çoğunlukla hatalı yapılmaktadır. Bu nedenle ilk aşamada ekonomik açıdan ve teknik açıdan uygun doğru yalıtım detayları belirlenmeli ve sektörde kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

2. Yalıtım Malzemeleri

Ülkemizde yalıtım malzemeleri, kullanıldıkları detay ve karşılımları gereken performanslar fazla dikkate alınmadan, çeşitli ulusal ve uluslar arası standartlara göre üretilmekte veya ithal edilerek piyasaya sürülmektedir. Gerek bu standartların bazılarının yetersiz oluşu, gerekse standartlar arası çelişkiler, tüketici veya uygulayıcının seçim yaparken hangi performanslara göre teknik verileri dikkate alacağı konusunda belirsizlik yaratmaktadır.

3. Uygulama

Uygulamada yeterlilik, yalıtımdan elde edilecek sonuç için birinci derecede etkili bir etkidir. Doğru detayın, doğru malzeme ile yanlış veya yetersiz uygulanması kesin başarısızlık demektir. Uygulama yapacakların, konuyla ilgili eğitimi; yeterliliklerinin tespiti ve uygulamalarının denetimi anlamındaki bu düzenlemeler, batı ülkelerinde ilgili meslek kolundaki sivil toplum örgütleri tarafından hazırlanmakta ve yürütülmektedir [2].

1.3. Literatür Araştırması

Yapı tasarımında ve inşasında yalıtımın rolü, yeri ve önemi üzerine ülkemizde ve dünyada yapılan pek çok çalışma mevcuttur.

Gölcü vd., iki farklı yalıtım malzemesi ve beş farklı yakıt kullanarak Türkiye'nin 3. iklim bölgesinde bulunan Denizli ili için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır [3]. Daha sonraki çalışmasında Dombaycı Denizli ili için yalnızca EPS yalıtım malzemesi ve kömür kullanarak bina dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Yakıt tüketiminin %46,6 oranında azalması ile CO₂ ve SO₂ emisyonlarının %41,53 oranında azaldığını belirlemiştir [4].

A. Yıldız çalışma alanını yapı dış kabuğu ile yapının diğer temel elemanları arasındaki ısı, su, nem akışının kontrolünü sağlayan çözüm önerilerini mevcut konutların düşey dış kabukları üzerinde yaptığı ısı yalıtım uygulamalarında ortaya koymuştur. Dış kabuğun kendisinden göstermesi beklenen performans ve kabuğu etkileyen ısı ve nem gibi fiziksel etkenlerin kontrolünün sağlanması konuları üzerinde durarak bu konuda uygulanabilir çözümleri 'çoktan aza geçiş', 'ayrı davranış ve özellikler' ve 'süreklilik' değerlendirmesine göre incelemiştir [5].

V. Ok "İklimsel Karaktere Bağlı Olarak Optimum Performans Gösteren Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesinde Geliştirilen Bir Yaklaşım" konulu doktora çalışmasında ise, iklimsel karaktere bağlı olarak optimum performans gösteren yerleşme yoğunluğunun belirlenmesi için bir yöntem önermiştir [6]. V. Ok'un 1988'de sonuçlanan diğer bir çalışmasında ise yeni konut binalarının ısısal performansının değerlendirilmesi, kullanıcılar üzerinde yapılan anketler ve alana bağlı enerji tüketimi göz önüne alınarak geliştirilen bir matematik modeli yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

G. Koçlar Oral, "Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım" konulu doktora çalışmasında hacimlerin pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesinde kullanılan bir yaklaşım geliştirmiştir [7]. G. Koçlar Oral'ın 1995 yılında tamamlanan "Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı" adlı araştırma çalışmasında Türkiye'nin 5 iklim bölgesi için iklimsel konfor ve görsel konfor koşullarının minimum enerji harcanarak sağlanabilmesi amacıyla konutların ve yerleşmelerin tasarlanmasında yol gösterici bazı sonuçlara ulaşılmıştır [8].

G. Manioğlu doktora çalışmasında, günün belirli saatlerinde kullanılan hacimler için, iklimsel konfor ve enerji ekonomisini sağlamak amacıyla, hacime ait kabuk elemanının ısı

performansının ısıtma sisteminin işletme şekline bağlı olarak değerlendirilmesinde kullanılabilir bir yaklaşım geliştirmiştir [9]. Bu çalışmada işletme şeklinin çalışma süresi göz önünde bulundurularak, en ekonomik olan işletme şeklinin seçilmesi, kabuk bileşeni iç yüzey sıcaklığının konfor değerlerine ulaşma sürelerinin hacmin kullanılış süresine göre değerlendirilmesi ve uygun kabuk alternatiflerinin seçilmesi sonucunu elde etmiştir.

İ. Ağa Gönül, “Zeminle Temas Eden Yapı Kabuğu İçin Ekonomik Isıl Yalıtım Kalınlığının Seçilmesinde Kullanılabilir Bir Model” konulu doktora çalışmasında, zeminle temas eden yapı kabuğu için ekonomik yarar açısından en uygun ısı yalıtım kalınlık seçeneğinin belirlenmesinde kullanılabilir bir optimizasyon modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır [10]. Çalışmada, öncelikle geliştirilecek optimizasyon modelinde kullanılabilir ne tür ısı yalıtım konfigürasyonları, optimizasyon prosedürleri ve hesaplama yöntemleri bulunduğu araştırılmış, daha sonra, bunlardan amaçlanan özelliklere sahip olanları belirlenerek yeni bir optimizasyon modeli için bir araya getirilmiştir

Ş. Dilmaç ve N. Eğrican çalışmalarında mekanlarda ısı konforunun sağlanmasında ve ısı yüklerinin karşılanmasında farklı malzemelerden oluşturulan duvar katmanlarının termofiziksel özelliklerinin etkilerini araştırmışlardır [11]. Bu kapsamda duvarların iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile ısı akılarının değişimleri ocak ayına ait meteorolojik koşullarda farklı duvar katmanları için tek boyutlu enerji denkleminin zamana bağlı olarak çözümlenmesiyle elde edilmiştir. Konfor koşullarının sağlanmasında etkili olan faz farkı ve sönüm oranı ile ısı depolama özelliklerinin değişimini de incelenmişlerdir.

D. Yolaçan çalışmasında yıllık enerji harcamalarını azaltan bina kabuğu alternatiflerinin belirlenmesini sağlayan çalışmasını 2. bölgede bulunan İstanbul yöresi ve Diyarbakır yöresinde yer aldığı varsayılan bir konut binası üzerinde uygulamıştır [12]. Bina için aynı ısı geçirme katsayısına sahip farklı kabuk alternatifleri geliştirilerek yıllık enerji harcamasını minimize eden alternatifleri belirlemiştir. Çalışmada 3 farklı hesap yöntemi kullanılmıştır. Bunlar;

1. Hesaplamaların zamana bağlı olmayan rejimde (denge rejimi) yapılması (1. hesap yöntemi)

Bu hesap yönteminde, gerçek atmosfer koşulları için gerekli yapay ısıtma ve soğutmanın istendiği dönemde kabuk elemanının birim alandan kaybedilen ve kazanılan

günlük ortalama saatlik ısı miktarları, günlük ortalama sol-air sıcaklıklarının (t_{eoo} , t_{eco}) dış dizayn sıcaklıkları olarak alındığı koşullar hesaplamalarda kullanılmıştır.

2. Hesaplamaların zamana bağlı rejimde yapılması (2. hesap yöntemi)

Bu yöntem, opak bileşenlerin iç yüzey sıcaklıklarının günlük değişimi ve hacminde gerçekleşen iç hava sıcaklığının günlük değişimi, bileşenin yalıtım kapasitesini tanımlayan özellikleri ihmal edilemeyeceğinden, zamana bağlı rejimde ısı geçişi kurallarına uygun olarak hesaplanması esasına dayanmaktadır.

3. Hesaplamaların binalarda ısı yalıtım kuralları standardı TS 825'in önerdiği yönetime bağlı olarak yapılması (3. hesap yöntemi)

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında yer alan hesaplama yöntemi ile bir bilgisayar programı yardımıyla kolaylıkla uygulanabilmektedir.

H. Ünalın tez çalışmasında geleneksel yapım teknikleri ile inşa edilmiş binaların yapı dış kabuğundaki elemanların ısı sorunlarına karşı performanslarını arttıracak ve ısı konforu sağlayacak çözümler ortaya koymuştur [13]. Çalışmasında örnek bina olarak Anadolu Üniversitesi Lojmanlarından C1 bloğunun yalıtımlı ve yalıtımsız durumları, ısı konfor ve performans değerleri ile ısı kayıp oranlarını karşılaştırarak incelemiştir. Matematiksel hesaplama yöntemi ile duvarların ısı kayıpları hesaplanmış ve değerlendirmesi yapılarak uygun yalıtım sistemleri ve malzemeleri karşılaştırılmıştır. Yöntem olarak TS 825’de de yer alan termodinamikteki ampirik formülleri içeren, “matematiksel hesaplama yöntemi” ile duvarların ısı kayıpları hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda uygulanabilir yalıtım sistemleri ve malzemeleri karşılaştırılmıştır. Serbest piyasa değerleri kullanılarak maliyet analizi yapılmış ve optimum ısı yalıtımı kalınlıkları bulunmuştur.

C. Altun, tasarım aşamasında farklı dış kabuk seçenekleri arasında buhar difüzyonu nedeni ile biriken nemin etkisindeki ısı ve nem ile ilgili bir değerlendirme ve bunun sonucunda bir seçim yapma olanağı veren veya var olan binaların dış kabuğunun ısı ve nem ile ilgili performansının değerlendirmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım ortaya koymuştur [14]. Ortaya koyulan yaklaşımla iki uygulama yapılmıştır. Uygulama çalışmalarında ilki farklı dış duvar tiplerinin Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde gösterdikleri ısı ve nem ile ilgili performanslarının tasarım sürecinin bir aşaması olarak değerlendirilmesidir. Diğer uygulamada ise İstanbul’daki bir binaya ait dış duvar örneği üzerinde yaklaşımının duyarlılığı ile sağladığı yararları örneklemiştir.

Özel ve Pıhtılı, Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığını ısıtma ve soğutma derecegün değerlerini göz önüne alarak hesaplamışlardır [15].

N. Akıncıtürk ve Y. Erbil'in yaptığı çalışmada Bursa'da bir toplu konut örneği ele alınarak TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı'na göre irdelenmiş ve standartta belirtilen koşulları sağlayacak şekilde bir iyileştirme modeli önerilmiştir [16].

N. Koçu ve Ş. Z. Korkmaz'ın yaptığı çalışmada yapılarda enerji tasarrufunun önemi ve ısı yalıtımsız yapıların çevre kirliliğine etkisini değerlendirmişlerdir [17]. Bu amaçla enerji tasarrufuna yönelik ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının TS 825'e göre değerlendirilmesi, iletim yoluyla gerçekleştirilen ısı kaybı sorunlarının araştırılmasında 3. iklim bölgesinde yer alan Konya'da bir yurt binası üzerinde çalışma yapılmıştır.

A. B. Karagözlü, tez çalışmasında yıllık enerji giderlerini azaltmayı hedeflemektedir. Çalışmada, enerji hesaplamaları bir bina enerji simülasyonu programı yardımıyla yapılmıştır. Enerji performansının değerlendirilmesi ve enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik geliştirilen alternatifler, bina kabuğunun ilk yatırım maliyeti ile birlikte değerlendirilmiştir [18]. Uygulama çalışmasında yapılan hesaplamalar E-QUEST adlı bina enerji simülasyon programı aracılığıyla yapılmıştır. Program günlük ve saatlik meteorolojik veriler doğrultusunda simülasyonu yapılan binanın yıllık enerji yüklerini ve enerji giderlerini hesaplayabilmektedir.

M. Bedir, "Konut Yapılarında Enerji Performansının Yükseltilmesine Yönelik Tasarım Aşamasında Energy -10 Programının Kullanılması ve Değerlendirilmesi" konulu yüksek lisans çalışmasında, konutta enerji performansının yükseltilmesine yönelik tasarım aşamasında kullanılan stratejileri değerlendirmiştir [19]. Alan çalışması olarak, Ankara'da konut gelişim alanlarından biri olan Gölbaşı mevkiindeki Doktorlar Sitesi'nden seçilmiş örnek konut üzerinden Energy-10 simülasyon programı yardımıyla, tasarım aşamasında enerji performansını yükseltmeye yönelik önlemler araştırılmış ve mevcut durumla karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonuçlarından yola çıkılarak Ankara'da konut sektöründe enerji etkinliği ve sürdürülebilirlik anlamında yapılabilecek çalışmalarla ilgili öneriler sunulmuş ve Energy-10'in tasarım aşamasında kullanılabilirliği irdelenmiştir.

S. Soyal "Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi" konulu tez çalışmasında; konut bloklarında yönlenme, kabuk U değeri, ekspozite duvar alanının pencere alanına oranı, kabuğun toplam ekspozite alanı, düşey zonlamada camla kapatılmış balkonların tampon bölge etkisi ve ısıtılmayan dairelerin ısıtılan dairelere ısıtma

yükü etkisi gibi tasarım parametrelerinin etkilerini analiz etmiştir [20]. Çalışmada yöntem olarak bina enerji performans simülasyonu ECOTECT 5.5V programı kullanılmıştır.

A. Hasan, optimum yalıtım kalınlığı için bir hesaplama yöntemi geliştirmiş ve Filistin'in Gazze Şeridi ve Batı Şeria bölgelerinde, dört farklı duvar modeli üzerinde uygulama yapmıştır. Farklı yakıt ve yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır [21].

K. Çomaklı ve B. Yüksel, Türkiye'nin en soğuk şehirlerinden olan Erzurum, Kars ve Erzincan için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır [22].

M. S. Mohsen ve B. A. Akash, binalarda farklı yalıtım malzemelerini kullanarak ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplamış ve genişletilmiş polistiren köpüğü duvar ve çatıda kullanarak %76.8 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır [23].

S. Gustaffson, İsveç'te yenilenmesi gereken binalarda ısıtma enerjisini minimum tutacak yalıtım uygulaması ve ısıtma sistemleri konusunda bir çalışma yapmıştır [24].

T. Aksoy ve M. İnallı dıştan ve içten yalıtımlı duvar ile sandviç duvar uygulamalarının, yönlere bağlı olarak ısıtma enerjisi tüketimini araştırmıştır [25].

A. Aytaç ve U. T. Aksoy, Elazığ ilinde bina duvarlarında ısı kayıplarını ve enerji tüketimini hesaplamış ve optimum yalıtım kalınlığı ve enerji kaynağı, duvar tipleri, maliyet ve geri dönüşüm süresi gibi parametreleri değerlendirmişlerdir [26].

M. Bekar, iklimsel konfor ve ekonomik verimliliği esas alarak farklı özelliklerdeki binalar için optimum duvar seçimini sağlayan bir bilgisayar programı hazırlamıştır [27]. Programda hesaplamalarda kullanılmak üzere malzemelerin termofiziksel özellikleri, ve m² birim fiyatları, tüm şehirlere ait iç ve dış iklimsel veriler, standart işletme biçimleri yakıt fiyatları veri tabanı olarak hazırlanmış, yapılan hesaplamalar sonucu ısı ve ekonomik verimlilik için dış duvar seçimi yapılmıştır.

B. Baysal, bir binanın ısısal performansına bağlı olarak, ilk yatırım ve işletme giderlerini dikkate almış ve ekonomik analiz yapmıştır [28]. Yöntemin amacı çeşitli tasarlanmış bina tiplerinin ilk yatırım ve kullanım maliyetlerini hesaplayıp, içlerinden en düşük "yaşam dönemi maliyeti" sağlayan seçeneği kriter olarak alıp, diğer seçeneklerin bu kriterlere göre düzeltilmesini sağlayacak yapı bileşeni ölçeğinde öneriler getirmektir.

G. C. Bakos ve diğerleri çalışmasında, konut veya başka bir binaya ait merkezi ısıtma sisteminde yakıt tasarrufu yapmak amacıyla, işletme biçiminin günlük döngüsünü dış hava sıcaklığına bağlı olarak farklı periyotlara bölmüştür [29].

S. Büyükyıldız çalışmasında, konutlarda yıllık enerji ihtiyacının modellenenebilmesi için hazırlanmış bir bilgisayar programı yardımıyla örnek iki bina üzerinde yapılan hesaplamalar sonucu iç hava sıcaklığını ve yakıt sarfiyatını kontrol etmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, kesintili çalışma durumunda farklı kontrol sistemlerine göre %10 ile %20 civarında yakıt sarfiyatının azaldığı görülmüştür [30].

İncelenen çalışmalarda, binalardaki ısı kayıplarının hesaplanmasından sonra, enerji ekonomisi açısından alınacak önlemler, ısıtma sistemlerinin işletme biçimi ile maliyetlerle ilgili ekonomik değerlendirmeler yapılmıştır.

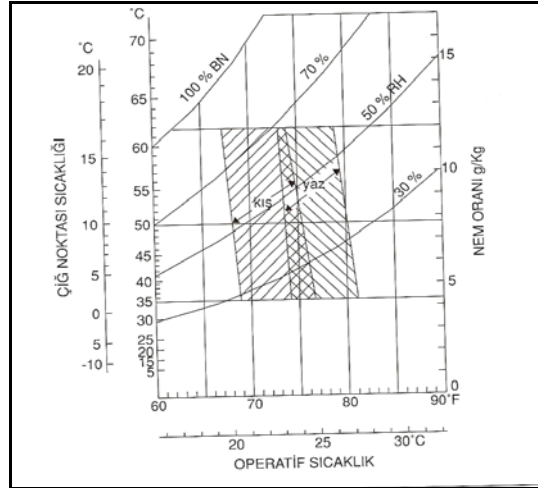
1.4. İklimsel Konfor Gereksinmesi

İnsanın iklimsel ihtiyaçları, yaşamını devam ettirebilmesi, sağlığında sürekliliğin sağlanması ve işindeki verimin artırılabilmesi için mutlaka karşılanması gerekenler biyolojik ihtiyaçları arasındadır. Konfor durumu, fizyolojik açıdan insanın çevresinde minimum düzeyde enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan çevresinden memnun olduğu koşullardır. En önemli konfor koşullarından biri olan iç ortam sıcaklığı; yapıyı çevreleyen duvarların, çevre sıcaklığı, güneş ışınımı, rüzgar hızı gibi dış atmosferik şartlarla etkileşimi sonucu değişmektedir.

Bina kabuğunun en önemli işlevlerinden biri iç çevrede ısı konfor koşullarının sağlanmasıdır. ASHRAE Standart 55-81'e göre ısı konfor kişinin iklimsel çevresinden tatmin olduğu koşullar olarak tanımlanmaktadır [Şekil 1]. Bina içinde insanın eylemlerini istenilen performansta gösterebilmesi için ısı konfor koşullarının yılın her dönemi için mutlaka sağlanması gereklidir. Söz konusu standartlara göre kullanıcıların %80 veya daha fazlasının çevrelerini iklimsel açıdan kabul ettikleri koşulları iklimsel konfor koşulları olarak tanımlamak mümkündür [31]. İklimsel konfor koşulları;

- İklimsel konfor ve enerji korunumunun sağlanmasını hedefleyen binalar için tasarım kriterlerinin,

- Binaların iklimsel konfor ve enerji korunumu açılarından değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde temel teşkil eder.



Şekil 1. Konfor grafiği

Dolayısıyla, iklimsel konfor koşulları bina içi çevrede insan sağlığı açısından sağlanması gereken iç iklim durumunun belirleyicileridir. Enerji korunumunun gerçekleştirilebilmesi için istenen iç iklim durumunun minimum yakıt tüketimi ile sağlanması zorunludur. Bu nedenle, iklimsel konfor koşullarının saptanması, enerji korunumunu hedefleyen binaların tasarlanması sürecinin başlangıç aşamasını oluşturmaktadır [32].

İklimsel konfor koşulları aynı zamanda, yaşayan bir bina hacminin gerçekleştireceği optimum iç iklim durumunu da tanımlamaktadır. İç iklimsel çevreyi meydana getiren, insanın konfor kombinezonlarının kurulmasında kullanılan iç iklimsel bileşenler;

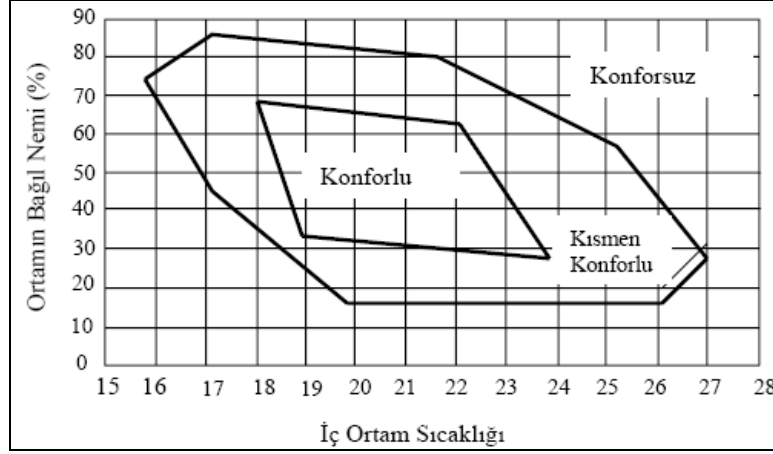
- İç hava sıcaklığı
- İç yüzey sıcaklıkları
- Havanın nemi
- Hava hareketi hızı ve

Bu bileşenler kullanıcıların;

- Aktivite düzeyi,
- Giysilerin ısı yalıtım direnci ve
- Kişinin hacim içerisindeki konumu, duruş şekli gibi kişisel faktörlere bağlı olarak iklimsel konfor düzeninde etkili olurlar [33].

İç hava sıcaklığı: Çevre havasının kuru termometre sıcaklığı, insanın çevresiyle taşınım (konveksiyon) yoluyla yaptığı ısı alışverişini belirleyen en önemli değişkendir. İnsan ile çevresi arasındaki ısı taşınımı, vücut yüzey sıcaklığı ile hava

sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Duvar ve döşemelerin sınırladığı iç ortam, yaz ve kış belirli sıcaklık derecelerinde tutulmaya çalışılır. Bu sıcaklık derecesi, kullanılan hacme ve hacmi kullanan kişilerin alışkanlıklarına göre 18°C ile 24°C arasında değişir [Şekil 2]. Sonuçta gerçekleşen vücut yüzey sıcaklığının iklimsel konforunu etkileyen en önemli değişkenlerden biri olduğu söylenebilir.



Şekil 2. İç ortam sıcaklığı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi

İç yüzey sıcaklıkları: Uzun dalga ısı ışınım insanın çevresiyle ısı alış verişi miktarını belirler. Açık mekanlarda güneş ışınımın etkisi önemli iken, kapalı mekanlar için mekanı çevreleyen yüzeylerin sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan ısı ışınım ağırlık kazanmaktadır. Bu nedenle kapalı mekanlarda iç yüzey sıcaklıkları iklimsel konfor için en önemli iklim elemanlarından biridir.

İç havanın nemi: Nemlilik, iklimsel konforu etkileyen ikincil bir etkidir. Hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı belirli sınırlarda kaldığı sürece bağıl nemliliğin değişimi iklimsel konforu fazla etkilememektedir. Vücuttan buharlaşma ile ısı kaybında etkilidir.

İç hava hareketi: Bu iklim elemanı iklimsel konfor üzerinde etkili olmakla beraber özellikle kapalı mekanlar için fazla etkinliği olmayan ikincil bir etkidir. Vücuttan buharlaşma ve konveksiyonla ısı kaybedilmesinde etkilidir.

İklimsel konfor koşullarının yapay hacimlerde sürekli olarak sağlanması gereklidir. Ancak yöresel iklim koşullarının zamana göre değişkenlik gösteren ekstrem değerleri nedeniyle, ısıtmanın istendiği dönemlerde insanın ısı gereksinmesi ancak yapay ısıtma ile sağlanabilir. Yapay ısıtmanın istendiği dönemde, dış hava sıcaklığı ile iç hava konfor

sıcaklığı arasındaki fark değeri, ısıtma gereksinmesinin veya binanın ısı kaybının miktarını belirler. Dış çevredeki belirli bir hava sıcaklığında, bina hacimleri içerisinde iç hava konfor sıcaklığı sağlanıyorsa, ısıtma gereksinmesi doğal olarak karşılanabiliyor demektir. Isıtmaya ihtiyaç duyulan dönemde iç ve dış hava sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması nedeniyle, ısıtma gereksiniminin doğal yollarla karşılanması imkansız olmaktadır. Bu durumda yapay ısıtmanın zorunluluğu ortaya çıkmaktadır [34].

1.4.1. Isı Yalıtımı

Binalarda ısı yalıtımı; mevsim şartlarına göre binayı ısıtmak veya soğutmak için sağlanan soğuk ya da sıcak havanın yapıdan/yapı elemanından geçişini kontrol altında tutarak ısı ekonomisi ve ısı konfor sağlamak amacıyla yapılır [35]. Ayrıca, binaların ısıtılmasının çevreye verdiği zararları ve hava kirliliğini azaltmak için alınan her türlü önlemlerle birlikte ısı yalıtımı yapıyı her türlü dış iklim etkilerinden koruyarak ömrünü uzatmakta ve yapının işletme maliyetini de düşürmektedir. Isı yalıtımı, binanın duvar, döşeme ve çatı elemanlarından ısı geçişini engellemek için çeşitli malzeme ve elemanlar kullanılarak yapılmaktadır.

Isı yalıtımı yapılmamış veya yanlış uygulanmış binalarda sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan ısıl gerilimler, bina dış kabuğunda ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Bu durum, bina ömrünün kısalmasına neden olmakta, yapı ömrü boyunca ciddi bakım ve onarım masrafları yaratmaktadır [36].

Geçmişten günümüze gelen konforlu ve yaşanabilir bina ihtiyacına bağlı olarak aktif ısıtma enerjisi de her zaman için kullanılmıştır. Enerji tüketiminin büyük bir bölümü binalarda aktif ısıtma enerjisinde kullanılmaktadır. Ancak ülkemizin enerji sorunu dikkate alındığında az enerji harcamak ve iç çevredeki ısı konforu sağlamak için bina dış kabuğunun yalıtımı kaçınılmaz olmaktadır. Enerji tüketimini en aza indirmek için bina kabuğu yalıtımı son yıllarda inşaat sektöründe önemli bir yere gelmiştir. Ülkemizde, ısı yalıtımı konusunda 1981 ve 2000 ve 2008 yıllarında düzenlemiş olan TS 825-Isı Yalıtım Yönetmeliği binalarda ısı yalıtımı yapılmasını şart koşmuştur.

Isı yalıtımının yukarıda hesaba katılmayan ikinci bir tasarruf imkânı daha bulunmaktadır. Bu imkân ise iç sıcaklıkların konfor şartlarını bozmadan düşürülebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bina dış kabuğunun ısı yalıtımı halinde dış kabuk iç yüzey sıcaklıkları yükselecektir. Bu durumda iç ortam sıcaklığını düşürmek

mümkündür. Çünkü hissedilen konfor sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ile çevreleyen yüzeylerin ortalama iç yüzey sıcaklıkları ortalaması olarak tanımlanır. İç ortam sıcaklığının düşürülmesi yakıt tüketimini de önemli ölçüde azaltır. Dolayısıyla yalıtımın ilave bir yakıt tasarrufu potansiyeli daha bulunmaktadır [37].

Binalarda ısı yalıtımı duvarlar, pencereler, tavan/çatı ve döşemelerde uygulanmaktadır. Yapı dış kabuklarının ısı yalıtımının artırılması için çatı, döşeme ve dış duvarlarda yalıtım kabiliyeti yüksek performanslı malzemeler kullanılmalıdır.

1.4.2. Yapılarda Isı Etkilerinden Korunmanın Önemi

Yapıların, duvar, çatı ve zeminleri yalıtımsız olarak inşa edilebildiği gibi, halen de yapılan uygulamaların büyük çoğunluğunda yeterli yalıtım uygulaması yapılmamaktadır. Yalıtımsız inşa edilen bu yapılarda yakıt sarfiyatının neden olduğu en önemli olumsuzluklar enerji kaynaklarının hızlı tüketimi ve hava kirliliğidir. Yapılarda gerekli ısı yalıtımı yapılarak bu olumsuzluklar ortadan kalkmasının yanında yapı içinde ısıl konforun sağlanması, yaz ve kış soğutma/ısıtma giderlerinin azalması mümkün olmaktadır.

Yapı içinde gerekli ısı yalıtımı yapılmadığı veya eksik yapıldığı durumlarda iç ortamın konfor sıcaklığı düşüktür. Bu durumda iç mekanda uygun olmayan hava akımları ortaya çıkmaktadır. Bu da iç ortamın konfor düzeyini düşürmektedir. Uygun yalıtımın yapılması ile iç duvarın yüzey sıcaklığı artırılarak uygun ortam koşulları sağlanmaktadır.

Ülkemizde yapılan yapılarda gerekli yalıtım önlemleri alınmadığında ve sonradan yapılan yalıtım uygulamaları da ek maliyet getirdiğinden bu çalışmalar hem enerjinin sarfiyatını hem de maliyeti arttırmaktadır.

Çok katlı binalarda ısı kayıplarının %6 bodrum, %17 hava kaçağı, %7 çatı, %30 pencerelerden ve %40 duvarlardan olduğu tespit edilmiştir. Konutlarda enerji tüketimi ise ortalama %80 ısıtma, %10 mutfak ve banyo, %10 elektrikli aletler, ütü, çamaşır, bulaşık makinesi, tv. vb. şeklindedir [38].

Tasarım aşamasında, mimar ve mühendislerin yapıların enerji gereksinimlerini yeteri kadar önemsemedikleri içinde kullanım süresi içinde gereğinden fazla enerji tüketilmektedirler. Tüketilen enerjinin fosil kaynaklı olmasına bağlı olarak çevre kirliliği meydana gelmektedir. Mimarlar daha tasarım aşamasında iken alacakları bilinçli kararları ile yapıların yenilenebilir olmayan enerjilere bağımlılıkları azaltılabilir, ekonomik kayıplar ve oluşması muhtemel olumsuz çevresel etkiler de önemli ölçüde önlenebilir [39].

Yapıların dış kabuğunu oluşturan duvarlarda hafif yapı elemanlarının ısı iletkenlik yönünden ekonomik olduğunu, ancak yeterli ısıl eylemsizlik sağlamadığını belirtmekte yarar vardır. Bir duvarın yüksek miktarda ısı biriktirebilmesi için kütlelerinin büyük olması gerekmektedir. Kütleleri büyük bir malzemenin ise yoğunluğu fazla olacağından ısı iletkenlik katsayısı da büyüyecek, sonuçta bu malzemeden yapılmış bir duvar fazla ısı depolayacak ve iletacaktır. Tasarımlarda bu özellik göz önünde tutularak iyi bir duvar için değişik katmanlardan oluşan ve optimum çözüm olabilecek bir kabuk kompozisyonu oluşturulması hedef alınmalıdır [40].

Yapılarda ısı etkilerinden korunmanın önemini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- İnsanların oturduğu veya çalıştığı binalarda ısı etkilerinden korunma; insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri açısından önemlidir.
- Isı etkilerinden yeterli olarak korunma sağlığa uygun, huzur verici hacimlerin elde edilmesinin ilk şartıdır.
- Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtma özelliklerine bağlıdır.
- Isı etkilerinden yeterli korunma, hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzey ve içlerinde terleme olayını, tesisat borularının donmasını ve bunlara bağlı olarak meydana gelen zararları önleyerek yapının bakım ve onarım giderlerini azaltır.
- Uygulanan ısı yalıtımının kalınlığına bağlı olarak, %30-80 arasında azalır ve bunun sonucundaki ısı ihtiyacı azalmasıyla yakıt ve enerji tasarrufu sağlanır.
- Yakıt tasarrufuna bağlı olarak ısıtma tesisatı masraflarından kazanç sağlanır.
- Daha az enerji ve yakıt tüketimi ile mekân içerisinde daha sağlıklı konfor koşulları elde edilir.
- Daha az yakıt kullanımı sonucunda hava kirliliğinde azalma ise iş verimi ve iş gücü artışını, hava kirliliğinin sebep olduğu hastalıkların azalmasını beraberinde getirir.
- Isıtma dönemi süresince iç hacim sıcaklığı artar; yaz döneminde ise binanın aşırı ısınması engellenir.
- Mekân içerisinde, kalorifer tesisatındaki azalma sonucu, daha geniş bir kullanım alanı elde edilir.
- Dış duvarlardaki ısıl gerilmeler azalır, böylece sıcaklık farkları sonucunda oluşan gerilme çatlakları meydana gelmez.

- Yalıtım için yapılacak masraf, toplam bina inşaat maliyetinin %1-3'ü kadar olup, kendisini 1-2 yıl içinde amorti edebilmektedir.

1.4.3. Duvarlarda Isı Yalıtımı

Duvarlar, yapı kabuğunda en fazla alana sahiptir. Bina dış duvarlarında binanın yüksekliği arttıkça ısı kaybı duvar yüzeyinin alanın büyümesine bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle duvarlar; binalarda ısı konforun sağlanmasında öncelikli olarak ısı kaybını önlemek için yalıtılması gereken yapı elemanlarıdır. Duvarların ısı performanslarını etkileyen etmenler;

- Isı akışına optimum derecede direnç göstermek,
- Gereksiz hava sızıntılarını önlemek,
- Nem akışını düzenleyerek yoğuşma kontrolünün sağlanması ile ısı konfor etkilerini dengelemek,
- Isıl değişimlerin getireceği gerilme ve büzölmelere olanak vererek çatlamaı engellemek,
- Toz, gaz ve asit gibi atmosferik kirleticilerden etkilenmemek [41].

Duvarlarda ısı yalıtımı temel prensipleri ise şunlardır:

- Duvarlarda dışarıdan ısı yalıtım tercih edilmelidir. Böylece hem kâgir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütlelin yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır,

- Kısa sürede ısıtmanın söz konusu olduğu yerlerde içten yalıtım tercih edilmelidir,
- Isı yalıtım malzemesi sudan etkilenmeyecek şekilde kapalı gözenekli ve yeterli basınca dayanımlı olmalıdır.

- Isıtılmayan bodrumların dış duvarlarında ısı yalıtım malzemesi, zeminden itibaren yeraltı don seviyesi kadar, ısıtılan bodrumlarda ise temele kadar indirilir,

- Bodrum iç duvarlarında su yalıtımı var ise, ısı yalıtımı bunun üzerine konur. Isı yalıtım malzemesinin dış basınca karşı 1/2 tuğla kalınlıkta bir duvar veya özel koruma levhalarıyla korunmalıdır,

- Dış duvarda ısı yalıtım değeri yüksek olan bloklarla duvar örölüp üzerine sıva yapıldığında, döşeme alanı ile kolon ve kiriş yüzeyleri ısı köprüsü oluşturacaktır. Bu

bakımdan söz konusu yüzeylerin yalıtılması gerekir. Yapılacak yalıtımın duvarla aynı hizaya gelmesi için de duvar yalıtım kalınlığı kadar dışarıya çıkarılır. Bu çıkmadan dolayı duvarda stabilite sorunu olmaması için duvar kalınlığı çıkma miktarı kadar artırılır,

- Isı yalıtım malzemesi ve kâgir malzemenin duvar cephesinde birlikte kullanılmasından dolayı sıva sorunları çıkabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yalıtım yüzeyleri rabitz tel veya sıva filesi ile kaplanıp üzerine özel çimento esaslı sıva yapılmalıdır,

- Duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve özellikle kuzeye bakan cephelerde havalandırmalı duvar yapılmalıdır. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığının hesaplanmasında hava tabakası da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iç mekandaki su buharı da hava tabakası yoluyla dışarı atılır. Hava sirkülasyonunun sağlanması için tuğla örgüde döşeme ve tavan hizasında bazı düşey derzler boş bırakılır.

Gelişen teknoloji ile beraber günümüzde duvarlar tek bir katmandan oluşabildiği gibi, yalıtım malzemesini de içinde barındıran birden fazla katmandan oluşan bir yapı elemanı da olabilmektedir.

Ülkemizde dış duvar uygulamalarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genellikle lifli ve köpük malzemelerdir. Günümüzde Türkiye’de dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 4 farklı sistemde uygulanmaktadır [42].

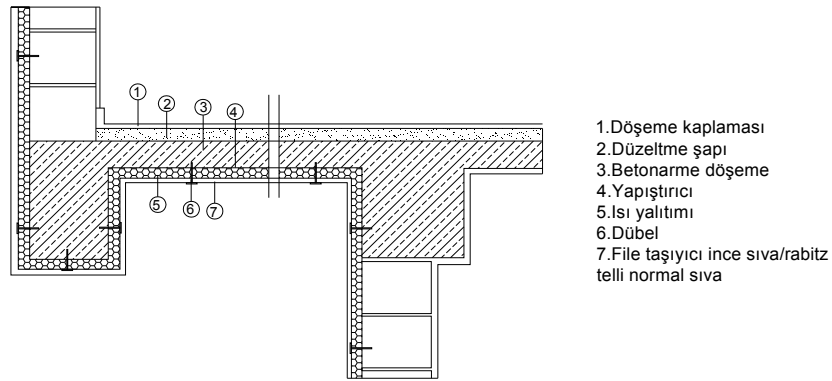
- Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları
- Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları (Sandviç duvar)
- Havalandırmalı dış duvar yalıtım uygulamaları (Giydirme cephe)

1.4.3.1. Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

Mantolama (dış cephe ısı yalıtımı), binanın dış kabuğunu atmosferik şartlardan dolayı oluşan yıpranmalardan koruyan bir uygulama biçimidir. Isı köprülerini tamamen ortadan kaldıran mantolamada kullanılan taş yünü, EPS (Ekspande Polistiren) ve XPS (Ekstrüde Polistiren) yalıtım levhaları ile ısı kaybı önemli ölçüde azalmaktadır. Yalıtım levhaları, taşıyıcı sistemde oluşan yoğuşmayı engelleyerek depreme karşı sistemin korozyona uğramasını da engellemektedir. Taş yünü ile doğru malzeme ve bileşenlerinin

seçimi ile yapılan mantolama sistemi; bina ile dış ortam arasında yalnızca ısı değil, ses ve yangın yalıtımı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra dış cepheyi koruduğu için binanın daha geç yaşlanmasını sağlamakta, dolayısıyla enerji ve bakım giderlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan kombi, kalorifer, klima ve benzeri cihazların sarf ettiği enerjiden mantolama uygulaması ile büyük oranda tasarruf edilebilmektedir.

Mantolama ile binalarda hem yaz hem de kış aylarında ekonomik olarak ısınma ve soğutma giderleri %50 oranında azalmaktadır. Ayrıca rutubetin oluşturduğu küf, bakteri ve kötü kokuların oluşması da engellenmektedir. Avrupa ve Amerika'da yaygın bir şekilde kullanılan dışardan yalıtım sistemi; Türkiye'de son birkaç yıldır daha sık uygulanmaya başlanmıştır. Dışarıdan yapılan yalıtım yapı için en uygun sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistem yeni binalarda uygulandığı gibi mevcut binalarda da kolayca uygulanabilmektedir [Şekil 3], [42].



Şekil 3. Dış duvarlarda dıştan yalıtım detayları

Uygulamada dikkat edilmesi gereken konular;

- Dışarıdan yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarında, ısı yalıtım levhalarının yapıştırılacağı yüzeyler kir, toz, yağ, kabarmış boya, kalkmış sıva gibi tutunmada/yapışmada uygunsuzluk yaratacak zararlı etkenlerden arındırılmış ve yapıştırıcı ile yapışmayı sağlayacak pürüzlülüğe sahip olmalıdır.

- Binalarda enerji tasarrufu elde etmek ve binanın özellikle duvar, çatı, zemin ve taşıyıcı sisteminde yoğuşmanın kontrol altına alınması için A1, A2 veya B1 yanıcılık sınıfına uygun ısı yalıtım levhalarının bir sistem bileşeni olarak, sisteme uygun malzemeler ile binaların dış cephelerine yalıtım uygulanmalıdır.

- Yalıtım levhaları binili ya da düz kenarlı olabilir. Her iki durumda da uygulama esnasında ısı yalıtım levhalarının arasında boşluk kalmamasına, oluşacak boşlukların yalıtım levhasına uygun dolgu köpükleri veya aynı yalıtım levhasından kesilerek elde edilecek uygun kalınlıktaki kamalarla doldurulması gereklidir.

- İklim şartları göz önüne alınarak, gerekirse dış cephe korunarak uygulama yapılmalıdır. Yapılan ısı yalıtımı sonrasında sağlıklı sonuçlar alınması için, yapı kabuğunun tamamen kurumuş olmasına dikkat edilmesi gerekir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde son kat kaplamanın rengi, duvar kesitindeki sıcaklık dağılımını etkiler. Son kat dekoratif kaplamanın rengi, ısı yalıtım malzemesinin bozulmasına müsaade etmeyecek şekilde, üreticilere danışılarak tespit edilmeli, açık renkler tercih edilmelidir.

- Mineral esaslı malzemeler kuru ve rutubetsiz bir ortamda 0 derecenin üzerinde, kapalı alanda depolanmalı, uygulamalar +5 derecenin altında ve 30 derecenin üzerinde yapılmamalıdır. Özellikle sıcak havalarda, doğrudan güneş ve rüzgar alan cephelerde uygulama yapılmamalıdır.

- Yüksek yapılarda veya geniş yüzeylerde genleşme derzleri oluşturulmalıdır.

- Çimento esaslı sıva uygulamasından sonra boya veya kaplama malzemesi ile cephe bitirilebilir.

- Mineral esaslı sıva, boya ve/veya kaplama malzemeleri uygulandıktan sonra 2 gün boyunca nemli kalmaları sağlanmalıdır.

Dıştan yalıtım sisteminin avantajları;

- Yalıtım kesintisizdir, manto gibi binayı korur.

- Isı köprüleri en azdır, hatta pratik olarak yok kabul edilebilir.

- Tüm yapı elemanları atmosfer etkilerinden korunur; binanın ömrünü uzatır.

Taşıyıcı elemanları korozyondan korur.

- Isıtma sisteminin kısa süreli kapatılması halinde (geceleri), iç ortam sıcaklığının düşmesini önler.

- Yazın aşırı ısınmayı önler.

- Su buharının kesit içinde yoğuşma riski en azdır.

- Yapı fiziki hasarlarının önemli bir bölümü, dışarıdan ısı yalıtımı uygulamaları ile engellenebileceği gibi; mevcut hasarların onarımında da en etkin ve kalıcı uygulama olmaktadır.

Dıştan yalıtım sisteminin dezavantajları;

- Uygulama için tüm cepheye iskele kurulması gerekir ve kalifiye ekip ile uygulanmalıdır.
- Maliyeti daha yüksektir.

1.4.3.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

Dış cepheye ısı yalıtımı uygulamalarının gerçekleştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda ısı yalıtımı içten uygulanabilir. Günümüzde konutlarda sıklıkla uygulanan bir sistemdir. Bu sistemde duvarların ısı depolama yeteneği az, ancak ön ısınma süreleri kısadır. İçten uygulamalarda; ısı köprülerine karşı önlem alınmalı ve yoğuşma analizi yapılmalıdır [Şekil 4], [42].

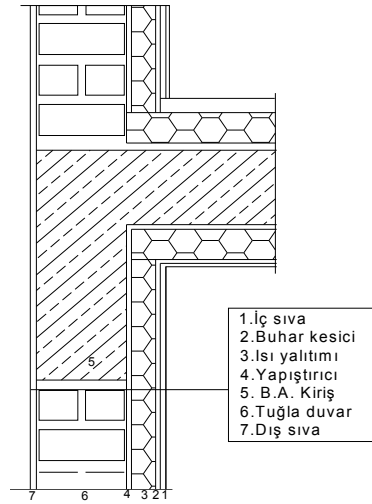
Uygulamada dikkat edilmesi gereken konular;

- Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamalardır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre TS 825’de verilen yöntemle yoğuşma denetimi yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılır. Buhar kesicinin ek yerlerinde geçirimsizliği sağlayacak buhar kesici bantlar kullanılmalı ve tespit elemanları ile delinmemelidir.

- Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb. tespit elemanlarından kaçınılmalıdır.

- Kat döşemeleri ile birleşimlerde ısı köprülerini yok edecek şekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Duvar bünyesinde bulunan kolon, kiriş hatıl vb. tüm ısı köprüleri öncelikle dış yüzeyden, zorunluluk durumunda tavan-döşeme iç yüzeyine minimum 50 cm dönülerek yalıtılmalıdır. Buhar kesici tabakalar mümkünse tavan ve döşemelere döndürülmelidir.

- Mutfak ve banyo gibi yüksek buhar üretilen hacimli yerlerde kaynağa yakın noktada su buharının pasif bir baca veya mekanik havalandırma ile dışarı atılması sağlanmalıdır.



Şekil 4. Dış duvarlarda içten yalıtım detayı

İçten yalıtım uygulamasının dezavantajları ;

- Döşemelerin ve iç duvarların birleşim noktalarında ısı köprüleri oluşur ve yalıtımın verimini düşürür. İç taraftan yalıtım, yapı fizikine uygun bir sistem değildir.
- Betonarme kiriş ve perdelerin iç yüzüne ısı yalıtımı uygulandığında, ülkemizin büyük bir bölümünde, ısı yalıtım malzemesinin çeşidinden bağımsız olarak; ısı yalıtımı ile betonarme elemanın arakesitinde yoğuşma meydana gelmektedir.
 - Isıtma sistemi kapatıldığında ortamın hızla soğumasına sebep olduğu için, iç ortam sıcaklığı hızla düşer.
 - Yaz konforuna katkısı olmaz.
 - Isıl genleşmeler, kirli atmosfer, farklı zemin oturmaları vb. sonucu gevrek yapıdaki taşıyıcı ve dolgu yapı malzemelerinde meydana gelen kılcal çatlak, vb. etkisi ile duvara (taşıyıcı elemana) sızan zemin suyu veya yüzey (yağmur, kar) suyu, yapı elemanının ıslanmasına ve korozyonun artmasına sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak su, iç yüzeye kadar ulaşarak küf, mantar oluşumuna veya ıslanma sonucu boya dökülmesi ve benzeri hasarlara sebep olur.

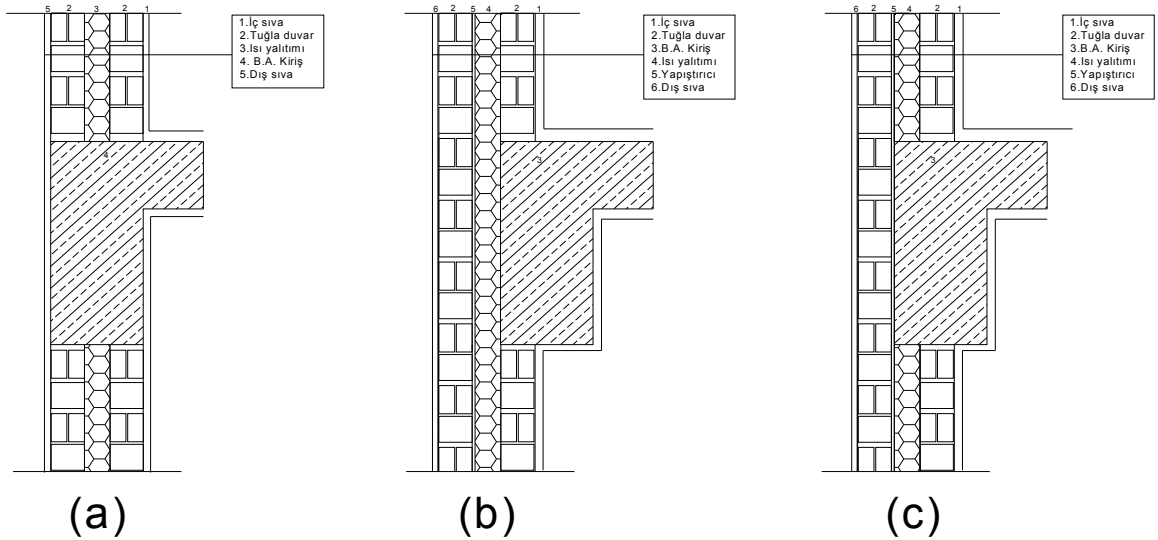
1.4.3.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)

Çift duvar arası ısı yalıtımı uygulamaları daha çok sandviç duvar olarak ifade edilmektedir. Isıl konfor açısından önemli değişken, iç yüzey sıcaklıklarıdır. Bu açıdan çift

duvar arası yalıtım ve kiriş iç yüzeyinin yalıtılması, yalıtıldığı elemanın iç yüzey sıcaklığını yükseltmekle birlikte, elemanların birleşim noktalarında bölgesel olarak daha fazla ısı kayıplarına sebep olduğu için, en düşük iç yüzey sıcaklıklarında daha olumsuz şartlar meydana gelmektedir. Sadece çift duvar arası yalıtım kullanıldığında yalıtımsız duruma göre fark çok anlamlı değerlere ulaşmamakta ise de, kiriş iç yüzünün de yalıtılması halinde en düşük iç yüzey sıcaklığı belirgin şekilde azalmaktadır [43].

- Ülkemizdeki uygulamalar, yapı fiziği kurallarına tamamen aykırıdır ve içerden yalıtım uygulamalarından daha fazla sakıncalar taşımaktadır.

- Avrupa'daki uygulamalar ise, dışarıdan yalıtımın değişik bir görünümü şeklindedir ve dışardan yalıtımın avantajlarının önemli bir bölümünü taşımaktadır [Şekil 5].



Şekil 5. Türkiye (a) ve yurt dışında (b),(c) uygulanan çift duvar arası ısı yalıtım detayları

Ülkemizde yapılan uygulamalarda kolon, kiriş ve döşemelerin dışında kalan iki tuğla arasına kontrolsüz ve rastgele yalıtım levhaları yerleştirilir. Ülkemizdeki çift duvar arası yalıtım uygulamaları:

- Tüm betonarme elemanlar ve yalıtım levhaları arasındaki boşluklar ısı köprüleri oluşturur. Cephenin büyük bir bölümü yalıtımsız betonarme elemanlardan meydana gelen ısı köprülerinden oluşur.

- Tüm taşıyıcı elemanlar atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır, korunmamıştır.
- Kesit içinde yoğuşma ihtimali fazladır.
- Maliyeti arttırır. Fakat anlamlı bir fayda sağlamaz [44].

Avrupa'daki çift duvar arası yalıtım uygulamaları:

- Betonarme elemanlar ile iç duvar aynı hizadadır. Yalıtım kat boşluğunda kesintisiz olarak tüm cepheye uygulanır.

- İki duvar arasında birlikte çalışmasını sağlayacak bağ elemanları bulunur.

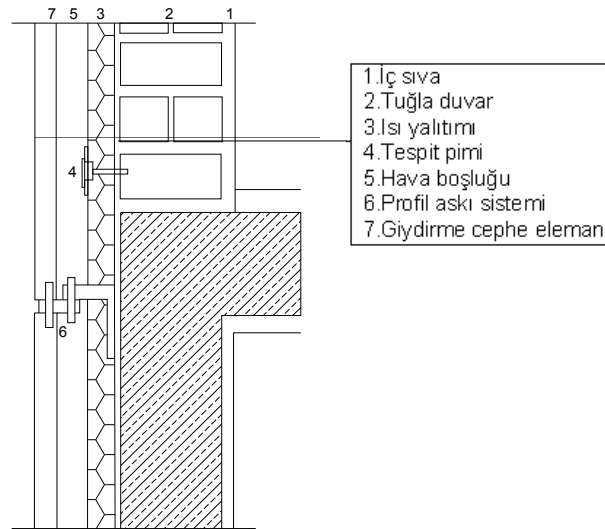
İki duvar arasında oluşabilecek veya sızabilecek suyun, sisteme zarar vermeden dışarı atılabilmesi için gerekli detaylar geliştirilmiştir.

- Dış duvar aynı zamanda cephe kaplaması görevini görür.

Avrupa'da az katlı yapılar için geliştirilmiş bu sistemin, ülkemizdeki apartman bloklarında uygulanabilmesi için mekanik açıdan geliştirilmesi gereklidir.

1.4.3.4. Havalandırmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları (Giydirme Cephe)

Yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Türkiye'de büyük şehirlerde artan büro yapılarının dışında günümüzde konut olarak da tercih edilen yüksek katlı yapılarda kullanılan bir sistemdir [Şekil 6], [42].



Şekil 6. Giydirme cephe sistemlerinde dıştan havalandırmalı yalıtım detayı

Giydirme cephe sistemlerinde, doğal ve yapay taş kaplama malzemeleri, metal kaplama malzemeleri ve ısı yalıtım malzemesi olarak da sağladığı mekanik dayanım ve ısı yalıtımı nedeniyle XPS kullanılır.

Isı yalıtım plakaları yüzeye yapıştırıldıktan 24 saat sonra, malzemenin kalınlığına uygun uzunluktaki dübellerle mekanik tespit yapılır. Isı yalıtım uygulaması tamamlandıktan sonra giydirme cephe yüzeye monte edilir.

1.4.4. Pencereerde Isı Yalıtımı

Yapılarda enerji kayıplarının yaklaşık %30'u pencerelerden gerçekleşmektedir. Yalıtım kaplamalı camların kullanılması ile bu oran %50 oranında azalmaktadır. Pencere camının yalıtımlı olmasının yanında, pencere kasasında yapılan detaylandırma ile ısı kaybı önlenerek yalıtım sağlanmaktadır.

Yapı kabuğunda opak bileşenlerin arasında yer alarak literatüre giren pencereler, ısı dirençleri düşük olduğundan (ısı geçirgenlikleri 5.23-5.82 W/m²K), zayıf noktalar oluşturur [45].

Pencerelerde ısı kaybı açısından en önemli özellik, ısı geçirgenlik katsayılarıdır. (U değeri). Binalarda kullanılacak pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları TS 825'e uygun olmalıdır. Pencereler, kış mevsiminde güneşin mekan içerisine girişini arttırmalı, yaz mevsiminde azaltılmalıdır. Bunun için pencere sistemlerinde çift camlar, low-e kaplı çift camlar, güneş kontrol kaplamalı camlar ile yalıtımlı doğramalar kullanılmalıdır.

Piyasada yaygın olarak üretilen cam ve doğrama türleri saydam bileşenler olarak;

- Tek camlı ahşap doğramalı, $k = 4.5 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$, $5.2 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Çift camlı (özel birleştirilmiş) ahşap doğramalı, $k = 2.8 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$, $3.2 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Tek camlı metal doğramalı, $k = 5.0 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$, $5.8 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Çift camlı (özel birleştirilmiş) metal doğramalı, $k = 3.4 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$, $3.9 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Çift camlı (özel birleştirilmiş) plastik doğramalı, $k = 2.24 \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C}$, $2.6 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- pencerelerdir.

Ülkemizde yeni yapılacak yapılarda çift cam uygulaması TS 825 ile zorunlu hale geldiği için piyasada çift camlı plastik doğramalı pencereler kullanılmaktadır. Günümüzde tüm gelişmiş ülkelerde, ısı kontrol kaplamalı camların kullanımı çeşitli önlemlerle teşvik edilirken (vergi indirimleri, uzun vadeli kredi verme), aynı zamanda da kanun ve

yönetmeliklerle (binalara karne verme, konutlarda yakıt tüketimini sınırlama) zorunluluk haline getirilmektedir.

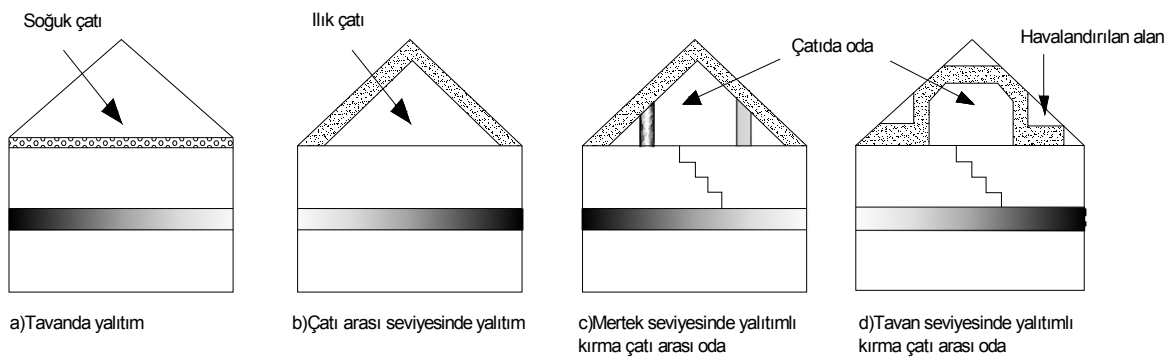
Enerji tasarruf önlemleri sayesinde Almanya'da % 45 olan ısı kontrol kaplamalı cam kullanımı, % 95'e yükselmiştir. İngiltere'de kararlı enerji tasarruf politikaları sonucu 2002 yılında ısı kontrol kaplamalı cam kullanımına zorunluluk getirmiştir. Önümüzdeki bir kaç yıl içinde Fransa ve İtalya'da da yasal düzenlemeler yapılması gündemdedir [46].

1.4.5. Çatılarda Isı Yalıtımı

Binaların çatıları ülkemizde en fazla sorun yaratan bina parametrelerinden biridir. Bu nedenle binaların en üst katları ekonomik olarak aynı değere mal edilmesine karşılık satın almak veya satmak aşamasında daha düşük bedellerle tanımlanmaktadır.

Konutlarda yaygın olarak kullanılan kırma çatı konstrüksiyonunda 3 tip yalıtım uygulaması yapılmaktadır [Şekil 7].

- Çatı arası kullanılmayan tavan üzeri yalıtımlı kırma çatılar,
- Çatı arası kullanılmayan ısı yalıtımı mertek arasında çatı katı (ılık çatı). Tavan ile çatı arası boşluğu arasında havalandırma yok, fakat yalıtım ile çatı örtüsü arasında havalandırma mevcut,
- Yukarıda verilen iki yalıtım uygulamasından birinin kullanıldığı ve çatı arası odanın bulunduğu çatılar.

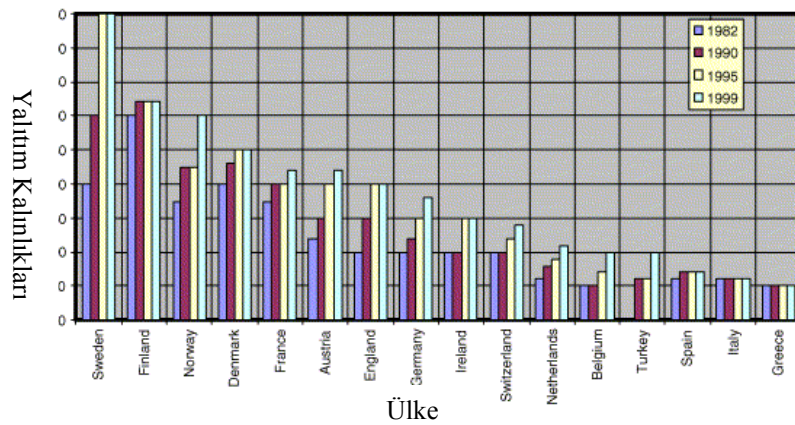


Şekil 7. Çatı konstrüksiyonları (a ve b durumlarında çatı arası ayrı bir kat olarak hesaba katılmamalı, c ve d durumlarında ise katılmalıdır.)

Çatı tavanı kışın, çatı tavanından geçerek yukarı doğru yükselen ısı ve su buharı akımları etkisindedir. Buna karşın, yaz mevsimlerinde ise çatıda yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır. Bu durumda, yukarıdan aşağıya doğru ısı ve buhar akımı olur. Bu fiziksel

oluşumlar, yalnızca atmosfer ortamındaki sıcaklık değişimine bağımlı olmamakta, diğer taraftan çatı tavanında kullanılan malzemenin veya yapı elemanı tabakalarının ısı yalıtım özelliğine ve kalınlığına bağımlı olmaktadır [Şekil 8]. Eğer ısı yalıtımı açısından olumlu malzeme kullanılmış ise, gerek yaz ve gerekse kış aylarında, yapı için sıcaklık değeri dengelenebilecek veya ayarlanabilecektir. Yapılan inceleme ve irdelemeler göstermiştir ki, çatı konstrüksiyonu veya çatı örtüsünde hangi sıcaklığın meydana geleceği aşağıdaki faktörlere bağlı olmaktadır:

- Yapının bölgesel konumu,
- Yapının yüksekliği,
- Dış hava sıcaklığı ve güneş ışınması,
- Yönler göre konumu,
- Çatı yüzeyinin eğimi ve rüzgar şartları,
- Çatı yüzeyinin yapısı ve rengi,
- Işık emme-yansıtma özelliği,
- Isı yalıtım tabakası,
- Çatı tabakasının ısı depolama yeteneği veya ısı ışınlama yeteneği,
- Çatı tabakasının kalınlığı,
- Çatı tavanının tabaka sıralaması,
- Çatı altındaki oda sıcaklığı vs 'dir.



Şekil 8. Çatılardaki yalıtım kalınlıklarının değişimi [47]

1.4.6. Döşemelerde Isı Yalıtımı

Zemine oturan döşemelerin, zeminle sürekli ilişki içinde olmaları nedeni ile kapilariteyle su emmeleri kaçınılmazdır. Su ve nem emme kolayca yatay, eğik ve düşey olarak binaya yürür. Ayrıca soğuk bölgelerde, binanın iç sıcaklığı ile zemin sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması durumunda, zemin üzerine oturan döşemelerde ısı yalıtımı yapılması gerekir. Zemin kat döşemelerindeki ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi, yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunun başlıca nedeni, zemine oldukça yakın ya da doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır.

Döşemelerin altından yapılan ısı yalıtımı genellikle döşeme elemanı boyunca yatay olarak uzanır. Burada kullanılacak yalıtım malzemesi yüksek nem direncine sahip ve basınca dayanıklı ve sert bir tabaka olmalıdır. Eğer nem geçirmeyen tabakanın altında yer alıyorsa, zemin ya da dolgunun zararlı olabilecek etkilerinden korunmalıdır. Bu uygulamada beton döşemeler yerinde yalıtılırlar ve iki yolla taşınırlar. Bunlar;

- Zemin ya da dolguya oturtulurlar
- Çevre duvarlar vasıtası ile taşınırlar

1.4.6.1. Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı

Soğuk bölgelerde, binanın iç sıcaklığı ile zemin sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması durumunda, zemin üzerine oturan döşemede ısı yalıtımı yapmak gerekir. Uygulamada, toprak üzerine 15-20 cm kalınlığında döşenen blokaj üzerine 10cm kalınlığında grobeton dökülür. Daha sonra aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla su ve nem yalıtımı, ısı yalıtımı, koruma harcı ve döşeme kaplaması uygulanır.

- Isı Yalıtımsız Döşeme

Zemin katlarda ısı kaybı dış duvarlardan dış havaya olduğu kadar döşemeden zemine doğru da gerçekleşmektedir. Burada sürekli bir ısı tutucu olmaması durumunda birim alandaki kayıp miktarı önemsenecek miktardadır.

- Tam Isı Yalıtımlı Döşeme

Isı yalıtımının döşeme betonunun altında olması, ısı yalıtımı kapasitesinden yararlanılmasını, üstünde bulunması ise hacmin daha çabuk ısınmasını ve yerden ısıtma yapılmasını sağlar. Ancak, bu durumda bir buhar kesici gerekir.

- Kiriş Yalıtımlı Döşeme

Yalnızca dış kenar döşeme kirişlerinde ısı yalıtımı yapılması, ısı akışının bina altından yana doğru olacağı ve zeminin yüksek ısı depolama kapasitesine sahip olduğu düşüncesiyle soğuk olmayan bölgelerde yeterlidir denilebilir. Yalıtımın kabuğun dış kısmında olması duvar yalıtımı ile sürekliliği sağlar ve ısı köprülerinin giderilmesi açısından oldukça etkilidir.

- Altı Açık Döşemede Isı Yalıtımı

Alt tarafı ısıtılmayan odalarda döşemedeki yalıtım üst veya alt taraftan yapılabilir. Yalıtımsız halde $U=2,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken 6 cm alttan yalıtım yapıldığında söz konusu değer $U=0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ne kadar düşürülebileceği görülmektedir [48].

1.4.6.2. Zemine Oturmayan Döşemelerde Isı Yalıtımı

- Isı Yalıtımsız Döşeme

Zemin döşemesi altındaki boşluğun, nem birikimini azaltmak üzere havalandırılması aynı zamanda yalıtımsız döşeme altında taşınım yoluyla ısı kaybını artırır. Dolayısıyla bu çözüm ancak sıcak bölgelerde uygulanır.

- Üstü Isı Yalıtımlı Döşeme

Isı köprülerinin giderilmesi ve yerden ısıtma yapılması açısından ısı yalıtımının döşeme üst yüzünde bulunması yarar sağlar.

- Tam Isı Yalıtımlı Döşeme

Dış duvarda yalıtım bulunması, bir önceki çözümdeki performansı sağlamakta birlikte duvar kalınlığını azaltmaktadır.

- Kapalı Döşeme Çıkması

- Isı Yalıtımsız Çıkma

Döşeme çıkması ve sarkan kirişte ısı köprülerinin oluşması nedeniyle bu çözüm ancak sıcak bölgelerde uygulanabilir.

- Isı Yalıtımlı Çıkma

Dış yan ve alt yüzeylerle giriş dış yüzüne yalıtım uygulaması ısı köprülerini gidermiş olacaktır. Duvar örgüsünün bu durumda döşemenin kenarından yalıtım kalınlığı kadar taşması ve sıva çatlağını önlemek üzere yalıtım ile duvar blokları arasındaki derz üzerinde sıva donatısı kullanılması gerekir.

- Tam Isı Yalıtımlı Çıkma

Tüm dış yüzey boyunca ısı yalıtımının sürekli olması ısı köprülerini giderdiği gibi kagir duvar kalınlığını ve dolayısıyla ağırlığını azaltma imkanını tanımaktadır [48].

1.4.7. Toprakaltı Dış Duvarlarında Ve Temel Uygulamalarında Yalıtım

Isı yalıtım levhaları; zemin altında kullanılan hacimlerin ısı yalıtımında ve/veya su yalıtım örtülerinin toprak dolgunun yapılması sırasında mekanik etkilere karşı koruma amaçlı olarak kullanılabilir. Toprak altı dış duvarlarda en az yoğunluğu 30kg/m³ olan, %10 deformasyonda basma mukavemeti 300kPa olan, iki yüzü zırlı, kenarları binili ve difüzyonla su emmesi %3'ün altında olan ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar kullanılır. Toprak altı dış duvarların yüzeyi düzeltilip su yalıtımı yapıldıktan sonra, ısı yalıtım levhaları yapıştırılarak veya serbest olarak temel duvarı üzerine şaşırtmalı olarak ek yerlerinde derz oluşmayacak şekilde yerleştirilir. Isı yalıtım levhalarının su yalıtım örtülerinin üzerine uygulanmasında bitüm esaslı yapıştırıcı veya çift tarafi yapışkanlı bitümlü örtüler kullanılır. Yapıştırma işlemi geçici olarak yalıtım levhalarının tespit edilmesi işlevini görmektedir.

Isı yalıtımının yapıştırılmasından kısa bir süre sonra kademeli olarak toprak dolgu yapılır ve yalıtım levhalarının toprak basıncı ile duvara montajı sağlanır. Eğer kademeli toprak dolgu işlemi yapılmayacak ise ısı yalıtım levhalarının dış tarafına baskı duvarı örülür. Bu detayda, su yalıtım örtüsünün korunması ve delinmemesi gerekir. Bu nedenle ısı yalıtım levhalarının montajında dübel kullanılmaz [49].

1.5. Isı Yalıtım Malzemeleri

Yapılarda iç hacimler ile dış hava ve farklı sıcaklıktaki hacimler arasında; kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım) ve radyasyon (ışınım) yoluyla gerçekleşen ısı

akışını azaltan ve ısı yalıtımı amacıyla kullanılan, ısı iletkenlik kat sayıları (λ) 0,1 W/m²K'dan küçük olan malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denilmektedir [50].

Isı yalıtım malzemeleri; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan sadece minimum kalınlıkta yalıtım sağlamak amacıyla üretilmiş yüksek ısı dirence sahip özel ürünlerdir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayılarının düşük olmasıdır. Bu malzemeler, yoğunlukları düşük, gözenekli, hareketsiz hava içeren malzemelerdir. Isı yalıtım malzemeleri, genellikle karmaşık yapıdadırlar. Sahip oldukları gözenekli yapı, liflerin, tanelerin ve gözenekli tanelerin yığın şeklinde bulunmaları, köpüklü malzeme veya herhangi bir bileşiğin meydana getirdiği bazı kısmi elemanlarının çıkartılması ya da yakılması ile elde edilmektedir. Örnek olarak yanmış kil, sünger taşı (bims), tuf, cüruf ve alçı gibi malzemelerden çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin yapılması verilebilir [51].

Isı yalıtım malzemeleri, genellikle yapıların dış duvarlarını yalıtım için kullanılmakla birlikte; iç mekan yalıtımında, tavan, çatı yalıtımlarında, tesisat boşluğu üzerindeki katlarda ve konsol katları gibi ısı geçişinin bulunduğu yüzeylerde de yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin birçok özelliği bir arada barındırması mümkün değildir. Ancak yalıtım malzemesinin kullanım yerine göre çok iyi niteliklere sahip olması gerekir. Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde maliyet fiyatı, etkinliği, sürdürülebilirliği, uyumu göz önünde tutulmalıdır. Kullanım yerine göre yalıtım malzemesi seçilmelidir. Örneğin ağır yük ve kuvvete maruz kalan yerlerde mukavemeti yüksek malzeme kullanılmalıdır. Ekonomik tarafından bakılırsa; duvarların oluşturulmasında düşük ısı iletim kat sayısına sahip malzemenin kullanılması yalıtım kalınlığını arttırmaktan daha iyi bir çözüm sunmaktadır [52].

Yalıtım malzemeleri enerji üretim ve koruma sistemlerinden bağımsız değildir. Binanın yapısal elemanlarının oluşturduğu kompleksin bir parçasıdır. Bu anlayışta enerji üretim sistemleri gibi değerlendirilemez, fakat bu yalıtım malzemeleri binanın tasarım ve inşasında çok önemli bir kısmı olarak değerlendirilmelidir [47]. Yapıda kullanılacak malzemelerin özellikle araştırılması, incelenmesi ve analiz bulgularının irdelenmesi, deneysel ve gözlemsel bulgularla sağlanabilmektedir. Kullanım yerlerine göre malzeme özelliğini doğrudan etkileyen çevresel faktörler;

- Mekanik deformasyonlar,
- Aşınma,
- Isısal etkenler,

- Su ve nem etkileri,
- Akustik sorunlar,
- Güneş ve
- Atmosfer etkileridir.

Bu etkileşimler, stabil ve/veya dinamik ortam şartları için ayrı ayrı fiziksel, kimyasal ve mekanik değişimler açısından detay olarak incelenmelidir. Bu incelemelerin tamamının, gerek zaman ve gerekse ekonomik açıdan oldukça yüksek bir değer tutacağı kaçınılmazdır [53].

Tablo 1’de binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve bu malzemelerin ürün standartları verilmiştir. Ülkemizde üretilen ve yaygın olarak kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerinin yaklaşık 155 adedi için ısı iletim kabiliyeti, yoğunluk vb. diğer teknik özelliklere ait değerler TS 825’te bir arada sunulmuştur.

Tablo 1. Isı yalıtım malzemeleri

Isı Yalıtım Malzemeleri	Ürün Standardı
Camyünü,	TS 901 EN 13162
Taşyünü,	TS 901 EN 13162
Ekspande Polistiren (EPS),	TS 7316 EN 13163
Ekstrude Polistiren (XPS),	TS 11989 EN 13164
Poliüretan (PUR),	TS EN 13165
Fenol Köpüğü,	TS EN 13166
Cam Köpüğü,	TS EN 13167
Ahşap Lifli Levhalar,	TS EN 13168
Genleştirilmiş Perlit (EPB),	TS EN 13169
Genleştirilmiş Mantar(ICB)	TS EN 13170
Ahşap yünü levhalar,	TS EN 13171

Ülkemizde kullanılabilen ısı yalıtım malzemeleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Hücreli polimer ısı yalıtım malzemeleri: Daneli ve çekme tekniği ile yapılmış kabartılmış polistiren levhalar en çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleridir. Yapı yerinde uygulanan veya hazır levha olarak bulunan köpüklendirilmiş poliüretan bulunmakla birlikte ancak bazı özel uygulamalarda kullanılmaktadır.

- İnorganik fiber ısı yalıtım malzemeleri; cam yünü ve taş yünü levhalardır. Özellikle çatı yalıtımlarında ve duvarların dıştan yalıtımında (mantolama), ısı, ses ve yangın yalıtımları için etkin olarak kullanılırlar [54].

Çatı, duvar ve döşemelerde tekniğine uygun ısı yalıtımı malzemeleri kullanılması ile;

1. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen yakıt miktarının azalması,
2. Yapı bileşenlerinin yoğuşma sonucu korozyona uğraması önlenerek binanın korunması,
3. Hava kirliliğinin azalması,
4. Sağlıklı ve konforlu bir iç ortam oluşması sonucunda sağlık giderlerinin azalması, sağlanır [55].

Isı yalıtımlarının yerlerinde gösterdikleri performanslar üzerinde geniş kapsamlı çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlikleri ve ısıl performanslarına yoğunluk, kalınlık, boyutsal değişimler, hidrofiziksel özellikler gibi iç faktörler ile ısı, sıcaklıkta değişme, morötesi ışınları, oksijen, hava kirliliği, ısı akışının yönü, gaz ve sıvı difüzyonu gibi dış faktörler etkilemektedir [56]. Ancak malzemelerin bilinen genel özellikleri yeterince değerlendirilememektedir.

Dış duvarlarda ve çatılarda ısı yalıtım uygulamaları genel olarak tiplendirilmiştir. Bu tiplendirilmede, ısı yalıtımında yapılan yaklaşımlar (dış duvarlarda içten ve dıştan ısı yalıtımı gibi), yalıtım amacıyla ve diğer duvar katmanlarında kullanılan malzemeler ve güneş ışınımından yararlanma temel ölçütler olarak ele alınmıştır [57].

1.5.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

Etkin bir ısı yalıtım malzemesinde aranılan özellikler şunlardır:

1. Bünyesine su almamalı ve yalıtım değerini bina ömrü boyunca korumalı
2. Basınç yüklerine dayanmalı, zamanla çökme, sünme ve yığılma yapmamalı
3. Isı yalıtım değeri λ (lamda) düşük olmalı. Dünya literatüründe 0.060 W/m²K değerinden yüksek lamda değerine sahip malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilemezler
4. Buhar kesici gerektirmemeli ancak nefes almalı
5. Uygulanması ve işçiliği kolay olmalı, fire vermemeli
6. Kaşınma ve alerji yapmamalı, kanserojen olmamalı
7. Zehirli gaz içermemeli ve insan sağlığına ve çevreye zarar vermemeli
8. Çatı, duvar, döşeme ve bodrumlar için yapı fiziğinin özelliklerine uygun farklı ürünler sunmalı
9. Detay bazında ekonomik olmalı

10. Yangın dayanımı uluslar arası yönetmeliklere uygun olmalı [58].

Isı Yalıtım Malzemelerinde Uygulamaya Göre Aranması Gereken Özellikler

- Isı iletim Katsayısı (W/m^2K)
- Yoğunluk (kg/m^3)
- Yangın Sınıfı (DIN 4102, BS476)
- Sıcaklık Dayanımı ($^{\circ}C$)
- Mekanik Dayanım (kPa)
- Buhar Difüzyon Direnci
- Su Emme
- Boyutsal Kararlılık

Isı İletim Katsayısı:

Bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark $1^{\circ}C$ olduğunda, yüzeyin birim alanından ($1 m^2$) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan ($1 m$), 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Bu özellik malzemenin ısı yalıtım özelliğini belirler. Isı iletim katsayısı yükseldikçe malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır (performansı azalır). ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı $0,065 W/mK$ değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir.

Yoğunluk:

Malzemenin birim hacminin ($1 m^3$) kütlesine yoğunluk adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinde yoğunluk ısı iletim katsayısını pek etkilememekle birlikte malzemenin stabilitesi ve mekanik dayanımı yoğunlukla doğrudan ilgilidir. Genellikle ısı yalıtım malzemelerinin yoğunlukları geniş bir skalada değişken üretilebilir. Ancak uygulamalarda en ideal olan, boyutsal kararlılık ve mekanik dayanım açısından en uygun yoğunlukların kullanılmasıdır.

Yangın Sınıfı:

Yapı ve yalıtım malzemelerinin yangın sırasındaki davranışlarını ölçmek için çeşitli deney metodları geliştirilmiştir. Bu deneylere tabi tutulan malzemenin davranışı ölçülür ve sınıflandırılır. Bu deneylerin ve sınıflandırmaların tarif edildiği Almanya 'da DIN-4102, İngiltere'de BS-476, Türkiye'de TS 825 standartları bulunmaktadır.

Sıcaklık Dayanımı:

Her ısı yalıtım malzemesinin özelliklerini kaybetmeye başlayıp deforme olmaya başladığı bir sıcaklık noktası bulunur. Bu nedenle malzemenin uygulandığı yerde maruz kalacağı sıcaklık önceden belirlenmeli ve bu sıcaklığa uygun malzeme seçilmelidir.

Mekanik Dayanım:

Isı yalıtım malzemelerinin mekanik dayanımları genellikle, malzemede %10 deformasyon oluşturan basma gerilmesi değeri olarak kabul edilir. Bunun yanı sıra bazı malzemelerin çekme gerilmeleri de basma gerilmeleri ile birlikte mekanik dayanım özelliği olarak verilebilir.

Buhar Difüzyon Direnci:

Bir malzemenin bünyesinden buhar geçişine gösterdiği direnç, o malzemenin buhar difüzyon direncidir. Buhar difüzyon direnci yükseldikçe malzemenin içinden geçebilecek buhar miktarı azalır. Isı yalıtım malzemelerinde, detaya göre değişmekle birlikte, genellikle buhar difüzyon direnci yüksek olması idealdir.

Su Emme Oranı:

Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayılarının düşük olmasıdır. Bu özellik malzemelerin bünyesinde bulunan durgun hava veya gaz içeren kılcal aralıklar veya gözeneklerdir. Isı yalıtım malzemeleri su ile temas ettiklerinde bünyelerine bir miktar su emebilirler. Bunun sonucunda malzemelerin ısı iletim katsayıları yükselir, ısı geçirgenlik dirençleri düşer, yani ısı yalıtım özellikleri bozulur. Su emme miktarları çeşitli testler uygulanarak belirlenir. Isı yalıtım malzemelerinde su emme oranlarının sıfır veya sıfıra yakın olması idealdir.

Boyutsal Kararlılık:

Isı yalıtım malzemelerinin boyutsal kararlılıkları olmalıdır. Yani malzeme uygulandığı andaki boyutlarını zaman içerisinde veya termal ve mekanik etkilerle kaybetmemelidir. Başka bir ifadeyle, malzemelerin sıcaklık veya basınçla şekil değiştirmeleri çok az olmalıdır [59].

Günümüzde en uygun malzemeyi seçebilmek amacıyla yapı ve/veya kaplama elemanlarının aşağıda verilen bazı fiziksel özellikleri belirlenmelidir:

- Isı iletkenliği,
- Isı depolama kapasitesi,
- Havadan (hidroskopî)veya malzemelerden nem alma yeteneği ve eğilimi,
- Malzeme içerisinde nem iletme özelliği (su iletme özelliği, kapiler iletim özelliği),

- Nemli malzemenin kuruma konusunda davranışı
- Ses emme-yutma ve bunu uzun süre koruma yeteneği,
- Nem etkisi altında malzemenin dayanıklılığı,
- Değişken sıcaklık ve nem etkileri altında şekil ve hacim değişikliğine olan eğilim,
- Malzemenin yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanım özelliği,
- Sertlik, ısı ve nem etkisi altında değişimiyle ilgili özellikler,
- Kohezyona karşı dayanıklılık,
- Yapısını koruma özelliği,
- Kimyasal maddelere karşı dirençlilik (asitlere, alkalilere ve organik çözücülere karşı etkilenmezlik),
- Eskimezlik (bozunma),
- Yüksek dekoratif özellik,
- Hava şartlarına dayanıklılık ve
- Malzemenin yapısal doku durumudur [60].

Isı iletim katsayısı düşük olan ancak ısı yalıtım malzemesi olmayan yapı malzemeleri de vardır. Bunlar;

- Perlit ve perlitli sıva
- Ponza taşı
- Bims bloklar
- İzotuğla
- Gazbeton [59].

Aşağıdaki tabloda ısı yalıtım malzemelerinin genel özellikleri verilmiştir [Tablo 2].

Tablo 2. Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu

Isı İzolasyonu Malzeme Karşılaştırma Tablosu	Isı İletim Katsayısı W/m ² K	Kullanım Sıcaklığı	Yoğunluk (kg/m ³)	Yangın Sınıfı (DIN 4102, BS476)	Mekanik Dayanım (kPa)	Buhar Difüzyon Direnci	Su Emme
Cam Yünü (TS 901) Silis kumunun yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Şilte ve levha halinde kullanılabilir.	0,04 W/m ² K	max. 250 °C	14-100 kg/m ³ arası yoğunluklarda üretilir.	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6.5 ton/m ² basma dayanımı	=1	hacimce % 3-10

Tablo 2'nin devamı

Taş Yünü (TS 901) Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda eritilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir.	0,04 W/m ² K	max. 750 °C	30 -200 kg/m ³ arasında üretilir.	DIN 4102'e göre A sınıfı yanmaz	1,5-6,5 ton/m ² basma dayanımı	=1	hacimce % 2,510
Ekstrüde Polistren (XPS) (TS 11989) XPS levha, polistiren ham-maddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir.	Yüzeyi pürüzsüz iken 0,08 yüzeyi pürüzlü iken 0,031 W/m ² K	-50 ile +75/+80 °C	~ 25 -45 kg/m ³	B1 sınıfı zor alev alan	100 -500 kPa 0 -50 ton/m ²) max. basma dayanımı	80 -250	hacimce %00.5 max.
Ekspand Polistren (EPS) (TS 7316) EPS, polistren hammaddesinin geliştirilerek blok halinde ve kesilme suretiyle levha haline getirilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Ayrıca levha şeklinde kalıp içinde geliştirilerek de üretilebilir.	ortalama 0,04 W/m ² K	-180 / +75 'dir	15 -30 kg/m ³ olmalıdır.	DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan bir ısı yalıtım malzemesidir.	50 -150 kPa (5-15 ton/m ²) max. basma dayanımı	20 -80	hacimce % 0-5 arası
Poliüretan (PU) TS 2193 -10981 Poliüretan, iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve Püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir.	0,035 W/m ² K	-200/ +110°C	30-40 kg/m ³	B1 -B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan	100 -400 kPa (10 -40 ton/m ²)	30-100	hacimce %3-5 arası
Odun Talaşı levhalar (TS 405) Ahşap talaşının bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir.	0,09 - 0,15 W/m ² K	max. +110 °C	360-570 kg/m ³	BS476 standardı na göre Class1	200 kPa (20 ton/m ²) basma dayanımı	2 -5	~ %10

Tablo 2'nin devamı

Cam Köpüğü	0,052 W/m ² K	-260 / +430°C	100-200 kg/m ³	BS476 standartı na göre Class0.	430 -8800 kPa (48 -880 ton/m ²) basma dayanımı	10000	Su Emmez
Fenol Köpüğü (TS 2193)	0.04 W/m ² K	-180 / +120 °C	30-35 kg/m ³	BS476 / Class1	100-150 kPa basma dayanımı	10 -50	N/A
Mantar levhalar (TS 304)	0,04- 0,055 W/m ² K	-180 / +100 °C	80 -500 kg/m ³	BS476 / Class3	N/A	10 -35	N/A

1.6. Ülkemizde Isı Yalıtımının Tarihçesi

Ülkemizde, yapılardaki ısı kayıplarının azaltılması ile yakıt tasarrufu sağlanmasına yönelik ilk çalışma TSE tarafından 1970 yılında TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” adıyla yayınlanmıştır. Ancak, yalnız ısı yalıtım projelerinde gerekli hesaplamaların yapıldığı bu standart ile bir sonuca varılamamıştır. Bu konudaki ilk yönetmelik; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan 3 Kasım 1977 tarih ve 16102 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği”dir. Bu yönetmeliğin amacı; ülke ekonomisi açısından son derece önemli olan yakıt tüketiminde tasarruf sağlamak ve halk sağlığını tehdit eden hava kirliliğini azaltmaktır. Yönetmelik hükümlerine göre yapı projelerinde gerekli ısı yalıtım önlemleri alınmadığı takdirde bu projelerin ilgili belediyelerce onaylanmayacağı ve inşaat ruhsatı verilmeyeceği kesin ifadelerle belirtilmiş olmasına karşın, bu yönetmelik ile mevcut imar yönetmeliği arasında organik bir bağın kurulamaması nedeniyle beklenen fayda sağlanamamıştır. Daha sonra, mevcut imar yönetmeliklerine ek yapan İmar ve İskân Bakanlığı’nın bir yönetmeliği yayınlanmış ve 16 Ocak 1981 tarihinde yapılan değişikliklerle yürürlüğe girmiştir. Bu bakımdan yapının ısı korunumu; yapıyı yaptıranı, yapanı ve kullanacak olanı yakından ilgilendirir hale gelmiştir [35]. Yayınlanan bu yönetmelikte ülkemiz 3 ayrı derece gün bölgesine ayrılmış ve yapı bileşenlerinin ısı geçirme katsayıları sınırlandırılmıştır. Ayrıca bu yönetmelikte ön görülen hesaplama metodu ile iç ısı kazançları ve pencerelerden olan enerji kayıpları dikkate alınmamıştır.

İmar ve İskân Bakanlığı'nın hazırladığı bu yönetmelikte 16 Ocak 1985 tarihinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Buna göre binalar ısı kayıpları bakımından çevre şart ve gereklerine uygun olarak yalıtılacak ve bu husus düzenlenecek bir ısı yalıtım projesi ile gösterilecektir. Isı yalıtım projesi TS 825'e uygun olacaktır. Bunu takiben yönetmelikte bazı değişiklikler yapılarak Nisan 1998'de yeniden yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Bu değişiklikler; binaların yıllık ısıtma enerjisi miktarlarının hesaplanması ve yönetmelikte belirlenmiş 4 ayrı bölge için bu miktarların sınır değerlerinin belirlenmesi ile yıllık ısıtma enerjisi miktarlarının hesaplanmasıdır. Yine aynı amaçla, söz konusu standardın zorunlu standart olması için, 30 Ekim 1981 tarihli yönetmelik yenilenmiş olan TS 825 doğrultusunda revize edilmiş ve 14 Haziran 1999'da resmi gazetede yayınlanmış ve bir yıl sonra, 14 Haziran 2000'de mecburi standart olarak yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde TS 825'in 2000 yılındaki revizyonu ile yalıtım konusundaki eksikliklerin giderilmesi yolunda önemli yenilikler gerçekleştirilmiştir. Bu yeniliklerin başında binaların duvar, tavan ve döşemelerinin ısı geçirgenlik değerlerinde (U değeri), öngörülen değişiklikler yapılmıştır. Bu sayede duvarlarda %54-62, tavanlarda %30-40 ve döşemelerde %35-38 oranları arasında iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca yapı elemanlarında buhar geçişinin incelenmesi ve sınırlandırılması getirilmiş, ısı kazançları hesaplara dâhil edilmiş ve binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanının, binanın brüt hacmine olan oranına (Atop/ V brüt) bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı da sınırlandırılmıştır [61].

TS 825 standardı yürürlükte olduğu süre içerisinde bazı eksiklikleri ile tartışılmış, gerekli düzenlemelerin yapılması uygun görülerek, revizyon çalışmaları yapılmış ve Mayıs 2008 yılında yayımlanan yeni TS 825, 1 Kasım 2008 tarihinde resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik, büyük şehir belediyeleri ile tüm belediyeler dahil, bütün yerleşim birimlerindeki binalarda uygulanır. Kamu kurum ve kuruluşları, katma bütçeli idareler, il özel idareleri ve belediyeler bu yönetmeliğe uymak ve uygulamakla yükümlüdürler. Isı yalıtımı konusunda son olarak yapılan çalışmalarda 2011 yılında yapılacak bütün illerdeki binaların ısı yalıtım yapma zorunluluğu yapı denetim şirketleri tarafından denetlenmesi uygun görülmüştür.

Revize edilen standart ile önceden kullanılan standart sonucu hesaplanan ısıtma ihtiyacı gereksinimi ve müsaade edilen ısıtma ihtiyacı sınır değerleri farklılık göstermektedir. Revize edilen standart ile ülkemizdeki iklim değişimi büyük ölçüde hesaplamalara yansıtılmaya çalışılmıştır. Tüm bunların sonucu olarak, gereksinim

duyulacak yalıtım kalınlıklarının da genellikle belirli oranlarda artacağı, ancak bunun bölgeden bölgeye ihtiyaca göre belirlenmesi gerektiği görülmüştür [62].

Yönetmeliğin getirdiği en önemli hususlardan birisi de mevcut binalarda yapılan tadilatlarla da yenilenen kısmın yeni TS 825 standardına göre enerji verimli olarak tasarlanarak uygulanmasının gerekmesidir. Ayrıca pencere değişiminden, binalarda yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarına kadar tüm tadilatların standarda uygun olması zorunluluğu getirilmiştir [Tablo 3].

Tablo 3. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_p (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Bu standart, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine dairdir [Tablo 4].

Tablo 4. İzin verilen ısıtma ihtiyacı sınır değerlerinin değişimi

Bölge	Q (kWh/m ²)		Değişim Oranı (%)
	Yeni	Eski	
1. Bölge	33,185	41,467	19,97
2. Bölge	60,567	67,738	10,58
3. Bölge	75,822	84,927	10,72
4. Bölge	93,48	130,49	28,36

Isı yalıtımı yapmakla;

- Yakıt tasarrufu yapılması, dolayısıyla daha ucuza ısınma
- Kalorifer tesisatının maliyetinin azaltılması, soğutma yapılan binalarda da soğutma tesisatı maliyetinin azaltılması, söz konusudur.

Standardın eksikliklerinin giderilmesine karşın; yönetim mekanizmasındaki denetimsizlikler ve koordinasyon eksikliği nedeniyle ısı yalıtım uygulamasında tam olarak gerçekleştirilememektedir. Buna bağlı olarak binaların iç ortamlarında yaşanabilir koşullar iyi olmamakla beraber aşırı enerji tüketilmektedir.

1.6.1. Dış Ülkelerde Isı Yalıtımı ile İlgili Yapılan Yönetmelik ve Çalışmalar

Ülkemizde ısı yalıtımı konusundaki yönetmelik ve standartlar, bina kabuğunu ele almakta ve genellikle kabuğu oluşturan bileşenlerin geçirgenlik değerlerinin alt ve üst sınır değerleri ile ısı geçirgenlik katsayısını belirtmektedir.

Dış ülkelerde de iklimsel verilere ve enerji ihtiyacına bağlı olarak çeşitli yönetmelik ve standartlar hazırlanmıştır.

- Almanya, yeni binalarda enerji ihtiyacını azaltan ve mevcut binaları enerji verimliliği açısından iyileştirmeyi hedefleyen bir yönetmeliği yürürlüğe koymuştur. Yönetmelik, ısı yalıtımı ile ilgili önlemleri de kapsamaktadır. Almanya'da hazırlanan standartta yapı elemanları için minimum geçirgenlik direnci iklim bölgelerine göre belirlenmiştir. Binaların ortalama ısı geçirme katsayılarının maksimum değerleri ise formlarına bağlı olarak hazırlanan yönetmelikte belirtilmiştir. Bu standart ve yönetmelik çalışmalarının yanında Almanya, yenilenebilir enerji ve mevcut binalarda enerji tasarrufu önlemleri ile ilgili olarak oluşturulan bir program çerçevesinde, çatı ve duvar yalıtımları, pencerelerin değiştirilmesi gibi ısı yalıtım önlemlerini hibeler ve düşük faizli kredilerle desteklemektedir. Parasal destek, ısı yalıtımın % 20'sine kadar ulaşabilmektedir

- Fransa, konut ve ticari binalara uygulanan yalıtım yönetmeliğinde, mevcut yönetmeliğe göre yüzde 25 daha az enerji tüketecek şekilde değişiklikler gerçekleştirmiştir.

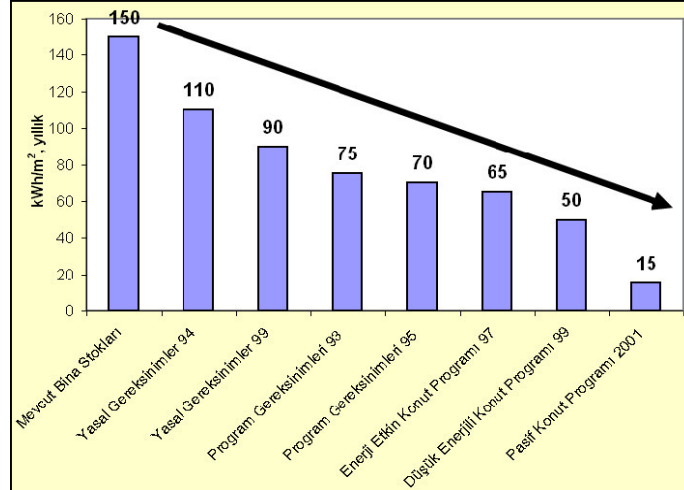
- Danimarka'da tek aile evleri ile benzer küçük binalar için ayrı, büyük binalar için ayrı yönetmelik hazırlanmıştır. Bu yönetmeliklerde yapı bileşenlerinin ısı geçirme kat sayılarının maksimum değerleri belirlenmiştir.

- İrlanda'da hazırlanan yönetmelikte bileşenlerin maksimum ısı geçirgenlik kat sayılarını belirtmektedir.

- Danimarka, İrlanda ve İngiltere'de, enerji verimliliğine uygun yenilemeler için düşük gelirli halka, mali destek sağlamaktadır.

- Mevcut binalarda ısı yalıtımını teşvik etmek amacıyla, Avusturya ve Belçika sübvansiyonlar uygulamaktadır [Şekil 9], [55].

- Amerika Birleşik Devletlerinde enerji korunumu amacıyla hazırlanan standart, yeni yapılacak binalarda bina dış cephesinin ortalama ısı geçirme kat sayısının maksimum değerlerini derece-gün'e bağlı olarak belirlemiştir.



Şekil 9. Avusturya’da binalarda enerji tüketimi

1.6.2. TS 825 Isı Yalıtım Standardı

Yeterli seviyede ısı yalıtımı yapılmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belirli bir iç sıcaklık sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. TS 825’de tanımlanan hesap yöntemi kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenebilir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan, güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır. Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. 2008 yılında yürürlüğe giren TS 825 Standardında eski yönetmeliğe göre; hangi binaları kapsadığı, simgesel değişiklikler, ısıtma enerjisi sınır değerleri, bölgelere göre kabul edilen U değerleri gibi konularda bir takım düzenlemeler yapılmıştır.

TS 825 Standardının içerdiği değişiklikler;

1. Eski standart yeni inşa edilecek binaların tümünü kapsarken, yeni standart inşa edilecek binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Ayrıca mevcut binaların da tamamına veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümler için standartta verilen tavsiye edilen ısı geçirgenlik kat sayılarına eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır.

2. Eski TS 825 (1998);

- Konutlar,
- Büro ve idari binalar,
- Tiyatrolar, kongre ve konser salonları, kültür merkezleri,
- Eğitim yapıları, kütüphaneler, spor tesisi, yurtlar,
- Hastaneler, huzur evleri, bakım evleri,
- Konaklama tesisleri, (Oteller vs.)
- Alışveriş merkezleri,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerlerini, kapsarken, yeni TS 825 (2008) bu yapı gruplarına ek olarak, iş ve hizmet binaları, imalat ve atölye binalarını kapsamaktadır.

3.Yeni TS 825'te (2008) hesaplamalarda kullanılan formüllerdeki işaretlemelerde (sembol, simge, indis vs) değişiklikler yapılmıştır [63].

a) Yapı elemanlarında iletim ve taşınım ile ısı geçişi katsayısı

Eski TS 825 (1998)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_d}$$

Yeni TS 825 (2008)

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Yapı elemanlarında iletim ve taşınım ile ısı geçişi

$$Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_d)$$

U: Isıl geçirgenlik katsayısı (m²K/W)

Q: Transfer olan ısı enerji miktarı (W)

A: Isı geçişine dik yüzey alanı (m²)

T: Sıcaklık (K, °C)

b) Özgül Isı Kaybı

Eski TS 825 (1998)

$$H = H_i + H_h$$

H_i : İletimle olan ısı kaybı (W/K)

H_h : Havalandırma yolu ile olan ısı kaybı (W/K)

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$$

n_h: Hava değişim sayısı (h⁻¹)

$$Q = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

U: Isıl geçirgenlik katsayısı (m²K/W)

Q: Transfer olan ısı enerji miktarı(W)

A: Isı geçişine dik yüzey alanı (m²)

θ: Sıcaklık (K, °C)

Yeni TS 825 (2008)

$$H = H_T + H_v$$

H_T : İletimle olan ısı kaybı (W/K)

H_v : Havalandırma yolu ile olan ısı kaybı (W/K)

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$$

n_h: Hava değişim sayısı (h⁻¹)

$n_h = 1$ alınır

$n_h = 0,8$ alınır.

c) Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

Eski TS 825 (1998)

Yeni TS 825 (2008)

Aylık ortalama güneş enerjisi

Aylık ortalama güneş enerjisi

Kazançları ($\Phi_{g,ay}$)

kazançları ($\Phi_{s,ay}$)

4. Farklı Derece Gün (D_g) Bölgeleri İçin Dış Sıcaklık Değerleri [Tablo 5], [63].

Tablo 5. Farklı derece gün (D_g) bölgeleri için dış sıcaklık değerleri

Eski TS 825 (1998)					Yeni TS 825 (2008)				
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Ocak	8,0	3,3		-5,2	Ocak	8,4	2,9	-0,3	-5,4
Şubat	9,3	4,5	2,0	-4,1	Şubat	9,0	4,4	0,1	-4,7
Mart	11,5	7,2	5,0	-1,3	Mart	11,6	7,3	4,1	0,3
Nisan	15,7	12,6	9,8	5,1	Nisan	15,8	12,8	10,1	7,9
Mayıs	20,6	17,8	14,1	10,1	Mayıs	21,2	18,0	14,4	12,8
Haziran	25,4	21,9	18,1	13,5	Haziran	26,3	22,5	18,5	17,3
Temmuz	28,0	24,4	21,1	17,2	Temmuz	28,7	24,9	21,7	21,4
Ağustos	27,2	23,8	20,6	17,2	Ağustos	27,6	24,3	21,2	21,1
Eylül	23,3	19,6	16,5	13,2	Eylül	23,5	19,9	17,2	16,5
Ekim	18,1	14,1	11,3	6,9	Ekim	18,5	14,1	11,6	10,3
Kasım	13,3	9,1	6,5	1,3	Kasım	13,0	8,5	5,6	3,1
Aralık	9,4	4,9	2,6	-3,0	Aralık	9,3	3,8	1,3	-2,8

5. Bölgelere Göre En Fazla Değer Olarak Kabul Edilmesi Tavsiye Edilen U Değerleri

Eski TS 825 e göre 1. Bölge için tavsiye edilen U değerleri yeni TS 825'te aşağıya çekilmiş, pencere için belirtilen $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan U değeri bütün bölgeler için $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak değiştirilmiştir. Isı yalıtım hesabı yapılan yeni binaların çatı, döşeme, duvar ve pencereleri için hesaplanan U değerlerinin bir veya daha fazlasının, tavsiye edilen U değerlerinin %25'inden büyük olması durumunda, diğer bölümlerde hesaplanan U değerleri; standartta tavsiye edilen değerlerin %25'inden düşük olamaz. TS 825 standardında verilen bu özel hüküm ile; yapının belirli bölümlerinde yalıtımın uygulanamaz seviyede veya maliyetler göz önüne alınarak dengesiz bir şekilde tasarlanması, diğer bölümlerde ise yalıtım yapılmaması/yetersiz yapılması tehlikesinin önüne geçilmek istenmiştir.

Çatı, döşeme, duvar ve pencerelerin tümünde; hesaplanan U değerlerinin, standartta tanımlanan tavsiye değerlerinden küçük olması durumunda ise yapı elemanları için

herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Tüm yapı elemanlarında uyulmak kaydıyla; tavsiye edilen U değerlerinden, istenildiği kadar daha düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip detay tasarımı yapılabilir.

Enerji sınır değerleri içerisinde kalacak şekilde tasarlanan bir binada bulunan tüm yapı bileşenleri yoğuşma kriterlerini de sağlıyorsa yapılan tasarımın uygun olduğu rapor haline getirilmektedir. Yoğuşma veya enerji sınır değerlerinden birisini sağlayamayan tasarımlar standarda uygun olmadığından, yapı ruhsatı alamamaktadır [64].

6.Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabında Kullanılan Formüller

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = Q_{ay}$$

$$Q_{ay} = (H(T_i - T_d) - hay(F_{i,ay} + F_{g,ay})) \cdot t$$

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı

H: Binanın özgül ısı kaybı

T_i, T_d : Aylık ortalama iç ve dış sıcaklıklar

hay: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

$F_{i,ay}, F_{g,ay}$: Aylık ortalama iç ve güneş enerjisi kazançları

t : Zaman

Binanın Özgül Isı Kaybı (H)

$$H = H_i + H_h$$

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H_h)

$$H_h = (A \cdot U) + I \cdot U_1$$

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H_h)

$$H_h = 0,33 \cdot nh \cdot V_h$$

Aylık Ortalama İç Kazançlar ($F_{i,ay}$)

$$\text{Konutlarda} \dots \dots \dots F_{i,ay} = 5 \times AN$$

$$\text{Ticari binalarda} \dots \dots \dots F_{i,ay} = 10 \times AN \quad AN = 0,32 \times V_{brüt}$$

Aylık Ortalama Kazanç Kullanım Faktörü

$$\ç_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$$

$$KKO_{ay} = (F_{i,ay} + F_{g,ay}) / H (T_i - T_d)$$

Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

$$F_{g,ay} = r_{i,ay} \cdot i_{ay} \cdot g \cdot I_{i,ay} \cdot A_i$$

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

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

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı

Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \frac{1}{Y} + \frac{1}{a_d}}$$

U :Isıl geçirgenlik katsayısı

$1/a_i$:İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

$1/a_d$:Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

Binalar, ısı kayıpları bakımından çevre şart ve gereklerine uygun düzeyde yalıtılacaktır. Binaların hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, bölgelere göre verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerlerini aşmamalıdır [Tablo 6], [65].

Tablo 6. Bölgelere ve ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q' nun hesaplanması

1.Bölge	An ile ilişkili	$Q_{1,DG}=44,1 \times A/V + 10,4$	(kWh/m ² ,yıl)
	Vbrüt ile ilişkili	$Q_{1,DG}=14,1 \times A/V + 3,4$	(kWh/m ³ ,yıl)
2.Bölge	An ile ilişkili	$Q_{2,DG}=70 \times A/V + 24,4$	(kWh/m ² ,yıl)
	Vbrüt ile ilişkili	$Q_{2,DG}=22,4 \times A/V + 7,8$	(kWh/m ³ ,yıl)
3.Bölge	An ile ilişkili	$Q_{3,DG}=76,3 \times A/V + 36,4$	(kWh/m ² ,yıl)
	Vbrüt ile ilişkili	$Q_{3,DG}=24,4 \times A/V + 11,7$	(kWh/m ³ ,yıl)
4.Bölge	An ile ilişkili	$Q_{4,DG}=82,8 \times A/V + 50,7$	(kWh/m ² ,yıl)
	Vbrüt ile ilişkili	$Q_{4,DG}=26,5 \times A/V + 16,3$	(kWh/m ³ ,yıl)

1.6.3. Ülkemizde Yalıtım Sektörünün Gelişimi

Cumhuriyetin ilk yıllarında Türk sanayisi oldukça zayıf ve kendi üretimini yapacak kapasitede değildi. Birçok ihtiyacını yabancı ülkelerden karşılıyordu. Günümüzde ise inşaat ve yalıtım malzemelerinin büyük çoğunluğu ülkemizde üretilmektedir. Üretilen inşaat malzemelerini yurt dışına ihraç etmektedir.

Ülkemizde yeni yapılanma hızı gelişmiş ülkeler ile mukayese edilemeyecek kadar yüksek olmasına rağmen yalıtım sektörü bu hıza paralel bir gelişme gösterememiştir. Yalıtımın önemi ancak yakın bir geçmişte ele alınmıştır. Öncesinde binalar yapılırken basit

barınma eylemini gerçekleştirmenin yanında çevre koşulları da dikkate alınarak yalıtıma ilişkin çözümler yapıldı. Örneğin geleneksel Türk konutunda ev zeminden bir kat yukarda yer alırdı. Aynı şekilde hava koşullarına bağlı olarak yapıların yönlenmesine de dikkat edilirdi.

Diğer ülkelerin yapı tasarımlarında da benzer çözümler vardır. Dünyada yalıtım konusu 1920'lerde önem kazanmaya başlamıştır. Ülkemizde yalıtım konusu ise 1970'lerde dikkate alınmaya başlamıştır. 1900'lerin ilk yarısından sonra artan Türkiye nüfusu ve bu nüfusun kentlerde toplanmaya başlaması inşaat sektörünü hızlı bir büyümeye iterek önünü açmıştır. Ancak bu büyüme planlı bir büyümenin bir parçası olamamıştır. Bu nedenle, kendini sürekli yenileyen ve uluslararası standartlarda geliştiren inşaat sektörü içinde de kurlsız ve denetimsiz bir alan her zaman mevcut olmuştur. Geçmişten gelen bu denetimsizlik ve kurlsızlık içinde var olan yapılaşmaları bugün bile hala görebiliyoruz. İnşaat sektörü içinde yer alan yalıtım sektörü de bu ihmaller yüzünden yapılarda tam anlamıyla veya hiç kullanılmamıştır.

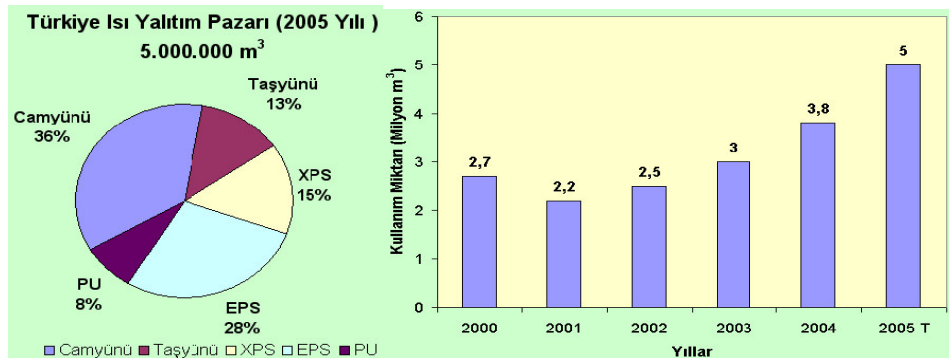
Yalıtım sektörünün inşaat sektörü içinde geri kalmasının bir sebebi nüfusun gelir düzeyinin yalıtım yapmasına olanak vermeyişi, ikinci bir sebep ise yatlım bilincinin topluma yeterince duyurulamayışıdır. Bu konuda günümüzde bu sektörde yer alan firmalar yalıtımın önemini topluma anlatmak için birçok reklam ve tanıtım faaliyetleri yapmaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar yeterli değildir. Bu konuda devletin denetim mekanizmaları da etkin konumda olmalıdır. Enerjinin verimli kullanılması konusunda devletin yaptığı çalışmalar 1973 petrol krizinden sonra olmuştur. Ancak yapılan çalışmalar yeterince etkili olamamıştır. Denetim mekanizmalarının işlemesi özellikle 1999 yılında yaşanan deprem felaketi ile başlamıştır. Bu dönemde inşaat sektörü devlet tarafından sorgulanmaya ve bazı yaptırımlar uygulanmaya başlamıştır.

Yalıtım sektörü; ısı, ses, su ve yangın malzemesi üreticileri, satıcıları, uygulayıcıları ve ithalatçılarından oluşuyor. Sektör Türkiye ekonomisi için başlangıçtan bu yana hep lokomotif sektör olan inşaat sektörünün bir alt sektörüdür. Yıllar içinde inşaat sektörü hızla büyürken, yalıtım sektörü daha yavaş bir gelişme göstermiştir.

Sektörün gelişim açısından bir diğer problemi, inşaat sektöründe çalışanların eğitim düzeylerinin düşük olmasından ve kalifiye eleman temininin zorluğudur. Ayrıca birçok elemanın usta-çırak ilişkisi içinde eski yöntemlerle yetişmiş olması, yeni ürünlere karşı bir direnç, tepki yaratarak ürünün kullanılmasını engellemektedir.

Yalıtım konusundaki bu olumsuz durumlar deprem felaketinin yarattığı etki, enerji maliyetlerinin artması ve bilinçlendirme çalışmalarıyla birlikte her geçen gün olumlu yönde bir değişme göstermektedir [55].

Isı yalıtım sektörü, ülkemizde son yıllarda büyümeye başlamıştır. 2002 yılında 2 milyon 500 bin metreküp olan Türkiye ısı yalıtım pazarının 2005 yılında iki kat büyüyerek yaklaşık 5 milyon metreküplük bir büyüklüğe ulaşabildiği tahmin ediliyor [Şekil 10], [55].



Şekil 10. Türkiye’de ısı yalıtım pazar miktarı

Türkiye’de bu büyümeler hız kazanırken Avrupa ve Amerika’ya kıyasla fazla büyüme göstermemektedir [Tablo 7], [66]. Örneğin, Fransa’da yalıtım ürünleri pazarının büyüklüğü 30 milyon metreküptür. Bu büyüklük, nüfus, kişi başına düşen milli gelir, coğrafi konum gibi yalıtıma doğrudan etki eden değerler ile karşılaştırıldığında, Türkiye’den daha gelişmiş ülkelerin kişi başına düşen birim tüketimlerinin 5 ile 15 kat fazla olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır [Tablo 8], [55].

Tablo 7. Kişi başına düşen ısı yalıtım malzemesi tüketimi

Türkiye	0.07 m ³
Avrupa	0.4 m ³
Amerika	1 m ³

Tablo 8. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri tüketimi

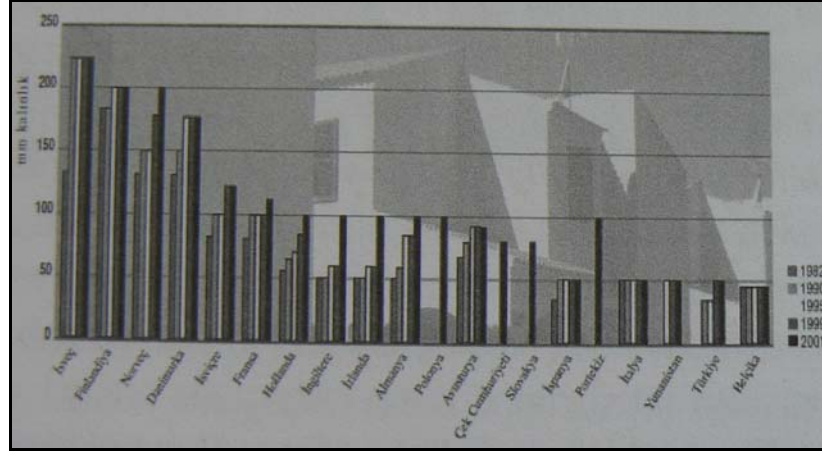
Almanya	11 m ³
Fransa	1 m ³
Türkiye	5.7 m ³
İtalya	2.8 m ³
Portekiz	2.8 m ³
İspanya	2.8 m ³

Türkiye’de yalıtım pazarının gelişmiş ülkelerin seviyesine gelememesinin temel nedenleri arasında;

- Herhangi bir enerji politikasının olmaması ve kamuda çok önceleri gündeme alınması gereken enerji verimliliğinin ancak 2000’li yıllarda dile getirilmeye başlanması,
- Yapısal yasal düzenlemelerin 2000 yılından sonraki binaları kapsamaması,
- Mevcut yasal düzenlemelerin yetersizliği,
- Mevcut binalara yönelik teşvik sistemi ile desteklenmiş herhangi bir düzenlemenin olmaması ve enerji verimliliği uygulamalarının özendirilmemesi,
- Üniversitelerde enerji verimliliği ile ilgili yeterli eğitim verilmemesi,
- Onay merci olan belediyelerde imkan, personel, ekipman eksiklikleri,
- İnşaat işlerinde denetim sisteminin işleyemeyişi,
- Ekonomik yetersizlikler, gösterilebilir.

2000 yılında Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılan 4. Bina Sayımı verilerine göre, Türkiye’de yaklaşık 8,1 milyon bina bulunuyor ve bu binaların sadece %10’unun çatısı ısı yalıtımına sahiptir. 2000 yılında ısı yalıtımı uygulamalarının zorunlu hale getirilmesi ile ısı yalıtım sektörü önemli bir atılım gerçekleştirmiş ve bugünkü büyüklüğüne ulaşmıştır. Türkiye’de bulunan bütün binalarda kurallara uygun olarak yalıtım yapılması durumunda yıllık tasarrufun 5 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir.

EURIMA (Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği) tarafından 2002 yılında yayınlanan “Binaların Yalıtımının Çevre Açısından Kritik Önemi” başlıklı raporda, 1982 ve 2001 yılları arasında Avrupa ülkelerinde kullanılan yalıtım kalınlıkları veriliyor [Şekil 11], [67]. Ülkemizin durumuna baktığımızda TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardının 1998 yılında yürürlüğe girmesiyle yalıtım kalınlıkları bir miktar artarak ülkemiz için olumlu bir gelişme olmuştur. Fakat benzer koşullarda Almanya ve Fransa gibi ülkelerin kalınlıkları yakalanamamıştır.



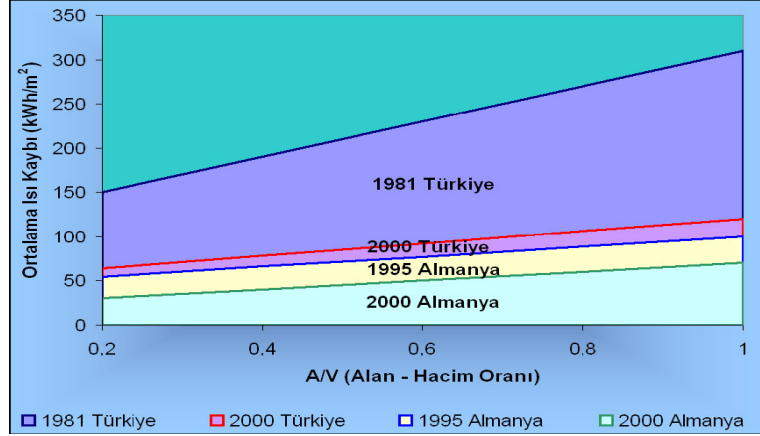
Şekil 11. Duvarların yalıtım kalınlıkları-Avrupa 1982-2001

Şekil 11 incelendiğinde Norveç, Fransa, İngiltere, İrlanda, Danimarka, Almanya gibi ülkeler, düzenli olarak değiştirdikleri enerji politikaları gereği yalıtım kalınlıklarını belli sürelerde arttırdıkları görülmektedir. Ülkemizde de ihtiyaca bağlı olarak bir enerji politikası oluşturulmalı ve enerjinin gerekliliğine bağlı olarak enerji limitleri düzenli bir şekilde düşürülmelidir.

1.7. Enerji Tasarrufunda Isı Yalıtımının Önemi

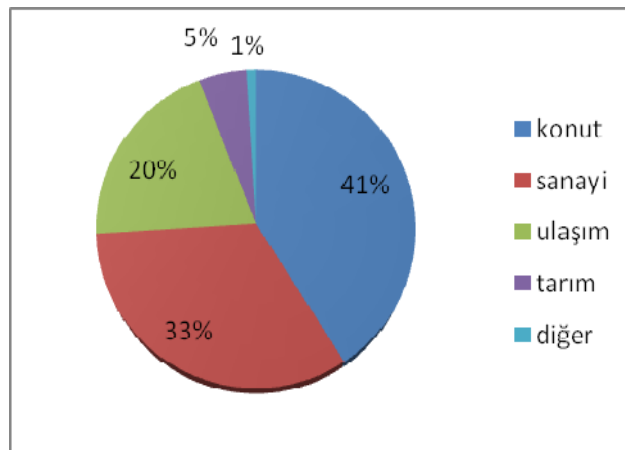
Isıl konfor açısından binaların ve konutların ekonomik değerlendirmeleri 1973 Enerji Krizi'nden önce yapılmamıştı. Bunun sebebi ise enerjinin her şeklinin ucuz ve kolay erişilebilir olmasıydı. Fakat daha sonra yaşanan ekonomik kriz, binalara ve konutlara daha çok yeterli ısı yalıtımı yapılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Binalarda ısı yalıtımının yetersizliğinden kaynaklanan sosyal ve ekonomik sorunlar ile binaların yıpranması gibi sorunları önlemek için mevcut yönetmelikleri etkili kılmak ve yeni yasal düzenlemelere gitmek zorunlu hale gelmiştir.

Özellikle AB ülkeleri; iklim değişikliği sözleşmesine taraf olarak Kyoto Protokolü'nün imzalanmasıyla, küresel ısınma ve hava kirliliği ile mücadele edilmesi yönünde taahhütlerde bulunmuşlar ve kısa zaman aralıklarıyla standartlarında yer alan enerji limitlerini yenilemeye başlamışlardır [Şekil 12]. Grafikte Türkiye ve Almanya'nın son dönemde yaptıkları revizyonlarla oluşan enerji kaybı limitleri görülüyor.



Şekil 12. Almanya ve Türkiye'deki binalarda enerji kaybı limitleri

Yeryüzündeki mevcut enerji kaynaklarının büyük bir bölümü insanların ısı konforunu sağlamak için yapıların ısıtılması, havalandırılması ve iklimlendirilmesinde tüketilmektedir [68]. Dünya genelinde enerji tüketimi son 25 yılda kişi başına sadece %5 kadar artmış olmakla beraber, Türkiye'de son 25 yıldaki artış oranı %100 rakamının üzerindedir. Türkiye'nin enerji üretimi resmi rakamlara göre 1990 yılında toplam ihtiyacının %50 kadarını karşılarken; günümüzde sadece %30'unu karşılayabilmektedir. Ülkemizde enerji tüketiminin ortalama %41'i konutlarda, %33'ü sanayide, %20'si ulaşımda, %5'i tarımda ve %1'i diğer alanlarda kullanılmaktadır. Tüketilen tüm bu enerjinin yaklaşık %85'i ısıtma amaçlı kullanılmaktadır [Şekil 13], [69].



Şekil 13. Enerji tüketiminin sektörel dağılımı

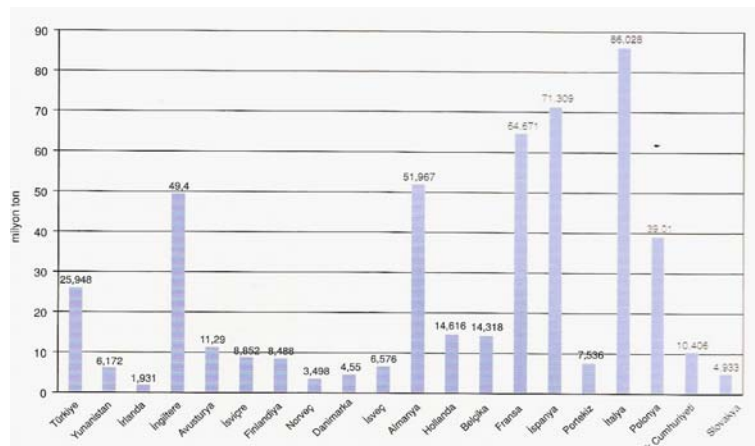
TS 825'in tam olarak uygulanması halinde enerji tasarrufu ile birlikte ülke ekonomisine sağlayacağı katkı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir [Tablo 9], [55].

Tablo 9. TS 825'in sağladığı enerji tasarrufunun ekonomik büyüklüğü

Yıllar	Bina Sayıları	Parasal Tasarruf (\$)
2000(son 6 ay)	49.000	140.000.000
2001	125.000	340.000.000
2002	170.000	470.000.000
2003	220.000	625.000.000
2004 (ilk 6 ay)	250.000	720.000.000

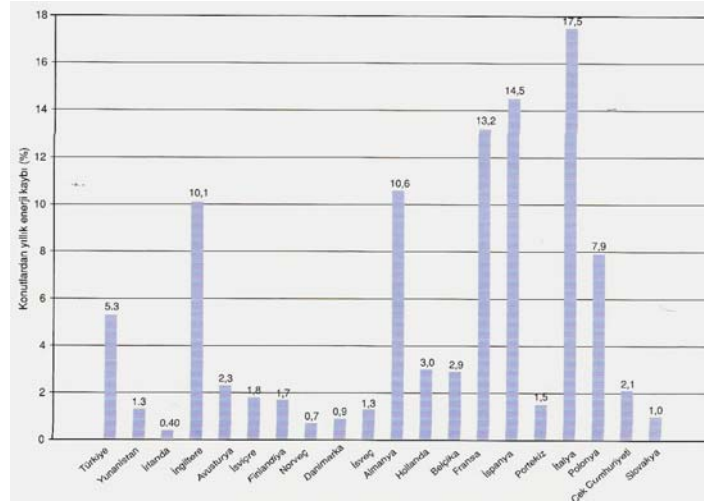
Binalarda doğru malzemeler ve doğru tasarımla yapılacak ısı yalıtımının, oldukça büyük miktarda enerjinin tasarruf edilmesine olanak sağlar. Kullanıcı sağlığı düşünüldüğünde binalarda ısı yalıtımı kullanarak ısı kayıplarını azaltmanın önemli nedenlerinden birisi de enerji kökenli hava kirliliğidir. Özellikle kış aylarında yaşanan, insanları, ürünleri ve doğal yaşamı tehdit edici boyutlara ulaşan hava kirliliğine en büyük katkı enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği EURIMA'dan alınan 2001 verilerine göre Şekil 14, konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO emisyonlarını vermektedir. Bu şekilde anlaşılabileceği gibi bina yapımcıları ve kullanıcıları, yalıtım yapılması durumunda CO emisyonunun azaltılabileceğinin farkında değillerdir.

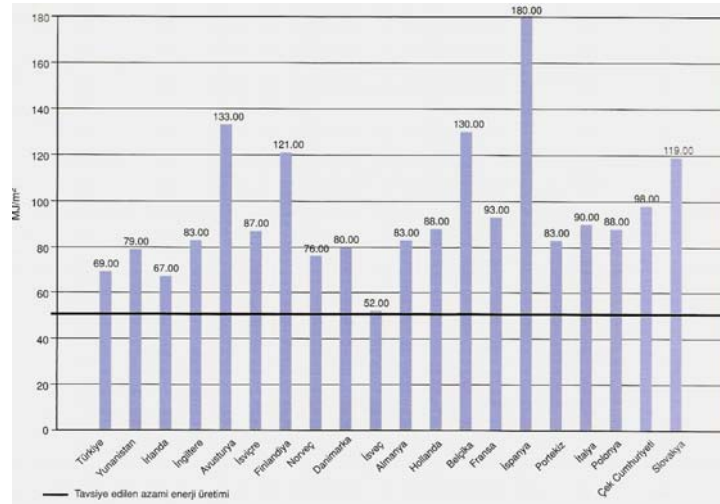


Şekil 14. Konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO emisyonları

Şekil 15'te EURIMA'dan alınan 2001 verilerine göre konut başına düşen yıllık enerji kaybı; Şekil 16'da ise duvarlardan meydana gelen enerji kaybı verilmektedir. Şekil 16'dan anlaşılacağı üzere Türkiye'de duvarlardan meydana gelen enerji kaybı tavsiye edilen azami enerji tüketiminin üzerindedir [71].



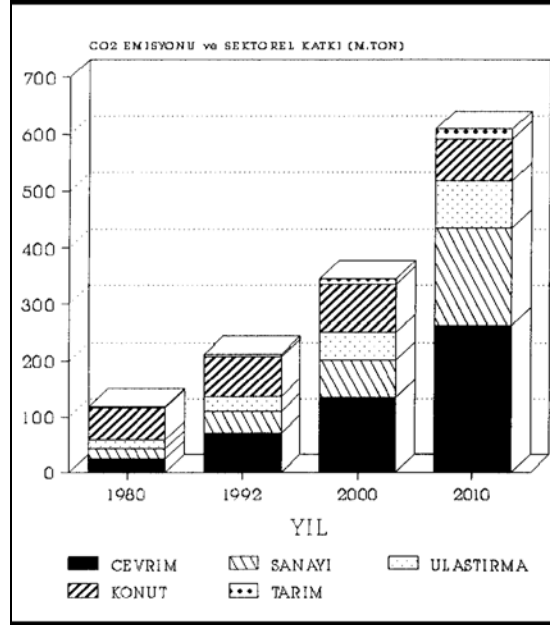
Şekil 15. Konutlarda yıllık enerji kaybı



Şekil 16. Duvarlarda meydana gelen enerji kaybı

Önümüzdeki on yıl için karbondioksit emisyonları tahminleri yapılmış ve Şekil 17'de bu değerler belirtilmiştir. Çevrim sektörünün 1980 yılındaki %20 oranındaki payının 2010 yılında %43'e, sanayi sektörünün %16 olan payının %28'e, tarım sektörünün %2 olan payının %3'e yükseleceği, ulaştırma sektörünün %14 olan payını aynı şekilde koruyacağı,

buna karşılık konut sektörünün 1980 yılında %47 olan payının 2010 yılında %12'ye düşeceği tahmin edilmektedir [70].



Şekil 17. Türkiye'deki CO2 emisyonlarının sektörel dağılımı

Binalarda, kışın büyük ısı kayıpları, yazın ise büyük ısı kazançları ortaya çıkmaktadır. Gerek müteahhitler, gerekse konut kullanıcıları genelde bu olayı göz ardı etmekte, binanın sadece estetik ve güzel görünüşüne ağırlık vermektedirler. Durum böyle olunca, özellikle bina inşaatı sırasında uygun olmayan yapı malzemeleri seçimi ve yapılmayan basit uygulamalar ile binanın kullanım ömrü süresince, hem konut sahiplerine hem de daha fazla enerji tüketimi ile çevre üzerine olumsuzluklar vermektedir [71]. Yalıtımdan vazgeçerek, binanın inşaat maliyetinin düşürülmesi bir avantaj olarak görünse de Tablo 10'dan de anlaşılacağı üzere, termal konforu sağlanmış bir iç ortamda yaz ve kış mevsimlerinde harcanan enerji ile kullanıcılar, ulusal ekonomimiz ve çevremiz büyük kazançlar sağlamaktadır [72].

Tablo 10. ENERBED bilgisayar programı ile yalıtımlı ve yalıtımsız bir binadaki tüketilebilecek yakıt miktarı ve maliyeti

Isı Yalıtımsız	Isı Yalıtımlı	Tasarruf
3330.3 lt/yıl	744.3 lt/yıl	2586 lt/yıl
85.6 Milyon/yıl	19.1 Milyon/yıl	66.5 Milyon/yıl

Ülkemizdeki binalarda ısı yalıtım seviyesinin ne düzeyde olduğunu göstermek için uygulanmakta olan yalıtım kalınlıklarına bakmak gerekir. Örneğin, Ankara, Erzurum ve İstanbul'da, çatı ve duvarlarda uygulanmakta olan izolasyon kalınlıkları sırasıyla Ankara için 6 cm ve 2 cm, Erzurum için 6 cm ve 3 cm, İstanbul için 5 cm ve 0 cm iken; İzocam Tic. San. A.Ş.'nin yaptığı hesaplara göre optimum izolasyon kalınlıkları ise yine çatı ve duvarlarda olmak üzere sırasıyla Ankara için 10 cm ve 8 cm, Erzurum için 12 cm ve 9 cm, İstanbul için 8 ve 6 cm'dir [73].

1990 yılında PİAR Araştırma Şirketi tarafından İstanbul, Ankara, Bursa ve Kocaeli'nde, ısı yalıtım yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği tarihten sonra inşa edilmiş 15.643 bina üzerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre bu binalarda, İstanbul'da %53, Ankara'da %24, İzmir'de, Kocaeli'nde ve Bursa'da %84 oranında yeni yönetmeliğe uyulmadığı görülmüştür [58].

Konu üzerinde yapılan hesaplamalara göre iyi bir ısı yalıtımı ile enerji tüketiminden %70-80 tasarruf sağlamak mümkündür. Basit bir yalıtımla ise bu kazanç yaklaşık %50 düzeyindedir [Tablo 11], [74].

Tablo 11. Yalıtım derecelerine göre ısı ihtiyacı

Yalıtım Derecesi	Dış kapılar ve pencereler	Çatı	Dış duvar	Döşeme	Isı ihtiyacı KWh/yıl
Yetersiz	Çift cam	18 cm Beton	30 cm Delikli Tuğla	18 cm Beton	34.790
Orta	Çift cam	5 cm Yalıtım	5 cm Yalıtım	5 cm Yalıtım	15.280
İyi	Üç cam Yalıtım	15 cm Yalıtım	12 cm Yalıtım	10 cm	8.790

Ülkemizde enerji fiyatlarındaki yüksek artışların etkisiyle yalıtım teknolojilerine yatırım bilinci giderek artmaktadır. Avrupa Birliği'ne uyum çalışmaları çerçevesinde yapılan çalışmalar ve zorunlu standartların yürürlüğe girmesi sektörün geleceğine olumlu yansımaktadır. Bu nedenle, bina yalıtımında, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. bilim dalları bir eşgüdüm içerisinde bulunmalıdır.

Ülkemizde gerçekleştirilmiş veya gerçekleştirilmekte olan konut binaları ele alındığında, yalıtım özelliklerinin yetersiz kaldığı kayda değer enerji kayıplarının

yaşandığı, dolayısıyla aşırı enerji kullanımından ötürü çevrenin de zarar gördüğü tartışılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır.

Yapılan bir örnek çalışmada, İstanbul ve Elazığ 'da 10x12x2.6 m ölçülerinde müstakil ısıtılmalı (fuel-oil), duvarlarında toplam 20 m² cam yüzey olan bir bina konu olarak seçilmiş, ısı yalıtımsız (mevcut) ve yalıtımlı durumun sonuçları alınmıştır. Söz konusu yapıda; 10 cm cam yünü çatı şiltesi (çatıya), 5 cm XPS (Ekstrüde Polistren) ısı yalıtım levhası (duvarlara içten uygulama) ve 5 cm XPS ısı yalıtım levhası (döşemeye) uygulanarak ısı yalıtımı yapılmıştır. Isı yalıtımı toplam maliyeti Ağustos 2001 birim fiyatlarına göre (KDV, işçilik, nakliye ve malzeme bedeli dahil) yaklaşık 1.478 YTL'dir. Isı yalıtımı sonucu sağlanan yakıt tasarrufu ve hava kirletici atıklardaki azalma miktarı hesaplandığında Tablo 12 ve 13 'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 12. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumunda tüketilebilecek yıllık yaklaşık yakıt miktarı

Mevcut/Yalıtımsız		Isı yalıtımlı		Bir yıldaki muhtelif tasarruf	
İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ
3.7 ton	5.6	1.0	1.4	2.7	4.2
1.443 Tl/Yıl	2.184 Tl/Yıl	390 Tl/Yıl	546 Tl/Yıl	1.053 Tl/Yıl	1.638 Tl/Yıl

Tablo 13. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumunda olası hava kirletici atık miktarları

Zararlı maddeler	Mevcut/Yalıtımsız		Isı yalıtımlı	
	İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ
CO2 Ton/Yıl	11,0	16,6	2,9	4,1
SO2 Kg/Yıl	1,8	2,8	0,5	0,7
NOx Kg/Yıl	21,0	31,9	5,7	7,9
CO Kg/Yıl	7,2	10,9	1,9	2,7
CxHy Kg/Yıl	1,5	2,4	0,4	0,6
Partikül Kg/Yıl	5,3	8,0	1,4	2,0

Yukarıdaki verilere göre; bir yılda yaklaşık % 70 yakıt tasarrufu yapılmakta, ısı yalıtımına yapılan yatırım İstanbul 'da 1.5 yılda Elazığ 'da ise 1 yılda kendini amorti edebilmektedir. (Fuel-oil: 0,039 YTL/Litre olduğu varsayılmaktadır, ayrıca yakıt ve yalıtım malzemesi fiyatlarının paralel seyri ilkesi mevcuttur). Hava kirliliğindeki azalma ise % 75 oranındadır. Tablo 13'te verilen % 70 kazanç, hem enerjisi büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemiz hem de bina kullanıcıları için küçümsenemeyecek bir rakamdır.

Yalıtım için yapılan yatırımlar ise, sağlanan bu tasarrufun yanında önemsiz kalmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtımının öneminin ve getirdiği kazançların toplumun her kesimine çok iyi anlatılması ve bu konuda bilinçli bir toplumun oluşturulmasına çalışılmalıdır [55].

Günümüzde enerjinin verimli kullanımı konusunda enerji tüketimi ve çevresel etkileri minimize edecek çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların en önemlisi bina kabuğunda yalıtım yaparak yapıyı ısı, ses, yangına karşı korumak olmuştur. Bu amaçla yapı kabuğunun tasarımında enerji korunum düzeyini arttıracak yalıtım malzemelerin kullanılması ile konforlu mekân oluşumu sağlanmaktadır.

Isı yalıtımı ile güçlendirilen bir yapı kabuğunun sağladığı kazançlar;

- Isıl korunum düzeyini arttırarak istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını azaltır
- Bina içinde tüketilen enerji miktarını azaltarak ekonomik katkı sağlar
- Kabuk konstrüksiyonunu dış etkenlerden koruyarak meydana gelebilecek yapı hasarlarını en aza indirmekte (yalıtım özellikle dıştan yapıldığında)
- İç mekanda duvar yüzey sıcaklıklarını konfor sıcaklığına ulaştırır
- Yalıtımın sürekliliğine bağlı olarak ısı ve nem köprülerini ortadan kaldırarak yoğuşma ve terlemeyi önleyerek sağlıklı bir yaşama ortamı oluşturur.

1.7.1. Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasında Kullanılan Tasarım Parametreleri

Konutlarda yıllık enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik en uygun tasarım parametrelerinin belirlenmesi ile yıl boyunca konutlarda oluşacak enerji giderlerinin en aza indirilmesi için tasarım aşamasında alınacak kararlar önemli bir etken oluşturmaktadır. Ayrıca, alınacak bu kararların ilk yatırım maliyetine olan etkisinin hesaplanması ve en düşük enerji giderlerini sağlayan seçeneklerin belirlenmesi de tasarım parametrelerine etki etmektedir.

1.7.1.1. Dış İklim Verilerinin Belirlenmesi

Binaların toplam enerji giderlerinin hesaplanabilmesi için seçilen tasarım günleri için, hava sıcaklıklarının saatlik ortalama değerleri, hava nemliliklerinin saatlik ortalama değerleri, güneş ışınımı değerleri, çeşitli yönlerde esen rüzgarlara ilişkin hız ve esme sayısına ait değerlerinin gerçek atmosfer koşullarında ölçülen verilere göre belirlenmesi gerekmektedir. Gerçek atmosfer koşulları, atmosferin yöresel bileşimini ve yöresel

bulutluluk koşullarını göz önüne alarak tanımlayan atmosfer koşullarıdır. Ayrıca, ısıtmanın ve soğutmanın istendiği dönem ve saatler belirlenmeli, yapılacak olan hesaplamalar bu tasarım günlerine ait meteorolojik verilere dayandırılmalıdır.

1.7.1.2. İç İklim Verilerinin Belirlenmesi

İklimsel konfor açısından bir hacimdeki iç yüzey sıcaklıkları iç hava sıcaklığı kadar önemlidir. Kabuk iç yüzey sıcaklığı günlük ortalamasının iklimsel konfor açısından belirli bir değere sahip olunması gerektiği bilinmektedir. Kabuk elemanı iç yüzey sıcaklığı günlük ortalamasının iklimsel konfor açısından izin verilebilir değeri aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$t_{iyo} = t_i \pm \varepsilon$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

t_{iyo} : kabuk elemanı iç yüzey sıcaklığı günlük ortalamasının iklimsel konfor açısından izin verilebilir sınır değeri, ° C

t_i : iç hava sıcaklığının konfor değeri, ° C

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

1.7.2. Yıllık Enerji Giderlerinde Etkili Olan Yapay Çevresel Etkenlerin Belirlenmesi

1.7.2.1. Binanın Yeri

Isıtma ve soğutma yüküne ait değişimlerin hesaplanmasında ve uygun tasarım parametrelerinin önerilmesinde kullanılmak üzere, binanın bulunduğu yörede geçerli olan iklimsel koşulların yanı sıra, binanın yer aldığı arazinin eğimi, konumu, yönü ve örtüsü gibi değişkenler belirlenmelidir.

1.7.2.2. Binanın Diğer Binalara Göre Konumu

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

1.7.2.3. Binanın Formu

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

1.7.2.4. Binanın Yönlendiriliş Durumu

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

1.7.2.5. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Bina kabuğundan kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarının belirlenmesi için, optik ve termofiziksel özelliklere ait değerlerin belirlenmesi gerekir. Opak bileşenin dış yüzeylerinin güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı, cephenin açık veya koyu renkli olması ile değişkenlik gösterdiğinden cephe rengine bağlı olarak, opak bileşenin dış yüzeylerinin güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı belirlenmelidir.

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

Kabuk elemanının saydam bileşenlerinin optik ve termofiziksel özellikleri, piyasada üretilen cam ve doğrama türlerine bağlı olan belirli seçeneklerle sınırlıdır. Bu nedenle,

enerji giderlerinin azaltılması yönünde optimal performans gösteren bina kabuğunun belirlenmesinde izlenecek yol; öncelikle saydam bileşen türünün optik ve termofiziksel özelliklerine, saydamlık oranına ve yöne bağlı olarak opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısının izin verilebilir maksimum değerinin belirlenmesidir. Kapalı bir mekanda iç yüzey sıcaklıkları, iklimsel konfor ve enerji korunumu açısından iç hava sıcaklığı kadar önemli bir faktör olduğundan, opak kabuk bileşenin toplam ısı geçirme katsayısının izin verilebilir maksimum değerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak ana ilke; opak ve saydam bileşenlerden oluşmuş bina kabuğunun ortalama iç yüzey sıcaklığının, iklimsel konfor açısından izin verilebilir sınır değerlerini aşmamasıdır.

Kabuk elemanının birim alanından kaybedilen ve kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, günlük ortalama sol-air sıcaklıkların (t_{e00}, t_{eco}) dış tasarım sıcaklıkları olarak alındığı koşullarda aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanabilir.

$$q = U_o \cdot (t_i - t_{e00}) \cdot (1 - x) + U_c \cdot (t_i - t_{eco})$$

q : Kabuk elemanının birim alanından kaybedilen veya kazanılan günlük ortalama saatlik ısı miktarları, W/m^2

U_o : Opak bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

U_c : Saydam bileşene ait toplam ısı geçirme katsayısı, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

t_i : İç hava sıcaklığı konfor değeri, $^\circ C$

x : Saydamlık oranı

t_{e00} : Opak bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, $^\circ C$

t_{eco} : Saydam bileşeni etkileyen günlük ortalama sol-air sıcaklık, $^\circ C$

1.7.3. Konutlarda Enerji Giderlerinin Hesaplanması

Konutlarda yıllık enerji giderleri içinde yer alan ısıtma giderleri, ısıtmanın istendiği dönem boyunca tüketilen yakıt miktarına, soğutma enerjisi giderleri ise soğutmanın istendiği dönem boyunca tüketilen elektrik enerjisi miktarına bağlıdır. Isıtma ve soğutma dönemlerinin süresinin belirlenmesi, iklimsel konfor grafiği aracılığıyla elde edilmiştir. Bu dönem sürelerinin yörelere bağlı olarak uzamasıyla, iç konfor koşullarını sağlamak için ısıtma ve soğutma sistemlerinin daha uzun devrede olması nedeniyle enerji giderleri artacaktır.

Isıtma süresine bağlı olarak tüketilen yıllık yakıt miktarı,

$$m = \frac{Q_h \cdot z \cdot Z}{2 \cdot H_u \cdot \eta_k}$$

m : Bir ısıtma mevsimi için gerekli olan yakıt ihtiyacı, m^3

Q_h : Binanın ısıtma yükü, W

z : Tesisin günlük çalışma süresi, h

Z : İklim koşullarına göre tesisatın yıllık çalışma süresi, gün

H_u : Tesiste yakılacak yakıtın alt ısı değeri, kJ/kg

η_k : Isı üreticisinin toplam verimi

Soğutma süresine bağlı olarak tüketilen yıllık elektrik miktarı ise, binanın günlük ısı kazancına ve yıl boyunca soğutma sisteminin çalışma süresine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Soğutma süresine bağlı olarak tüketilen yıllık elektrik miktarı,

$$E_y = Q \cdot 86400 \times 10^3 \cdot 0,278 \cdot 10^3 \text{ (kwh)}$$

formülü ile hesaplanır.

Q : Günlük ortalama kazanılan ısı miktarı (W)

x : Soğutma sisteminin yıllık çalışma süresi (gün)

($W = J/ sn$, $1kj = 0,278 \cdot 10^3 \text{ kwh}$ 'dir.)

Yıllık enerji giderlerini en aza indiren alternatiflerin belirlenebilmesi için önceki bölümde anlatılan hesap yöntemi aracılığı ile bulunan yıllık ısı kayıp ve kazanç miktarları, yıllık harcanan yakıt, elektrik ve aydınlatma enerjisi miktarları, yıllık ısıtma, soğutma ve aydınlatma giderleri ve yıllık enerji giderleri farklı alternatifler için karşılaştırılmaktadır. Konutlarda enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik geliştirilen alternatiflerin, ekonomik yönden de karşılaştırılması için ilk yatırım maliyeti hesaplarının yapılması gerekmektedir. İlk yatırım maliyeti hesaplamaları, bina kabuğu bileşenlerine ait m^2 veya m^3 cinsinden metraj çıkarılması ve bu metraja göre bulunan toplam malzeme miktarlarının, inşaat sektöründe esas kabul edilen Bayındırlık ve İskan Bakanlığının hesapların yapıldığı seneye ait İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları ile çarpılması sonucu ortaya çıkar [75].

1.8. Ülkemizde Enerji Verimliliği Konusunda Yapılan Çalışmalar

Özellikle binalarda enerji tüketimi oldukça fazladır. Bu tüketim, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatmayı kapsadığından oldukça yüklü bir enerji kaybı

gerçekleşmektedir. Binalarda enerji verimliliği dediğimiz zaman bu tüketimleri minimuma indirmek, ancak bunu gerçekleştirirken fiziksel konfor şartlarını en uygun seviyede tutmak gerekir. Bunun için tasarımın ilk aşamasından itibaren yapı fiziği projelerinin de hazırlanması gerekir. Mimari proje bittikten sonra statik ve yapı fiziği problemlerinin çözülmeye çalışılması ileride büyük sorunlara sebep olabilmektedir.

Binalarda enerji verimliliğinin artırılması için:

- Binanın enerji ihtiyacının azaltılması için yüksek ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Enerji ihtiyacı öncelikli olarak doğal kaynaklardan sağlanabilir. Bu da pasif güneş enerjisi teknik ve malzemelerinin kullanılması ile mümkündür.

Ülkemizin diğer ülkelerden 3-5 kat fazla enerji tüketmesinin sebepleri:

- Yapı elemanlarında ısı yalıtımının yeterli düzeyde sağlanamaması
- Binada ısı köprülerinin oluşması
- Hava kaçaklarının dikkate alınmaması
- Yapı elemanlarında yalıtım kullanılsa bile yoğuşma tahkikleri yapılmadığı için meydana gelebilecek yoğuşma sonucunda yalıtımın etkinliğini yitirmesi ve elemanın iletkenliğinin beklenenin üstünde gerçekleşmesi [76].

Bütün bu sebepler dikkate alınmadığından ülkemizdeki binaların enerji gereksinimleri oldukça fazladır. Ülkemizde, enerji verimliliğinin artırılması ve enerji bilincinin geliştirilmesi için enerji verimliliği kanununa hazırlık olarak bir takım stratejik eylem planları geliştirilmiştir. Bu strateji planında eğitim, etüt, uygulama ve planlama konularında çalışmalar yapılmıştır. AB'ye uyum sürecinde yapılan bu çalışmalar neticesinde birliğin enerji konusundaki mevzuatlarına uyum çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda kanun tasarısı oluşturularak 18.04.2007 tarihinde "Enerji Verimliliği Kanunu" kabul edilmiştir.

Bu kanun ile; enerjinin ve enerji kaynaklarının rasyonel ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi, enerji verimliliği stratejisi çerçevesinde etkin programların geliştirilmesi ve uygulanması, enerji verimliliği konusunda bilinç oluşturulması ve geliştirilmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, yaklaşık değeri yılda 4 milyar Türk Lirası civarında olduğu tahmin edilen enerji tasarrufu potansiyelinin ülke ekonomisine kazandırılması, artan enerji talebinden dolayı yeni enerji yatırımlarında azalma sağlanması, enerji kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılması ve yeni iş ve istihdam olanakları geliştirilmesi gibi çok yönlü faydalar sağlanacaktır. Ayrıca uluslararası yükümlülüklerimiz de yerine getirilmiş olacaktır.

Enerji verimliliği çalışmalarının etkin olarak yürütülmesi, izlenmesi ve koordinasyonu konusunda oluşturulan idarî yapı, enerji verimliliği hizmetlerinin yürütülmesi konusunda yapılacak yetkilendirmeler, görev ve sorumluluklar, eğitim ve bilinçlendirme, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması gibi temel stratejilerin gerçekleştirilmesine yönelik olarak sektörel uygulamalar, çeşitli destekleme mekanizmaları, teşvikler ve yaptırımlar ile ilgili hususları kapsamında yer almaktadır.

Bu Kanun ile on yıl içerisinde;

a) Türkiye genelindeki enerji yoğunluğunun OECD ülkelerinin bu günkü ortalamasına yaklaştırılması için en az yüzde otuz mertebesine indirilmesi ve bu suretle üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında yeni tesis yatırımı ihtiyacının, fosil kaynak ithalatının ve seragazi emisyonlarının azaltılması,

b) Küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması,

c) Toplum genelindeki verimlilik ve tasarruf bilincinin geliştirilerek bu Kanunda yer alan yükümlülük ve teşvik unsurlarının zaman içinde azaltılması, hedeflenmiştir.

Bu kanun, endüstriyel yapılar ve toplam inşaat alanı 20.000 m² üzerindeki binalarda sertifikalı enerji yöneticisi bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır. Kullanım süresi 2 yıldan az olan binalar, yılın 4 ayından az kullanılan binalar, koruma altındaki binalar, tarımsal binalar bu kanun kapsamında yer almamaktadır [77].

Türkiye’de artan enerji ihtiyacı ve tüketiminin ulusal enerji politikasına göre aşağı çekilmesi, enerji yönetim bilincinin yapılacak çalışmalar ve iş bölümü ile resmi kurumlarda ve özel sektörde arttırılması, yerel yönetimlerin kaynaklarının dengeli tüketiminde sorumluluk almaları için örnek proje çalışmaları yapılmaktadır. Bu projelerden bazıları:

1. Bu projelerin en önemlisi “Enerji Verimliliğinin Arttırılması Erzurum ilinde Uygulama Projesi” dir. Bu proje Alman Teknik İşbirliği GTZ, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı adına EİE Genel Müdürlüğü ve Erzurum Büyükşehir Belediyesi ile birlikte yürütülmüştür.

Projenin amacı;

1. Binalarda enerjinin etkin kullanımını amaçlayan çalışmaların yapılması,
2. Türkiye’de artan enerji ihtiyacı ve tüketiminin ulusal enerji politikasına göre aşağı çekilmesi, enerji yönetimi bilincinin yapılacak çalışmalar ve iş bölümü ile resmi kurumlarda ve özel sektörde arttırılması, sorumluluk almaları için teşvik edilmeleri,
3. Bina Enerji Verimliliği Teşvik Programları önerilmesi. Bunlar:

- Standartlara uygun yapılan yeni binalara ek mali yardımlar
 - Mevcut binalarda yapılacak tadilatlar için kredi yardımı
4. Enerji Sertifikasına sahip olma bilincinin yaygınlaştırılması
 5. Kamu binalarında “ESCO” uygulamalarının geliştirilmesi
 6. Halkın bilinçlendirilmesi
 7. Güneş enerjisinden faydalanma
 8. Meslek odalarını kendi faaliyet alanları ile ilgili olarak eğitim programları yapmaları
 2. Kamu binalarında enerji tasarrufu sağlamak için mevcut binalara dıştan yalıtım uygulamalarına başlanmıştır.
 3. Özel sektör tarafından yapılan binalarda yalıtım uygulamalarına dikkat edilmesi, ayrıca mevcut binalara dıştan yalıtımların yapılması son yıllarda enerjinin verimli kullanılması yönünde gerçekleştirilen çalışmalardır.
 4. Özellikle özel sektörün ve bina kullanıcılarının yapacakları yalıtım uygulamaları için ekonomik destek sağlamak için çeşitli krediler sağlanmaktadır.

1.8.1. Enerji Performans Belgesi

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2 Mayıs 2007'de çıkardığı 2627 sayılı Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Buna göre yeni yapılacak binalar yönetmeliğe uygun projelendirilecek, ısı yalıtımı denetlenecek ve sınırlı yıllık enerji tüketimi miktarına göre enerji kimlik belgesine sahip olacaktır. Eski binalar içinse 10 yıllık geçiş süreci bulunmaktadır. 1 Ocak 2011'den itibaren binaların enerji performans belgesi alması mecburiyeti getirilmiştir. Bu tarihten sonra 50 metrekarenin üzerindeki daire veya gecekonduyu satmak isteyenlerin, önce enerji kimlik belgesini alması gerekiyor. Düzenleme, 20 bin metrekarenin üzerindeki binalarda 'bina enerji yöneticisi' atanmasını da zorunlu kılıyor.

Binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri ve ısıtma-soğutma sistemlerinin verimiyle ilgili bilgileri içeren belgeyi almayan konutlara ruhsat verilmemesi ve bu belgeye sahip olmayan konutların kiralama ve satış işleminin yapılamayacağı yönetmelikte yer almaktadır. Söz konusu belgenin en olumlu tarafı ise konutta oturanı yüklü fatura ödemekten kurtarmasıdır. Belge kapsamında konutlar, A'dan G'ye kadar sınıflandırılıyor. A sınıfı tasarruflu ve SEG (Sera Gazları Emisyonu Göstergesi) emisyonu düşük, G sınıfı ise enerji israf eden ve SEG emisyonu yüksek olanları kapsamaktadır [78].

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1.04.2010 tarihinde Mayıs 2007' de yürürlüğe koyduğu Binalarda Enerji Performansı yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yeni bir yönetmelik yayınlamıştır [79]. Yönetmelikte yapılan değişikliklerden bazıları aşağıda gösterilmiştir:

- Mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerini,

- Enerji kimlik belgesi düzenlenmesi, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmeleri,

- Enerji ihtiyacının, kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasını,

- Ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulmasına ve güncel tutulmasına, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerini,

- Korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde enerji verimliliğini arttırıcı uygulamaların yapılmasına ilişkin iş ve işlemleri kapsamaktadır.

- Denetim yapacak kurum ve kuruluşlar: Enerji kimlik belgesine göre binanın enerji tüketen ekipmanlarının, ilgili raporlarda belirtilen periyotlarda ilgili standartlarda belirtilen ve sistemin gerektirdiği periyodik kontrole, teste ve bakıma tabi tutulup tutulmadığının denetlenmesini yapacak olan ve Bakanlık tarafından yetkilendirilmiş kurum veya kuruluşlardır.

- Binanın yapılmasında, kullanılmasında ve enerji kimlik belgesi düzenlenmesinde görev alan müşavir, danışman, proje kontrolü yapan gerçek veya tüzel kişiler, enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlar, denetleme kuruluşları ve işletme yetkilileri, görevli, yetkili ve sorumludur.

'Enerji tapusu' diye de nitelendirilebilen bu belge, evin aydınlatma da dâhil senelik ne kadar enerji harcadığını gösteriyor. Ev sahipleri, duvarlarını yalıtıttıktan, çift cam taktırdıktan ve diğer gerekli düzenlemeleri yaptırdıktan sonra, ilgili kanuni otoriteye gidip enerji kimliğini yükseltmeyi isteyebilecek. Enerji kimlik belgesini ise Elektrik İşleri Etüt

İdaresi'nin yetkilendirdiği enerji verimliliği danışmanlık şirketleri verecek. Profesyonel enerji tasarrufu uygulamaları için T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan yetkili (EİE 2001 0358) Enerji Yöneticileri ile yapılan profesyonel enerji etütleri ile en uygun, ekonomik, kendini kısa zamanda geri ödeyen sistemler ile ilgili bir rapor hazırlanarak ve talep edilmesi durumunda enerji tasarrufu uygulamaları ile ilgili eğitim hizmeti verilerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. şimdiye kadar Türkiye genelinde bu amaçla yetki alan 15 şirket bulunmaktadır. Bu alışmalar Avrupa Birliği üye ölkelerinde ESCO (Energy Saving Companies) olarak yıllardır başarılı bir şekilde yapılmakta ve sonuçları çok olumlu bir şekilde alınmaktadır [80].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanının Seçilmesi

Trabzon ilindeki mevcut binaların çoğu, yetersiz ısı yalıtım seviyeleri ya da hiç yalıtımsız bünyeleriyle ısı korunumu açısından enerji etkin yenilenmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Özellikle çok katlı binalar dikkate alındığında, ısı kayıplarının büyük bir bölümünün yalıtımsız veya az yalıtımlı dış duvar elemanlarından kaynaklandığı görülmektedir. Bu sebeple Trabzon'daki mevcut binaların yetersiz ısıl dirençli dış duvarlarının bir ısı yalıtım malzemesi ile ısı korunumu açısından enerji etkin yenilenmesi; istenilen iç ısısal konforun, ısıtma için aşırı enerji tüketimi olmadan sağlanmasında büyük önem kazanmaktadır. Çalışma alanı olarak, Trabzon ilindeki mevcut duruma örnek olan Boztepe ve Bahçecik (TOKİ Konutları) semtleri seçilmiştir.

Yapılacak olan çalışma genel olarak 2 kısımdan oluşmaktadır:

1. Trabzon ilindeki 2 farklı konut yerleşiminin mevcut durumlarının saptanması ve ısıl konfor memnuniyeti açısından değerlendirilmesi,
2. Bu konutlar için alternatif olarak üretilen yeni konstrüksiyon tiplerinin değerlendirilmesi.

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır;

1. Bölüm:
 - Trabzon ili içerisinde farklı mikro iklime sahip alanlarda analizi yapılacak olan konutların saptanması,
 - Belirlenen alanlar içerisinde çok katlı olan ve birçok insanın barındığı, son yıllarda inşa edilmiş ve nitelikli olduğu iddia edilen konut tiplerinin saptanması,
 - Boztepe semtinden örnek seçilen konutların yapım sistemi (betonarme iskelet) ve sandviç duvar uygulaması ile Bahçecik semtinde yer alan TOKİ konutların yapım sistemi (tünel kalıp) ve içten yalıtım uygulamasının konut kullanıcıları için ısıl performans açısından memnuniyetinin saptanması amacıyla anket çalışmasının yapılması ve SPSS programı kullanılarak sonuçların elde edilmesi,

- Anket çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesi ile ortaya çıkan durumun iyileştirilmesi adına örnek binaların dış kabuk analizlerinin yapılması ve alternatif çözüm önerilerinin ortaya konulması,

- Fotoğraflı kimlik kartları oluşturularak çalışma alanlarının ve analizi yapılacak binaların tanıtılması,

- Projeler üzerinden ve yerinde incelemeler yapılarak binaların yapı dış kabuk konstrüksiyonlarının saptanması ve detay çizimleri ile teknik özelliklerinin ortaya konulması,

- İklimsel veriler bağlamında mevcut konstrüksiyonların ısı yönetmeliği açısından uygunluğunun analizi-TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak hesaplarının yapılması,

- Olması gereken uygun kriterlerin yönetmelik ve iklim verileri göz önüne alınarak ortaya konması ve mevcut konstrüksiyon analizleri ile karşılaştırılarak sonuçlarının değerlendirilmesi,

- Saptanan tüm verilerin değerlendirilmesi ile mevcut durumda var olan yanlışların, eksikliklerin, imkan ve imkansızlıkların, taleplerin bulgular olarak ortaya konması.

2. Bölüm:

- Seçilen konut tipleri için yeni dış duvar konstrüksiyonlarının önerilmesi; ısı yönetmeliği, TS 825 uygulama kolaylıkları ve ekonomik açıdan yeni konstrüksiyonların analizi ve uygun konstrüksiyon tiplerinin ortaya konması,

- Yapılan çalışmanın Design Builder programı kullanılarak TS 825 programından elde edilen bulgular ile karşılaştırılması; böylece programların işlerliğinin ve etkinliğinin ortaya konması,

- Yapı dış kabuğu tasarımında en uygun çözümlere ulaşmak için tasarım ve uygulamacıların başvurabileceği temel ilkelerin ve yöntemlerin saptanarak literatüre kazandırılması

- Trabzon örneğinde Doğu Karadeniz Bölgesi için ısı yalıtımı kullanıma ve doğru duvar konstrüksiyonu seçimlerine ilişkin önerilerin oluşturularak, nitelikli konut inşaatında yardımcı bir kaynak oluşturulması ve yapı sektöründeki konuyla ilgili cevap verecek çözüm önerilerinin sunulması.

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki etkilerin görülmesi beklenmektedir:

- Trabzon ilinde bulunduğu iklim bölgesine uygun olarak yalıtım malzemelerinin etkin şekilde kullanılması ve iklim özelliklerine bağlı olarak seçilen yalıtım malzemesinin

teknik özellikleri dikkate alınarak optimum yalıtım kalınlıklarının saptanması ile uygun konstrüksiyon detaylarının ortaya konması ve bunların projelerde ve özellikle uygulama aşamasında kullanılmasının teşviki amaçlanmaktadır.

- Sağlanacak olan ısı korunumu ile amaçlanan ısıl konforun sağlanması için kullanılacak olan enerji yükünü azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak.

- Artan enerji tasarrufunun doğal sonucu olarak azalan yakıt kullanımı ile;

1. Zararlı gaz salınım miktarının azalması ile çevre kirliliğinin de azalmasına katkı sağlamak.

2. Tüklenen fosil yakıtların kullanımının azalması ile sürdürülebilirlik kaygılarına katkıda bulunmak.

- Tasarımcı, uygulamacı ve kullanıcı ile tüm inşaat sektörünün konuya ilgisinin artmasını sağlamak ve onlar için bir başvuru kaynağı oluşturmak.

2.2. Örnek Konut Bloklarında Isıl Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi

Bina kullanıcılarının ısıl konfor açısından memnuniyetinin saptanması ve ısı yalıtımı konusunda bilgi sahibi olup olmadıklarını belirlemek amacıyla belirlenen örnek sitelerde yaşayanlarla anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen verilerin SPSS (PC) paket programı kullanılarak istatistiksel analizleri yapılmış ve ortaya çıkan bulgular değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Kullanıcılar ile yapılan anket dört bölümden oluşmaktadır. Anketin ilk bölümünde kullanıcı kişisel bilgileri, ikinci bölümünde konutla ilgili genel bilgiler, üçüncü bölümünde kullanıcıların konuttaki ısıl konfor performansına dair genel değerlendirmeleri, dördüncü bölümünde ise kullanıcıların ısıl konfor hakkında sahip oldukları genel görüşler/kullanıcı bilinci ve farkındalığı sorgulanmıştır. Ayrıca kullanıcı ile yapılan ankete ek olarak konut bloklarının ısıtma sistemi hakkında bilgi edinmek için incelenen dört sitenin apartman görevlisi ile kısa bir anket yapılmıştır [EK 1].

2.3. Konutlarda Yıllık Enerji Harcamalarını Azaltmayı Hedefleyen Dış Kabuk Alternatiflerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Çalışma; yıl boyunca binanın ısıtma harcamalarını optimum seviyede tutan dış kabuk seçeneklerinin belirlenmesinde kullanılan hesap yönteminden (optimum yalıtım

kalınlıkları, yalıtım maliyeti ve geri ödeme süresi) oluşmaktadır. Hesaplamalarda TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı ve Design Builder Hesap programı kullanılmıştır.

Çalışmada, ısı korunumu açısından iklim verileri göz önüne alınarak yönetmelikler ve standartlar çerçevesinde yapı kabuğunun enerji etkinliğinin artırılması amacıyla dış duvar konstrüksiyonları irdelenerek ve ısı yalıtım malzemelerinin dış duvar konstrüksiyonundaki yeri, kalınlığı, uygulama detayları ve maliyeti açısından uygunluğu tartışılmıştır. Sonuç olarak da optimum sonuçlar veren ve bunların ısı yönetmeliği, TS 825 hesapları, uygulama kolaylıkları ve maddi getirileri saptanarak konuya dair en çok yapılan hataların neler olduğu ve yapı kabuğunun enerji etkinliğini arttıracak iyileştirme amaçlarını kapsayan doğruların literatüre kazandırılması düşünülmüştür. Ayrıca bu çalışma; enerji verimliliği sağlama hedefine yönelik olarak binaların enerji etkin sistemler olarak işlev görebilmeleri için, tasarım ve uygulama aşamasında enerji giderlerini azaltıcı çalışmaların gerekliliği ve önemini vurgulamak amacıyla taşınmaktadır. Ayrıca bu yöntemin her bölge için uygulanabilirliği amaçlanmaktadır.

2.3.1. TS 825 Hesap Programı

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının 2008 yılında yenilenen hesap programı ile yapma ısıtma için gerekli hesaplamalar yapılabilmektedir. TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak doğru uygulanmış ısı yalıtım detaylarına sahip bir yapı dış kabuğu ile yıllık ısıtma enerjisi miktarı azaltılabilir. Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (Φ_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Isı yalıtımı yapılmış bir binanın iç mekanda ısı konforu sağlamak için gerekli olan ısı enerjisinin bir kısmını ya da tamamını güneş enerjisinden sağlamak gibi bir misyonu yoktur. Isı yalıtımı iç mekan konforu açısından sadece ısı alışverişini keserek ısı korunumu sağlar ve bu da iç mekan sıcaklığının uç değişimlerini engellediği için ısı konforu sağlamak amaçlı gereken/kullanılacak olan ısı enerjisi miktarını azaltır. Bunun sonucunu olarak tüketilebilir/kirli yakıtların kullanım miktarı azalır, hem fosil yakıt rezervi azalmaz hem de atıkların salınımı azalır. Çalışmada TS 825 programındaki hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama vermesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir [Şekil 18]. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç ısı kazançları çıkartılarak hesaplanır. Tanımlanan hesap metodunda, yıllık

ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmakla birlikte ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlamaktadır [81].



Şekil 18. İZODER TS 825 Hesap Programı akış şeması

Hesaplama kullanılan adımlar aşağıdaki gibidir (TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standardı);

1. Isıtılacak hacmi dış ortamdaki sınırları belirlenir, bunlar;

- Duvar
- Tavan
- Taban
- Pencere ve Kapılar

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

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

4. Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı hesaplanır.

5. Isı kaybeden yüzeylerinin oluşturduğu brüt hacim hesaplanır.

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

7. Havalandırma yoluyla kaybolan ısı miktarı hesaplanır.
8. İç ısı kazançları hesaplanır.
9. Pencerelerden olan güneş enerjisi kazançları hesaplanır.
10. Toplam kayıplardan toplam kazançlar çıkarılarak binanın bir yılda harcayacağı ısı miktarı ($Q_{yıl}$) hesaplanır.
11. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; net oda yüksekliğinin 2.6 metreden küçük olması durumunda eşitlik (1) kullanılarak KWh/m^2 cinsinden, 2.6 metreden büyük olması durumunda ise eşitlik (2) kullanılarak KWh/m^3 cinsinden hesaplanır. Olması gereken en büyük ısı kaybı (Q_1) değerinin belirlenmesinde, net oda yüksekliğinin 2,60 metreden küçük olması durumunda eşitlik (3), 2,60 metreden büyük olması durumunda ise eşitlik (4) kullanılır. Hesaplamalarda $1J = 10^{-3}KJ$, $1KJ = 0.278 \times 10^{-3}kWh$, $1Kcal = 4.187 KJ$, $1Kcal = 1.163 \times 10^{-3}KWh$ birim dönüşümleri kullanılmıştır.

$$Q = Q_{yıl} / A_n \quad (1)$$

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad (2)$$

$$Q^1 = 68,59 \frac{A_{top}}{V_{brüt}} + 32,30 \quad (3)$$

$$Q^1 = 21,95 \frac{A_{top}}{V_{brüt}} + 10,34 \quad (4)$$

Q : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (KWh/m^2), (KWh/m^3)

Q_1 : Olması gereken en büyük ısı kaybı (KWh/m^2), (KWh/m^3)

A_{top} : Isı kaybı gerçekleşen yüzey alanları toplamı (m^2)

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

TS 825 Hesap programı kullanılarak TS 825'e ve ilgili yönetmeliğe uygun olarak binaların ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları ile bina bileşenlerinde oluşabilecek yoğuşma incelenmekte, dolayısıyla da bina zarfında uygulanabilecek yalıtım kalınlığı ve aynı zamanda en uygun malzemenin seçimi yapılabilmektedir. TS 825 standardına göre yapılacak hesaplamalarda; malzemelerin birim hacim ağırlıkları, ısı iletkenlik hesap değerleri ile Trabzon'un dahil olduğu 2. iklim bölgesi için tavsiye edilen duvar bünyesinin ısı iletkenlik değeri ($U_d=0.60 W/m^2K$) seçilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

d (m) : Malzeme kalınlığı

λ (W/mK) : Isı iletkenlik katsayısı

U (W/m²K) : Duvarın ısı geçirgenlik değeri

Olmak üzere “n” tane katmandan oluşan mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik direnci; aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda} + \frac{d}{\lambda} + \dots + \frac{d}{\lambda} \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen mevcut duvar bünyesinin ısı geçirgenlik değeri (U), TS 825 standardında 2. Bölge için verilen 0,60 W/m²K’lik ısı geçirgenlik değerinin altında ise; söz konusu duvar konstrüksiyonu için enerji etkin yenileme uygulamasına ihtiyaç yoktur. Ancak bu değer aşıyorsa, aşırı enerji tüketimi olmadan iç ısısal konforun geliştirilmesi için, mevcut duvar konstrüksiyonunun enerji etkin yenilenmesi yoluna gidilmelidir.

Çalışmada kullanılan Hesap yöntemi ile mevcut duvar konstrüksiyonlarında, aşağıda belirtilen üç durum incelemesi yapılmıştır:

1. TS 825 Mecburi Standard ve Yönetmeliğine uygun duvar ve yalıtım malzemeleri seçimi,
2. Seçilen kesitin ısı transferi ve yoğuşma durumu
3. Yapıya getirdiği toplam maliyet

Çalışma alanı olarak belirlenen Boztepe ve Bahçecik semtlerinden seçilen binaların genel özellikleri ve konstrüksiyon özellikleri tablolarla açıklanmıştır. Tablolarda sırası ile; binaların genel ölçüleri, alandaki her konut yerleşim sitesinden örnek bir binaya ait binanın yapı sistemini, kabuk özelliklerini, enerji tüketimini açıklayan kimlik kartı, örnek binaya ait mevcut kabuk özellikleri ve bu elemanların U değerleri ile Trabzon’daki kullanım şekli ve yoğunluğu açıklanmıştır.

2.3.2. Design Builder Simülasyon Programı

Program bir arayüz olup, yapıyı simüle edip, enerji yüklerinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Yapı arayüzünde tüm detaylarıyla 3 boyutlu modellenip gereken tüm iç ve dış veriler girilip, program uzantısı olan Energy Plus'ta ASHRAE tarafından onaylanmış enerji dengesi yöntemiyle binanın havalandırma, ısıtma, soğutma yüklerini ve yapı elemanlarından elde edilen enerji kayıp ve kazançlarını vermektedir.

Programda dış iklim için ASHRAE tarafından hazırlanmış dünya hava durumu verileri kullanılmaktadır. Yapılarda kullanılan malzemelerin, pencere ve kapı alternatiflerin verileri bulunmakta, istenilen yapı bileşeni detayını oluşturma imkanı sunmaktadır.

Bir yapıyı simule edip, havalandırma, ısıtma, soğutma yüklerini ve yapı elemanlarından elde edilen enerji kayıp ve kazançlarına ulaşabilmek için aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır:

- Program çalıştırdıktan sonra yeni projede binanın inşa edildiği yer iklim verileri girilerek işaretlenir, kullanım tipi belirlenir.
- Ön tasarım penceresi açılarak bütün yapı elemanlarının detayları ve alternatifleri oluşturulur.
- Projenin saydamlık oranı, pencere aralıkları girilir. Bu aşamada kullanılacak ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri ile kullanılacak enerji kaynakları belirlenir.
- Yapının modellenmesinde öncelikle dış kabuk çizilip, sonra iç mekan ve detaylara geçilir. İç iklim verileri oluşturulur.
- Simülasyonlarla binanın aylık, günlük, saatlik sıcaklıkları, ısı kayıp, kazançları ve enerji yükleri hesaplanabilir.
- Modelleme ve simülasyonlarda elde edilen grafikler resim dosyası olarak, sayısal veriler ise excel dosyası olarak dönüştürülüp, kullanılır [82].

2.3.3. Alternatif Duvar Konstrüksiyonlarının Oluşturulması

Çalışma kapsamı çerçevesinde duvar konstrüksiyonları oluşturulurken aşağıdaki etkenler dikkate alınmıştır:

- Kullanılan yaygın yapı sistemleri ve uygulama detayları
- İklim verileri
- Yangın riski
- Uygulamada kullanılan mevcut yalıtım malzemeleri
- Yapı fiziği yönünden en uygun sistem olan dıştan yalıtım ve uygulama detayları

Çalışmada incelenen yüksek katlı konutların alternatif dış duvar konstrüksiyonları olarak; iklim şartları, konutların genel yapı sistemleri ve yangın riski dikkate alınarak dışarıdan yalıtım sisteminin (mantolama) yapı fiziği yönünden en uygun sistem olduğu görülmektedir. Ülkemizde uygulanan çift duvar arası yalıtım ve dışarıdan yalıtımın avantaj ve dezavantajları araştırılarak hangi sistemin daha doğru ve enerji verimliliği açısından

daha etkin olduğuna karar verilerek çalışmanın amacına uygun olarak doğru sistem seçilmiş ve bu sistemde kullanılabilir malzemelere bağlı olarak seçenekler üretilmiştir. Bu alternatiflerin oluşturulmasında Trabzon ilinde yaygın olarak kullanılan tuğla duvar ve yüksek katlı konutların yapımında daha avantajlı olan tünel kalıp sistem (betonarme duvar) ile düşük ısı iletkenliğine sahip gazbeton duvarın kullanımı esas alınmıştır.

Alternatif dış duvar konstrüksiyonları oluşturulurken, binanın çatı, döşeme, bodrum duvarlarında konstrüksiyon aynı kalırken yetersiz yalıtım veya yalıtımsız elemanlar gerekli yalıtım malzemesi ve kalınlığı uygulanarak yalıtılmıştır. Çatıda cam yünü, döşeme ve bodrum duvarlarında XPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Pencerelede çift cam kullanılmasına rağmen binanın enerji etkinliğini arttırmak için TS 825'e göre en etkin U değeri 2,4 W/m²K olan çift cam kullanılmıştır. Hesaplamalarda pencerenin U değeri ve maliyeti dikkate alınmamıştır. Yapılan harcamaların geri ödeme süresinde yalnızca binaya yapılan yalıtım malzemesinin değeri göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmada oluşturulan alternatif dış duvar konstrüksiyon önerileri için farklı ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan yalıtım kalınlıkları, TS 825 Isı Yalıtım Standardına göre $Q(\text{Bina için hesaplanmış yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı}) < Q_1(\text{Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı})$ durumunun sağlanması için optimum değerlerde seçilmiştir [Tablo 14], [Şekil 19].

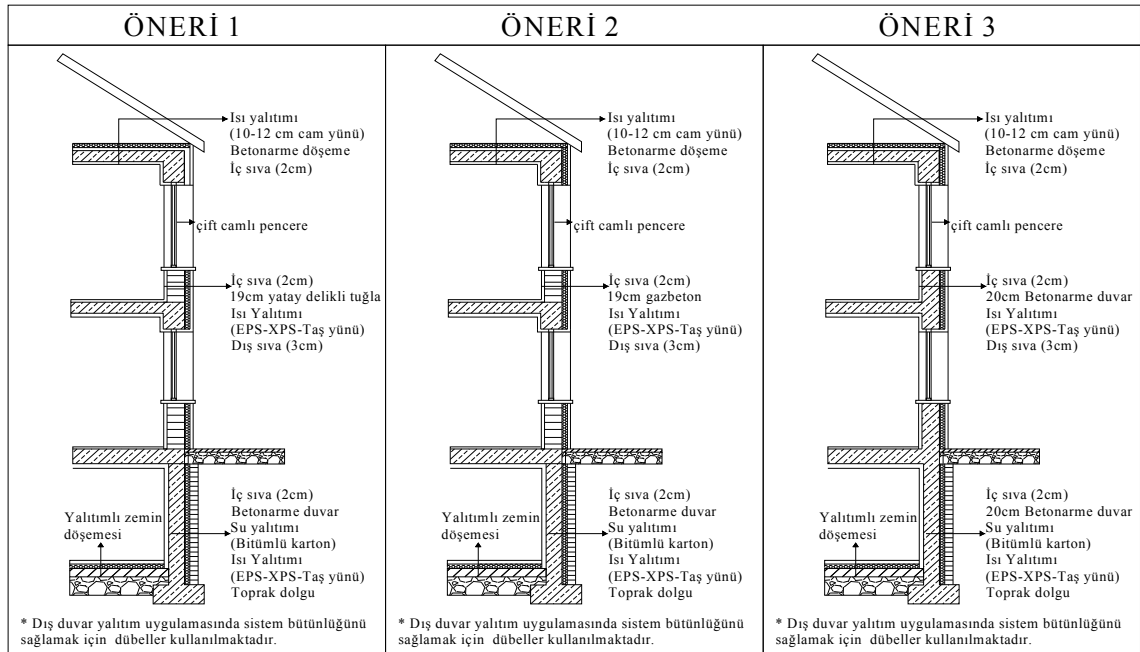
Tablo 14. Tuğla, gazbeton ve betonarme duvarda EPS, XPS ve taş yünü kullanılarak oluşturulan duvar konstrüksiyonları

	Normal Duvarlar	Toprak Altı Duvarlar	Zemine Oturan Döşeme (taban)	Çatı
ÖNERİ 1: Tuğla duvar	<ul style="list-style-type: none"> Alçı sıva (2cm) 19cm yatay delikli tuğla Yalıtım: 7cm EPS 6cm XPS 8cm Taş yünü Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> İç sıva (2cm) Betonarme duvar Bitümlü karton 0,5cm Isı yalıtımı (6cm XPS) 8,5cm yatay delikli tuğla 	<ul style="list-style-type: none"> Seramik (1cm) Polietilen folyo 0,2cm Isı yalıtımı (6cm XPS) Düzeltilme şapı (4cm) Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Cam yünü (12cm) Düzeltilme şapı (4cm) Betonarme döşeme Alçı sıva (2cm)
ÖNERİ 2: Gazbeton duvar	<ul style="list-style-type: none"> Alçı sıva (2cm) 19cm gazbeton Yalıtım: 6cm EPS 5cm XPS 6cm Taş yünü Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> İç sıva (2cm) Betonarme duvar Bitümlü karton 0,5cm Isı yalıtımı (6cm XPS) 8,5cm yatay delikli tuğla 	<ul style="list-style-type: none"> Seramik (1cm) Polietilen folyo 0,2cm Isı yalıtımı (6cm XPS) Düzeltilme şapı (4cm) Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Cam yünü (12cm) Düzeltilme şapı (4cm) Betonarme döşeme Alçı sıva (2cm)

Tablo 14'ün devamı

ÖNERİ 3: Betonarme duvar	<ul style="list-style-type: none"> • Alçı sıva (2cm) • 20cm betonarme duvar • Yalıtım: 8cm EPS 8cm XPS 10cm Taş yünü • Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • İç sıva (2cm) • Betonarme duvar • Bitümlü karton 0,5cm • Isı yalıtımı (6cm XPS) • 8,5cm yatay delikli tuğla 	<ul style="list-style-type: none"> • Seramik (1cm) • Polietilen folyo 0,2cm • Isı yalıtımı (6cm XPS) • Düzeltme şapı (4cm) • Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cam yünü (12cm) • Düzeltme şapı (4cm) • Betonarme döşeme • Alçı sıva (2cm)
------------------------------------	---	---	---	---

Sunulan bu farklı çözümlerde, TS 825 Hesap programı kullanılarak bina için gerekli olan Q ve U değerleri hesaplanarak bulunmuştur.



Şekil 19. Alternatif önerilere ait sistem kesitleri

2.3.4. Alternatif Duvar Konstrüksiyonlarında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

Ülkemizde yüksek pazar payına sahip ısı yalıtım malzemeleri EPS, XPS ve mineral yünleri (cam yünü, taş yünü, ahşap yünü)'dir.

EPS: Hesaplamalarda genişletilmiş polistiren esaslı, dinlendirilmiş, B1 sınıfı, min. 16 kg/m³ yoğunlukta, TS 7316 EN 13163 şartlarına uygun üretilmiş 0,035-0,040 W/K ısı iletkenlik değerine sahip EPS malzemesi dış cephede ısı yalıtımı olarak kullanılmıştır [Tablo 15].

Tablo 15. Hesaplama da kullanılan EPS'nin kalınlık ve fiyat listesi

Malzeme+kalınlık	Fiyat TL (m ²)
6cm EPS	17,06
7cm EPS	18,11
8cm EPS	19,16

XPS: Hesaplamalarda dinlendirilmiş, B1 sınıfı, min. 25 kg/m³ yoğunlukta, TS 11989 EN 13164 şartlarına uygun üretilmiş ve 0,035-0,030 W/K ısı iletkenlik değerine sahip XPS malzemesi dış cephe ve döşemede ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır [Tablo 16].

Tablo 16. Hesaplama da kullanılan XPS'nin kalınlık ve fiyat listesi

Malzeme+kalınlık	Fiyat TL (m ²)
5cm XPS	23,31
6cm XPS	24,58
8cm XPS	29,14

Mineral yünleri: Cam veya taşın eritildikten sonra lif haline getirilmesi ve bu liflerin bir arada tutulması için genellikle polimer bağlayıcıların kullanıldığı, açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleridir. Hesaplamalarda TS 901 EN 13162 şartlarına uygun üretilmiş ve 0,040-0,035 W/K ısı iletkenlik değerine sahip A1 sınıfı yanmaz mineral yünleri (çatıda cam yünü, duvarda taş yünü) kullanılmıştır [Tablo 17].

Tablo 17. Hesaplama da kullanılan taş yününün kalınlık ve fiyat listesi

Malzeme+kalınlık	Fiyat TL (m ²)
6cm Taş yünü	35,15
8cm Taş yünü	40,27
10cm Taş yünü	47,55

Çalışmada yer alan bütün örnek projelerin, yalıtım maliyetleri ve yakıt giderleri 2009 fiyatları ile hesaplanmıştır. Buna göre kömürün fiyatı 520 tl/ton, binanın ekstra yalıtım işçiliği (kaba sıva üzeri yapıştırma harcı, dübelleme, yapıştırıcı ve dübel) Bayındırlık Bakanlığı'nın 2009 yılı analiz kitabında yer alan işçilik maliyetlerinden ortalama alınarak 12 TL olarak hesaba katılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin fiyat listesi de aynı analiz kitabından alınmıştır. Kalorifer kazanı genel verimi %65 kabul edilip binanın ısıtma ihtiyacı haftanın yedi günü 24 saat üzerinden hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Trabzon ilinde son yıllarda inşaat sektöründeki hızlı artışa paralel olarak şehrin belli bölgelerinde toplu konut inşaatlarının yapımı hız kazanmaya başlamıştır. Şehir merkezinde konut yapılacak uygun alanlar kalmadığı için şehrin güney yamaçlarında konut alanları oluşturulmaya başlanmıştır. Şehrin güneyinden kuzeyine doğru vadiler boyu bu yapılaşma alanları kendini göstermektedir [Şekil 20].






Çalışma Alanı 1: Boztepe
Çalışma Alanı 2: Bahçecik

Şekil 20. Çalışma alanının harita üzerindeki yeri

Doğudan batıya doğru bir sıralama yaparsak; Boztepe-Çukurçayır, Bahçecik semtlerinde son 10-15 yılda konut yapımı hızlı bir şekilde artmış ve artmaya da devam etmektedir [Tablo 18,19].

Tablo 18. Boztepe semti genel yerleşimi

SEMT: BOZTEPE-ÇUKURÇAYIR		
FOTOĞRAFLAR		
		
		
GENEL ÖZELLİKLER	<p>Boztepe-Çukurçayır; şehrin doğusunda yer alan 15 yıl öncesine kadar 3-4 katlı yapıların yer aldığı yeşil alanların yoğun olduğu semtte son yıllarda konut yoğunluğunun hızla arttığı görülmektedir. Buradaki yapılaşmalar özel sektör tarafından yapılmakta olup, denetimi ise Trabzon Belediyesi ve Çukurçayır Belediyesi tarafından yapılmaktadır.</p>	

Tablo 19. Bahçecik semti TOKİ Konutları genel yerleşimi

SEMT: BAHÇECİK SEMTİ (TOKİ Konutları)		
FOTOĞRAFLAR		
		
		
GENEL ÖZELLİKLER	<p>Bahçecik; Tabakhane vadisinin yukarı kısımlarında müstakil evlerin ve tekil apartmanların yer aldığı yerleşim alanlarında son yıllarda büyük değişiklikler yaşanmaktadır. Bu değişimin en önemlileri Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından bu yerleşim alanında, kentsel dönüşüm projesi kapsamında yapılan ve yapılmakta olan konutlardır. Bu semtte TOKİ'nin inşa ettiği konutların denetimi TOKİ ve Trabzon Belediyesi tarafından yapılmaktadır.</p>	

Çalışma alanlarının seçim ölçütleri;

- Son yıllarda konut inşaat alanı olarak çok yoğun taleplerin olduğu alanlar olması,
- Mikro iklim ölçeğinde birbirinden farklılıkları olan 2 alan olması,
- Çok katlı ve çok sayıda insanın barınacağı, aynı zamanda da nitelikli olduğu iddia edilen konut bloklarının varlığı,
- Binaların birbirini etkileyebildiği düzeyde konum planına sahip siteler şeklinde inşa edilen blokların varlığı,
- Trabzon kentinde son yıllarda inşa edilen konut yapım sistemlerini yansıtan iyi örneklerin varlığı.

3.1.1. Trabzon İlinin İklim Verileri

Trabzon ili, 38° 30'- 40° 30' doğu meridyenleri ile 40° 30' - 41 ° 30' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Trabzon'da deniz etkisinde kalan ılıman iklim tipi hakimdir. Buna bağlı olarak da yazlar genellikle orta sıcaklıkta, kışlar ise ılık geçer. Bölgenin kuzey-batı yönündeki hava akımlarına açık olması iklim elemanlarının sürekli değişmesine neden olur. Trabzon konumu nedeniyle kışın Türkiye'nin diğer yerlerinden ayrı bir özellik gösterir. Kafkas dağları Trabzon'u güneyden çepeçevre kuşatarak kuzey-batının soğuk rüzgarlarına kapatır. Ayrıca Sibiryadaki soğuk hava ile Kuzey Doğu Anadolu platolarındaki soğuyan havanın bölgeye girmesini engeller [83].

Trabzon'da sıcaklık yazın orta derecededir. Bunaltıcı sıcaklar genellikle havanın kapalı olduğu günlerde görülür. Otuz yedi yıllık ortalamalarda maksimum sıcaklık Ağustos ayında 26.2°C ve en düşük sıcaklık Şubat ayında 1°C olarak belirlenmiştir. Yıllık sıcaklık ortalaması ise 14.6°C ve en düşük sıcaklık ise Şubat ayında -7.4 °C olarak kaydedilmiştir. Trabzon'da yılın her ayı yağış olmasına rağmen, Eylül ayından sonra en yüksek seviyesine ulaşır ve Haziran ayı sonuna kadar yoğunluğunu sürdürür. Bölgede hakim rüzgar yönleri Aralık ayında güney-güneybatı; Nisan'da güneybatı; Haziran'da güney; diğer aylarda ise batı-kuzey olarak tespit edilmiştir. Nem oranı mevsimler ve aylar arasında büyük farklılıklar göstermez. Ayrıca yağışların yoğun olduğu aylarda nem oranı da daha yüksektir [Tablo 20,21,22].

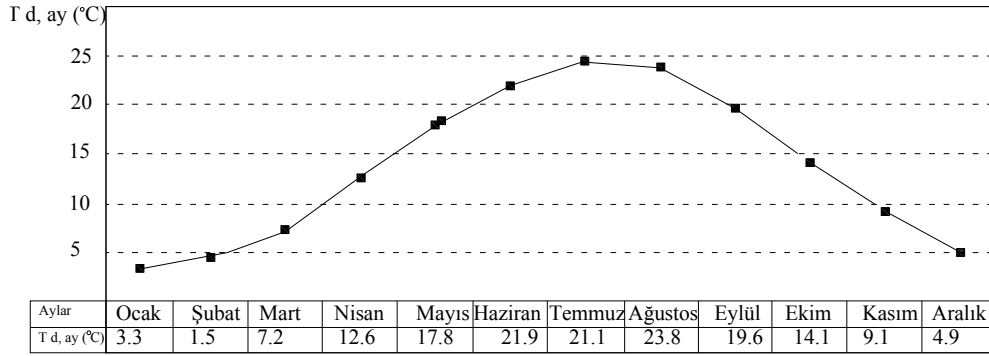
Tablo 20. Ayların iklim verileri bulunan gün sayıları

Parametre	Oc.	Şu.	Mar	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.
Sıcak. En yük.	828	749	832	805	827	804	830	832	833	852	822	858
Sıcak. En Düş.	831	752	833	808	835	806	834	835	834	860	831	867
Güneşlilik Süresi	161	148	157	149	166	156	163	161	184	193	188	191
Yağış	188	170	191	184	188	180	186	194	211	215	216	223
Nemlilik/Görüş alanı	182	166	183	178	183	177	181	183	204	208	201	211

Tablo 21. Trabzon ili 2008 yılına ait ısıtma(Heating Degree Day) ve soğutma(Cooling Degree Day) gün dereceleri

Ocak HDD	Şub HDD	Mart HDD	Nis HDD	May HDD	Haz HDD	Nis CDD	May CDD	Haz CDD	Tem CDD	Ağu CDD	Eyl CDD	Eki HDD	Kas HDD	Ara HDD	CDD Yıl	HDD Yıl
440	382	195	122	87		1		5	57	96	16	20	143	296	186	1684

Tablo 22. TS-825 Standardına göre Trabzon ilinin de içinde bulunduğu 2. Bölge için aylık ortalama dış hava sıcaklıkları



3.1.2. Binaların Form ve Yerleşim Analizi

Yerleşim planlamasında konutlar parselasyon planları dikkate alınarak ada bazında ayrıık nizam olarak yapılmıştır. Arazinin eğimli olması ada içindeki konutlar arasında kot farkları oluşturmaktadır.

Konutlar dikdörtgen ya da kareye yakın formlarda olup yaklaşık olarak 2/1 (uzunluk/genişlik) plan oranına sahiptir. Bodrum katları toprağa gömülüdür. Normal

daireler 3+1, 4+1 şeklinde tasarlanmış, TOKİ konutları dışındaki konutlarda çatı katı çoğunlukla kullanımdadır.

Boztepe semti eğimli bir arazi yapısında olup, eğim kuzey ve güney yönündedir. Eğime bağlı olarak yapılaşmalarda yer yer teraslanmalar görülmektedir.

Bahçecik semti, doğu ve batıdaki vadilere bakan eğimli bir yerleşime sahiptir. TOKİ konutlarının bulunduğu yapı adası doğu ve batı yönüne bakan bir sırt üzerindedir.

3.1.3. Yapım Sistemleri

Konutlar; betonarme iskelet sistem ve tünel kalıp sistemler şeklinde yapılmakta; temel yapı malzemeleri ise; kum-çakıl, çimento, gazbeton, tuğla, kireç, alçıdır. Saydam elemanlar, genellikle ısı yalıtımlı (çift cam) PVC pencerelerdir.

Isı yalıtım malzemesi olarak çift duvar arasında en çok 10 kg/m^3 yoğunlukta polistiren partiküler köpük (EPS), azda olsa mantolama malzemesi olarak XPS ve taş yünü, çatıda ise cam yünü kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu yalıtım malzemelerinden başka yalıtım malzemelerinin kullanılmamasının sebebi, uygulamacı ve bayilerin görüşleri doğrultusunda aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Kullanıcı tercihi göre bayilerin ürün talep etmesi (arz-talep)
- Maliyet
- Uygulama türlerinin yeteri kadar bilinmemesi
- Zamandan tasarruf, şeklinde sıralayabiliriz.

3.1.4. Enerji Tüketimi

Binalarda dış duvarlardan olan ısı kaybı binanın yüksekliğine göre artar. Diğer bir ifadeyle dış yüzey ne kadar büyürse, ısı kayıpları da o ölçüde artmaktadır. Çok katlı binalarda toplam ısının yaklaşık %40'ı dış duvarlar yoluyla kaybolur. Tek katlı binalarda dış yüzeyin küçülmesi nedeniyle, ısı kayıpları %25'e düşer. Bu rakam, Türkiye'nin toplam enerji talebinin %14'üne karşı gelmektedir.

Çok katlı binalarda genellikle merkezi ısıtma sistemi vardır ve panel türü petekler kullanılmaktadır. Bu sistemler genelde sıcak sulu ısıtma sistemleridir. Kullanılan yakıtlar ithal edilen fuel oil ve kömürdür. Son dönemde yapılan konutlarda doğalgazın

kullanılacağı göz önünde tutularak merkezi ısıtmanın yanında doğalgazlı ısıtmaya uygun çözümlere de yer verilmektedir.

3.1.5. Örnek Konutlar ve Kabuk Özellikleri

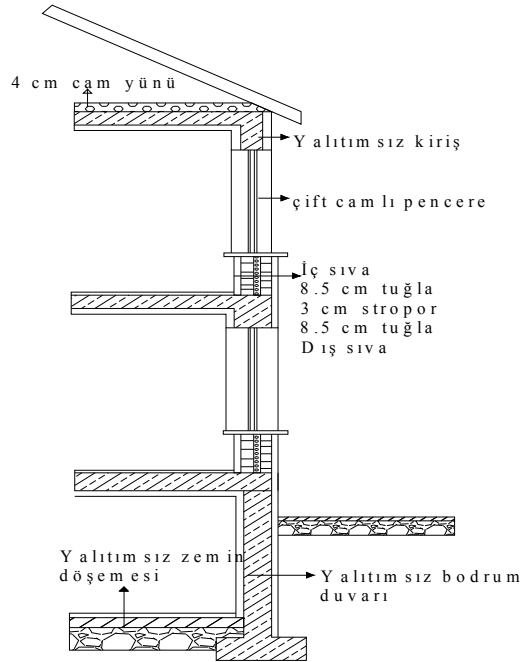
Çalışmanın bu bölümünde optimum duvar ve yalıtım malzeme seçimi konusu incelenirken, bu çalışmaya baz oluşturacak konutların güncel olması için Boztepe ve Bahçecik semtlerinde yapılan çok katlı konut blokları seçilmiştir.

Çalışma alanından seçilen örnek konutların eski yönetmeliğe uygun ve geleneksel detaylarla yapımı incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- İncelenen örneklerin %90'ında sandviç duvar uygulaması yapıldığı görülmektedir.

Sandviç duvar ve yapıda kullanılan yalıtım sistemi;

- Dolgu duvarlar 8,5 + 8,5 cm yatay delikli sandviç tuğla arası 3 cm EPS (Stropor)
- Kolon ve kirişlerde yalıtım yok
- Çatı arasında 6 cm cam yünü
- Zemine oturan döşemede yalıtım yok [Şekil 21].



* Sandviç duvar uygulamasında sistem bütünlüğünü sağlamak için metal kenetler kullanılmamaktadır.

Şekil 21. Mevcut bina sistem kesiti

Bu uygulamalarda;

- Kolon giriş ısı köprüsü oluşturmaktadır.
- Kolon girişte korozyon riski mevcuttur.
- Duvar ve döşeme birleşimlerinde küflenme, kararma oluşabilir.
- Sandviç duvar arasında düşük buhar difüzyon dirençli yalıtım malzemelerinin kullanılması, yoğuşma sonucunda kullanılan yalıtım performansının zamanla azalmasına neden olabilir.
- Isıl konfor şartları yoktur.

3.2. Anket Çalışmasına Ait Bulgu ve Değerlendirmeler

Anket çalışması, yapı dış kabuğunun irdelenmesi ve iyileştirilerek yeniden tasarlanması sürecinin analiz edilerek tasarım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma için seçilen Boztepe semtinde ki dört sitede ve Bahçecik TOKİ Konutlarında yapılmıştır. Anket formları seçilen konutların bodrum, zemin, normal katları ve varsa çatı katlarını kapsayacak şekilde dağıtılmıştır. Anketin yapıldığı siteler:

1. Mavişehir sitesi
2. İremkent sitesi
3. Mimoza Evleri
4. İpekyolu evleri
5. TOKİ Konutları

3.2.1. Örneklem Büyüklüğü

Örneklem büyüklüğünü saptamada aşağıdaki formül kullanılarak toplam örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır [84].

N: Toplam konut kapasitesi

Z: Güvenilirlik düzeyi (%95 güvenilirlik=1,96)

P: Olayın gerçekleşme olasılığı (0,5)

Q: Olayın gerçekleşmeme olasılığı (1-0,5)

D: Kabul edilen hata payı (%10 hata payı=0,1)

n: Örneklem sayısı

$$n = \frac{Z^2 \times N \times P \times Q}{(N-1) \times D^2 + Z^2 \times P \times Q} = 93$$

N: Toplam konut sayısı (3080)

n: Örneklem sayısı (93)

N_{semt} : Semtteki toplam konut kapasitesi

$n_{\text{bölge}}$: Bölgedeki örneklem sayısı

Boztepe semti için çalışma alanında yer alan siteler için formül uygulandığında örneklem sayısı 54 olmaktadır.

$$n_{\text{bölge}} = \frac{n \times N_{\text{bölge}}}{N} = \frac{93 \times 1800}{3080} = 54$$

Bahçecik TOKİ Konutları için formül uygulandığında örneklem sayısı 38 olmaktadır.

$$n_{\text{bölge}} = \frac{n \times N_{\text{bölge}}}{N} = \frac{93 \times 1280}{4080} = 38$$

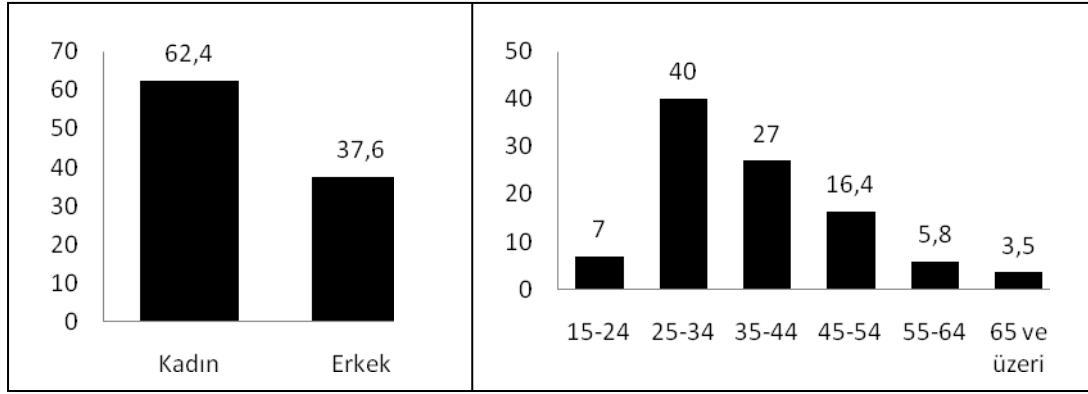
Anket çalışmasında örneklem grubunu oluşturan kullanıcıların özellikle konutta 1 yıldan fazla oturuyor olmaları tercih edilmiştir. Bu seçimin amacı konutu daha iyi tanıyabilmeleri ve en az iki ısıtma sezonu konutta yaşamış olmaları nedeniyle soruları daha bilinçli cevaplayabileceklerinin düşünülmüş olmasıdır.

3.2.2 Anket Formuna Ait Verilerin Analizleri

Örneklem sayısı belirlenip gerekli bilgiler göz önünde bulundurularak konut kullanıcılarına anketler dağıtılmış; yapılan anketler toplanarak her anket kodlanıp bilgisayarda SPSS for Windows programında yer alan anket formuna veri olarak kaydedilmiş ve verilerin analizleri yapılmıştır. Anket çalışmasında toplam 93 kişi ile görüşülmüştür.

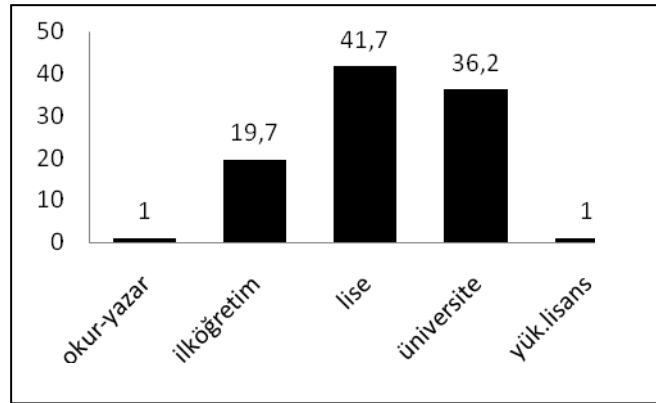
3.2.2.1. Kullanıcı Profili ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

- Anketi değerlendirenlerin %62,4'ü kadın, %37,6'sı erkektir. Değerlendirmede yaş dağılımına bakıldığında; 25-34 yaş arası %40, 35-44 yaş arası %27, 45-54 yaş arası %16,4 oran olduğu görülmektedir [Şekil 22].



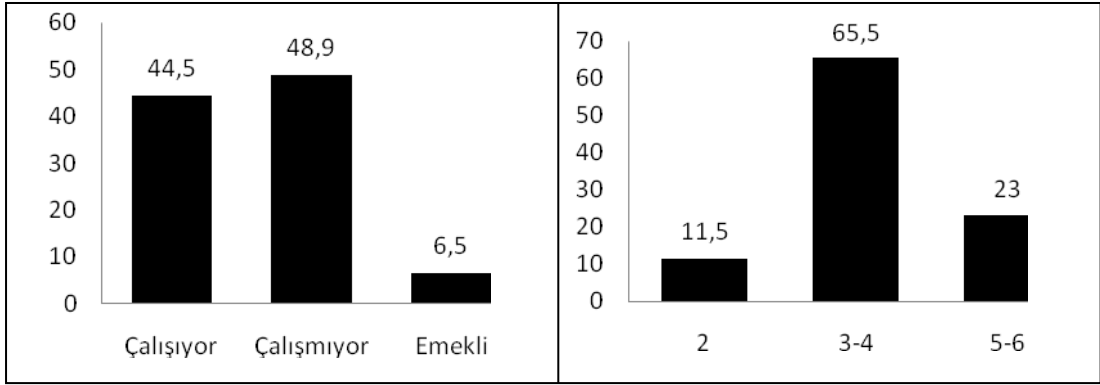
Şekil 22. Deneklerin kişisel bilgileri (cinsiyet ve yaş dağılımı)

• Kullanıcıların eğitim durumlarının değerlendirilmesi yapıldığında lise %41,7, üniversite %36,2, ilköğretim ise %19,7 ile yüzdeler ilk üç sıralaması yer almaktadır. Bu oranlara bakıldığında, konutlarda çoğunluğu lise ve üniversite düzeyinde eğitimlilerin oturduğu söylenebilir [Şekil 23].



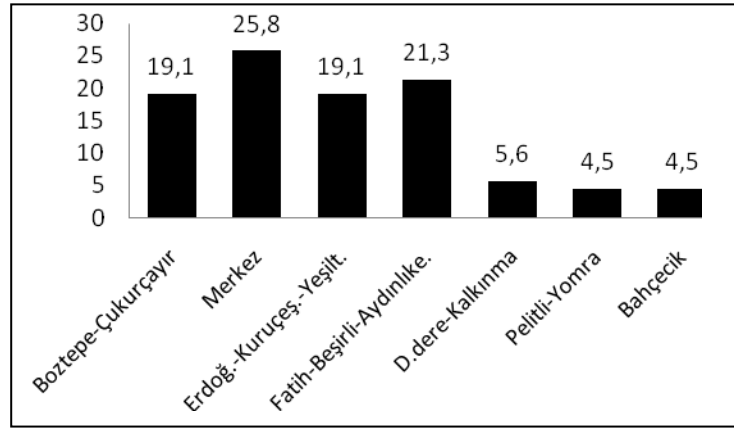
Şekil 23. Eğitim durumu

• Anket değerlendirmesine katılanların iş durumlarını belirlemek amacıyla sorulan sorudan elde edilen sonuçlara göre çalışan ve çalışmayanların oranlarının birbirine yakın olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Buna göre, çalışmayanların oranı %48,9, çalışanların oranı %44,5 ve emekli olanların oranının %6,5 olduğu belirlenmiştir. Konutlarda yaşayan kişi sayısını belirlemek amacı ile sorulan sorudan çıkan sonuçlara göre 3-4 kişilik ailelerin oranı %65,5, 5-6 kişilik ailelerin oranı %23, 2 kişilik ailelerin oranı ise %11,5'tir [Şekil 24].



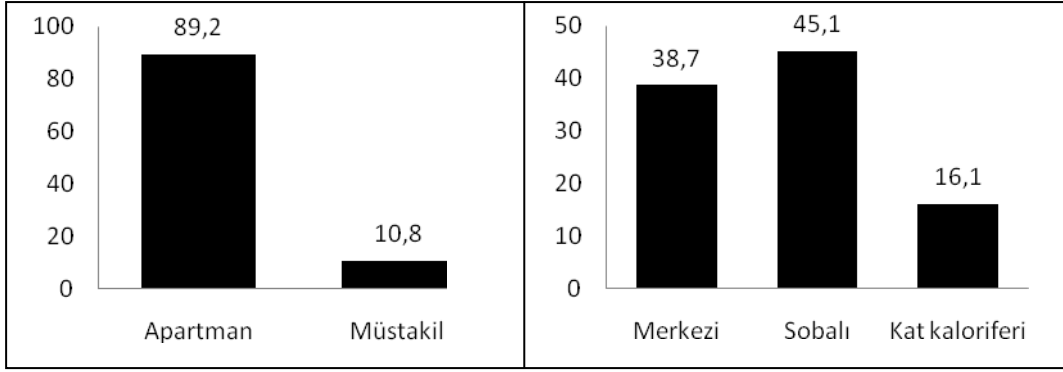
Şekil 24. Deneklerin kişisel bilgileri (iş durumu ve konutta yaşayan kişi sayısı)

- Deneklere daha önce yaşadıkları il ve semtler sorulduğunda alınan cevaplarda daha çok Trabzon semtlerinden geldikleri görülmektedir. Trabzon merkezden gelenlerin oranı %25,8, Fatih-Beşirli-Aydınlıkevler'den gelenlerin oranı %21,3 ve Boztepe-Çukurçayır ile Erdoğan-Kuruçeşme-Yeşiltepe'den gelenlerin oranının %19,1 olduğu belirlenmiştir [Şekil 25].



Şekil 25. Deneklerin daha önce yaşadıkları semtler

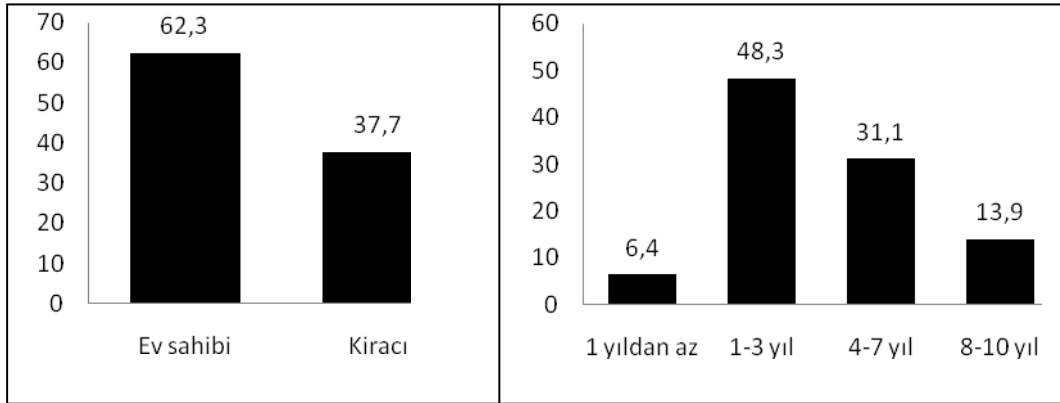
- Deneklerin yaşadıkları konuta taşınmadan önce yaşadıkları konutun tipini belirlemek için sorulan sorudan alınan cevaba göre deneklerin %89,2'si aynı şekilde apartmanda yaşamlarını sürdürdükleri, %10,8'in de müstakil evlerinde yaşadıkları sonucu ortaya çıkmıştır. Deneklerin daha önce yaşadıkları konutlarının ısıtma sistemi hakkında bilgi edinmek amacıyla sorulan sorudan elde edilen sonuçlara göre %45,1'i sobalı, %38,7'si merkezi ve %16,1'i kat kaloriferli konutlarda yaşamışlardır [Şekil 26].



Şekil 26. Deneklerin daha önce yaşadıkları konut tipi ve konutun ısıtma sistemi

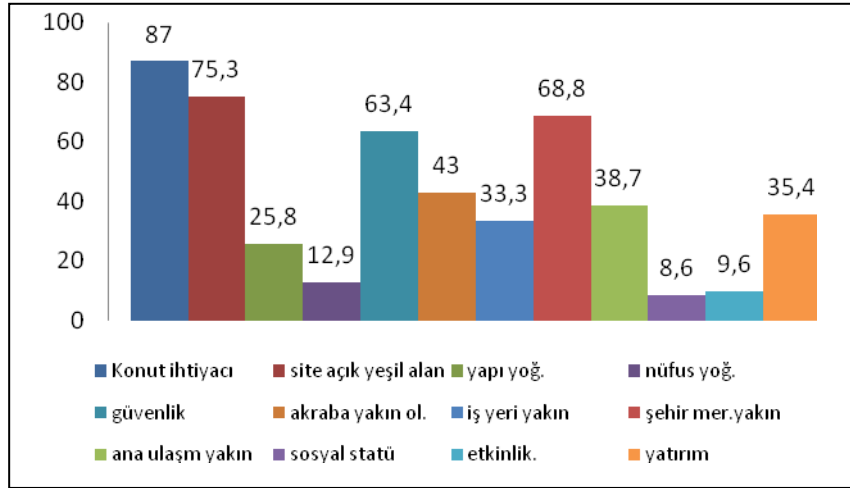
3.2.2.2. Genel Bilgiler ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

- Deneklerin mülkiyet durumunu tespitini yapmak için sorulan sorudan alınan cevaplara göre %62,3'ü ev sahibi, %37,7'si kiracı olduklarını belirtmiştir. Deneklerin konutlarda oturma sürelerine bakıldığında; 1-3 yıl arası %48,3'ü, 4-7 yıl arası %31,1'i, 8-10 yıl arası %13,9'u yaşamlarını sürdürmektedir [Şekil 27].



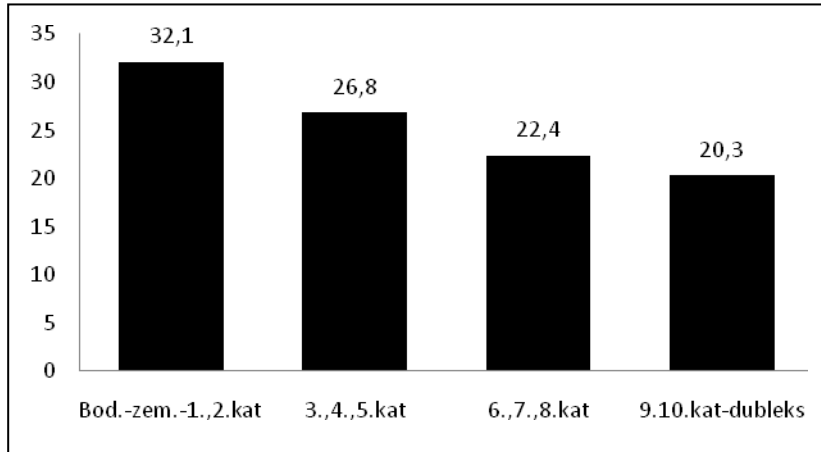
Şekil 27. Deneklerin mülkiyet durumları ve konutta yaşama süreleri

- Deneklerin yaşadıkları siteyi seçmelerindeki beş nedeni önem derecesine göre sıralamaya yönelik sorunun analizinde; %87'si konutun ihtiyaçları karşılayacak fonksiyonda ve büyüklükte oluşunu, %75,3 sitede açık ve yeşil alanların oluşunu ve %68,8'i ise şehir merkezine yakınlığı en çok tercih edenler olmuştur [Şekil 28].



Şekil 28. Yaşanılan sitenin seçilme nedenleri

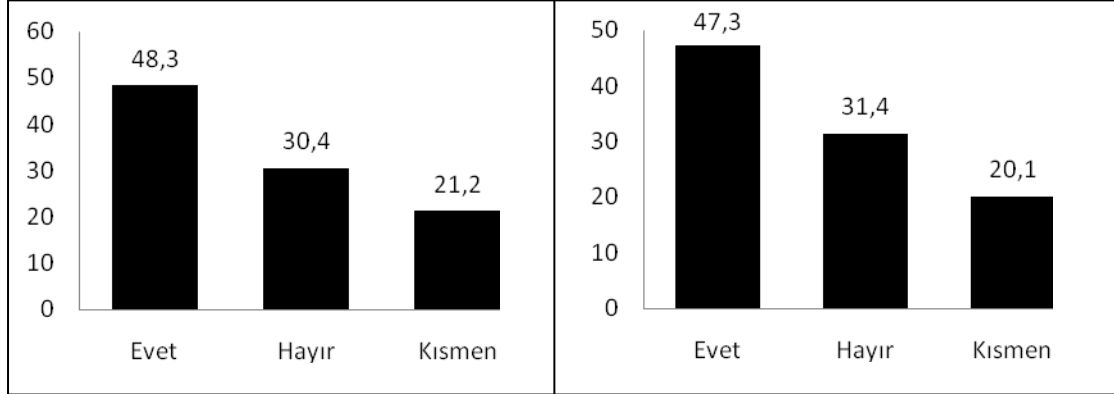
• Katların ısı konfor koşulları ile ilişkisi olup olmadığını saptamak için deneklere kaçınıcı katta oturdukları sorusu sorulmuştur. Alınan cevaplara göre Bodrum-zemin-1.ve 2.katlarda oturanlar %32,1, 3.,4. ve 5.katlarda oturanlar %26,8, 6.,7. ve 8. katlarda oturanlar %22,4, 9.,10. ve dubleks katlarda oturanlar %20,3 olarak belirlenmiştir [Şekil 29].



Şekil 29. Deneklerin yaşadıkları katlar

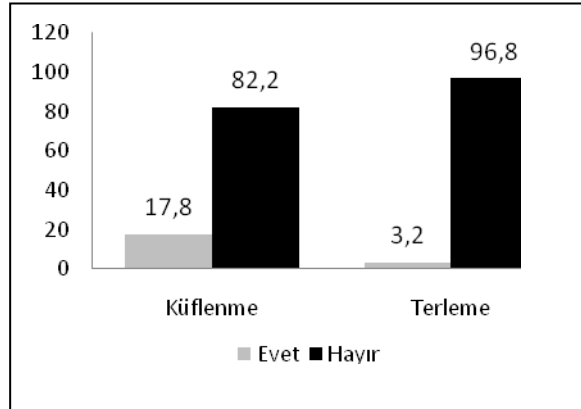
• Konutların bütün odalarının güneş alıp almadığını tespit etmek için sorulan sorudan alınan cevaplara göre deneklerin %48,3'ü bütün odalarının güneş ışığı aldığını belirtmiştir. Hiç güneş ışığı almayan konut oranı %30,4, kısmen güneş ışığı alan konut

oranı ise %21,2 olarak belirlenmiştir. Konutlarının ısısını yeterli gören %47,3, kısmen yeterli gören %20,1 ve yetersiz gören deneklerin oranı %31,4 olmuştur [Şekil 30].



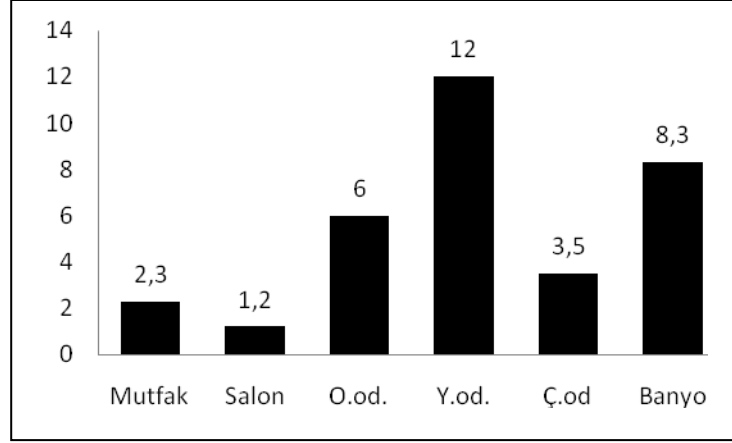
Şekil 30. Konutlarda güneş ışığının ve konut ısısının yeterlilik düzeyi

- Deneklerin konutlarında küflenme ve terleme olup olmadığını tespit etmek için sorulan sorudan elde edilen sonuçlara göre %17,8’inde küflenme, %3,2’inde terleme görüldüğü belirlenmiştir. Konutların %82,2’inde küflenme, %96,8’inde ise terleme görülmediği saptanmıştır [Şekil 31].



Şekil 31. Konutlarda küflenme ve terleme durumu

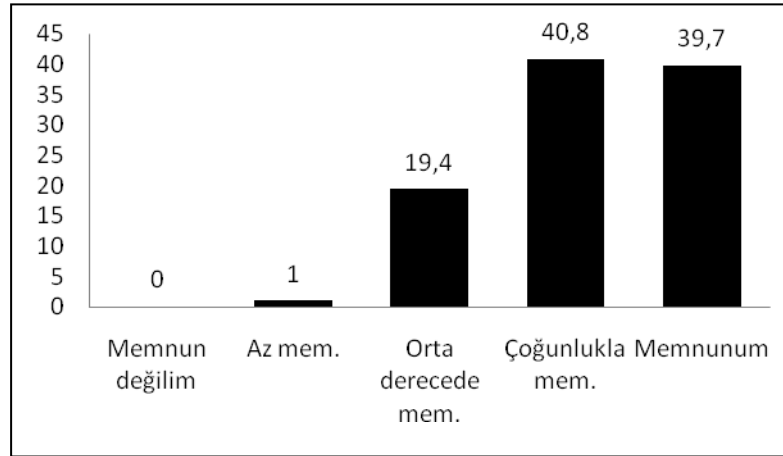
- Konutlarda küflenme görülen mekanların değerlendirilmesi yapıldığında; %12 oranı ile yatak odası, %8,3 ile banyo, %6 ile oturma odası belirtilmiştir [Şekil 32].



Şekil 32. Konutlarda küflenme görülen mekanlar

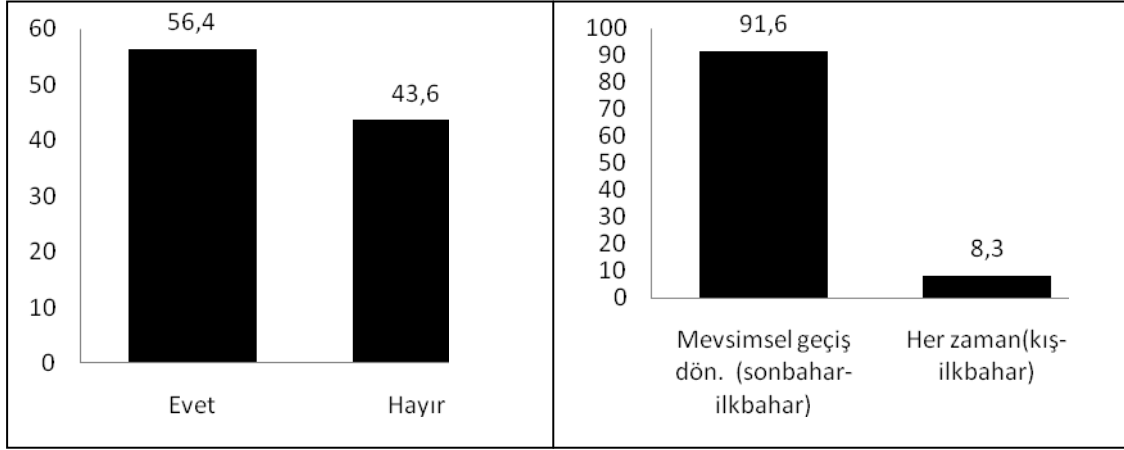
3.2.2.3. Isıl Konfor ve Isı Yalıtımı ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

• Deneklerin yaşadıkları konuttan ısıtma sisteminden memnuniyet düzeyini değerlendirmek için sorulan sorudan alınan cevaplara göre %39,7'si memnun, %40,8'i çoğunlukla memnun ve %19,4'ü orta derecede memnun olduğunu belirtmiştir [Şekil 33].



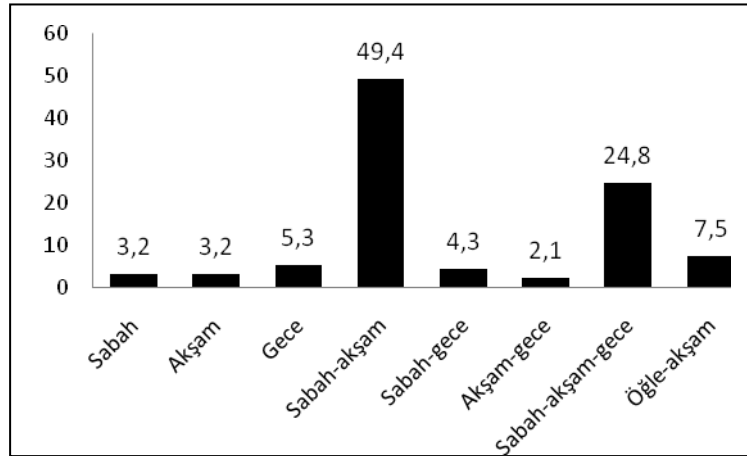
Şekil 33. Konutun ısıtma sisteminden memnuniyet düzeyi

• Deneklere “Ek ısıtma araçları kullanıyor musunuz” sorusu yöneltilmiştir. Sorudan elde edilen sonuçlara göre deneklerin %56,4'ü ek ısıtma araçları kullandığını, %43,6'sı ise herhangi bir ısıtma aracı kullanmadığını belirtmiştir. Ek ısıtma araçları kullanan deneklerin %91,6'sı mevsimsel geçiş dönemlerinde (sonbahar-ilkbahar), %8,3'ü her zaman (sonbahar-kış-ilkbahar) kullanmaktadır [Şekil 34].



Şekil 34. Deneklerin ek ısıtma aracı kullanma durumu ve kullanım dönemleri

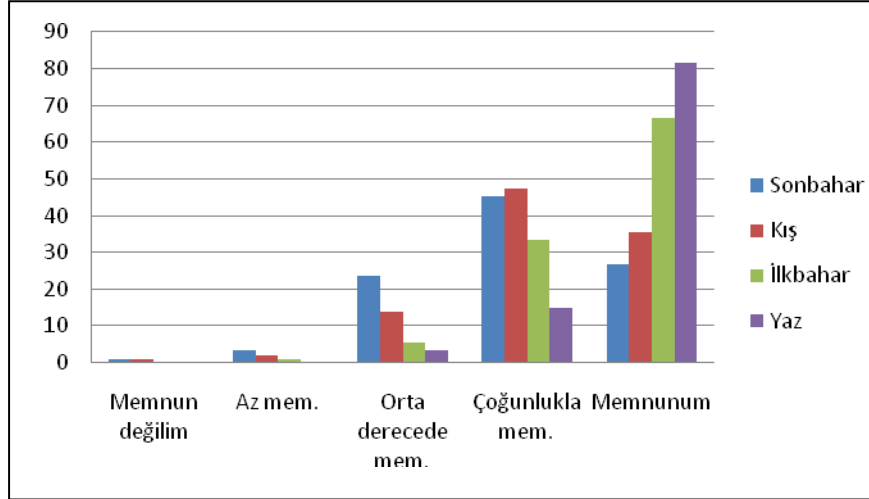
- Isıtma işleminin yapılmasının uygun olduğu zaman dilimi olarak %49,4 ile sabah akşam, %24,8 ile sabah-akşam-gece ve %7,5 ile öğle-akşam saatlerinde olması istenmiştir. Sabah ve akşam saatlerinin daha çok tercih edilmesinin sebebi olarak konut kullanıcılarının çalışıyor olması söylenebilir [Şekil 35].



Şekil 35. Isıtma işleminin tercih edildiği zaman dilimleri

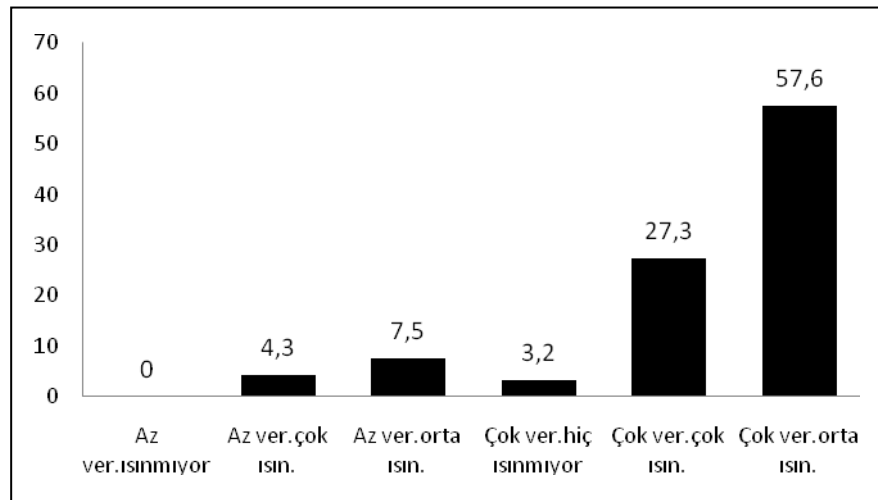
- Deneklere her mevsim konutlarının içi ortam sıcaklığından ne derece memnun oldukları sorulmuştur. Alınan cevaplara göre; deneklerin %81,7'si yaz, %66,6'sı ilkbahar aylarında memnun, %45,1'i sonbahar, %47,3'ü kış aylarında çoğunlukla memnun ve %23,6'sı sonbahar, %13,9'u kış aylarında iç ortam sıcaklığından orta derecede memnun olduklarını belirtmişlerdir [Şekil 36]. Özellikle mevsimsel geçiş dönemlerinde iç ortam

sıcaklığında memnuniyetin az olmasının sebebi; apartmanda ısıtma işlemine geç başlanıp erken bitirilmesiyle ilişkili olduğu sonucu, ek ısıtma araçlarının kullanım dönemlerine bakıldığında ortaya çıkmaktadır



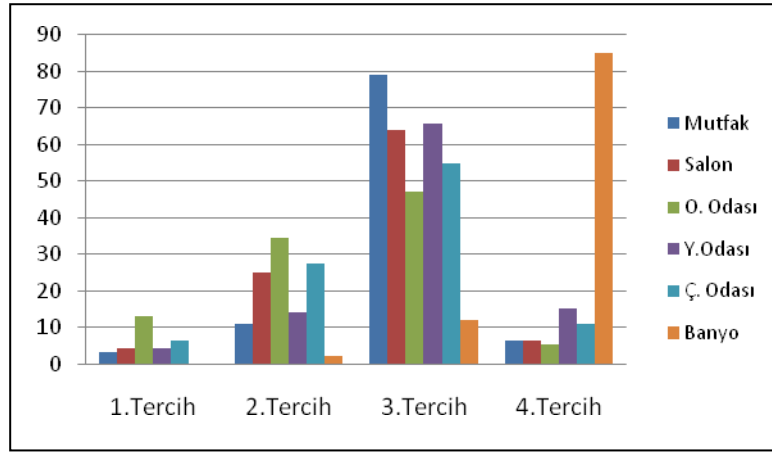
Şekil 36. Konut iç ortam sıcaklığının değerlendirilmesi

• Konutlarda ısıtma için harcanan para için ne söyleyebileceğinin tespitini yapmak için sorulan sorudan elde edilen verilere göre deneklerin %57,6'sı “çok veriyorum”, “orta derecede ısınyorum”, %27,3'ü “çok veriyorum çok ısınyorum”, %7,5'i “az veriyorum orta derecede ısınyorum” yorumunda bulunmuşlardır [Şekil 37].



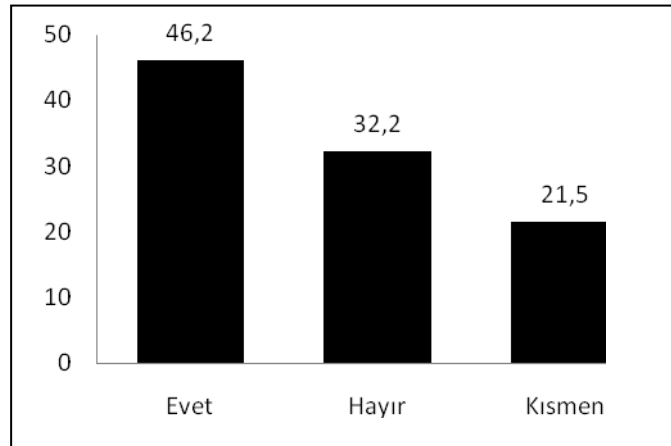
Şekil 37. Isınma için harcanan para hakkındaki görüşler

• Deneklerin yaşadıkları konutun mekanlarını en sıcaktan soğuğa doğru 1,2,3,4 şeklinde sıralamaları istenmiştir. Buna göre mekanlar en sıcaktan soğuğa doğru 1,2,3,4 şeklinde gruplandırılmıştır. 1.tercih grubunda oturma odası, %12,9 ve 2.tercih grubunda %34,4 ile en sıcak mekan olmuştur. 3.tercih grubunda %79,1 ile mutfak ilk sırada yer almıştır. Deneklerin en soğuk mekan olarak %85,2 ile banyo mekanını 4.tercih grubunda en yüksek göstermişlerdir [Şekil 38].



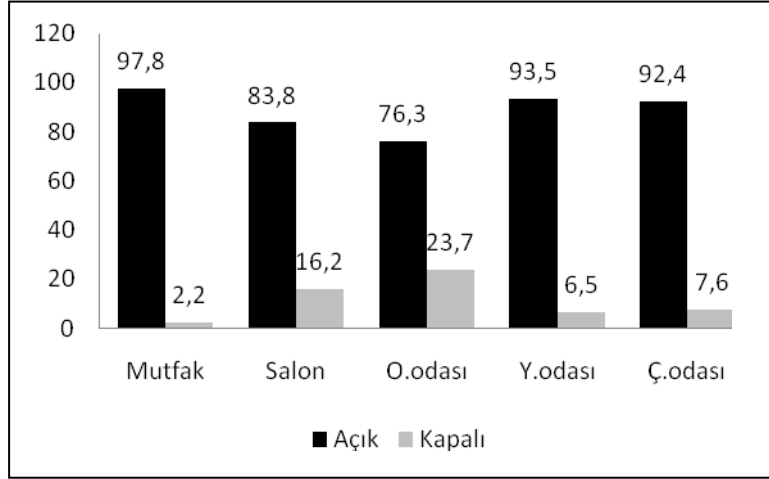
Şekil 38. Konuttaki mekanların sıcaktan soğuğa doğru derecelendirilmesi

• Mevcut durumdaki ısı yalıtımının verimliliğini değerlendirmek için dış duvarlarda gece ısının korunup korunmadığı deneklere soru olarak yöneltilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapıldığında; konutların %46,2'sinde gece ısının korunduğu, %32,2'sinde ısının korunmadığı, %21,5'inde ise kısmen ısının korunduğu tespit edilmiştir [Şekil 39].



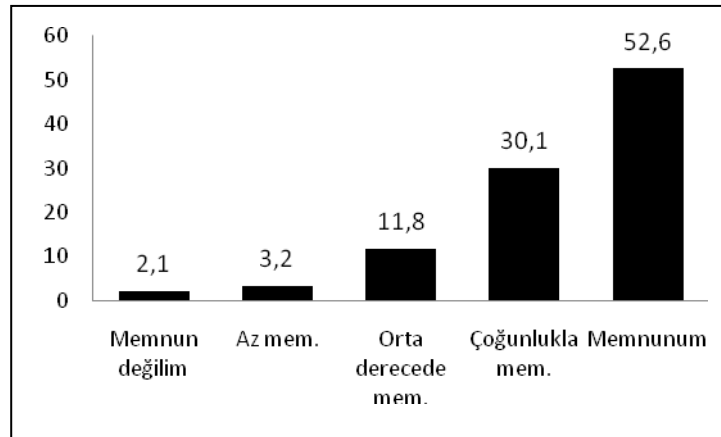
Şekil 39. Dış duvarlarda gece ısının korunup korunmama durumu

• Deneklere, peteklerinin önünün açık/kapalı olma durumu sorulmuştur. Alınan cevapların analizi yapıldığında konutların büyük çoğunluğunda peteklerin önünün açık olduğu saptanmıştır [Şekil 40].



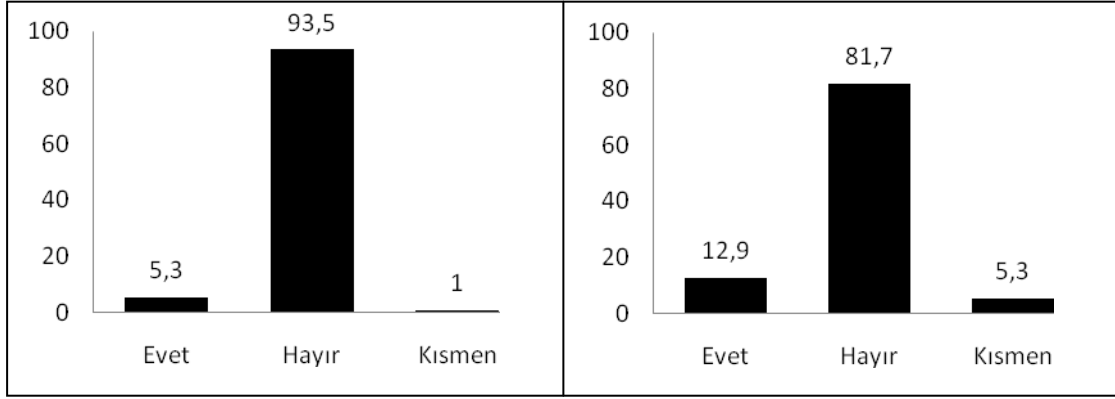
Şekil 40. Peteklerin önünün açık/kapalı olma durumu

• Konutlardaki petek boyutlarından memnuniyet durumuna deneklerin %52,6'sı memnun, %30,1'i çoğunlukla memnun ve %11,8'i orta derecede memnun olduğunu belirtmiştir [Şekil 41].



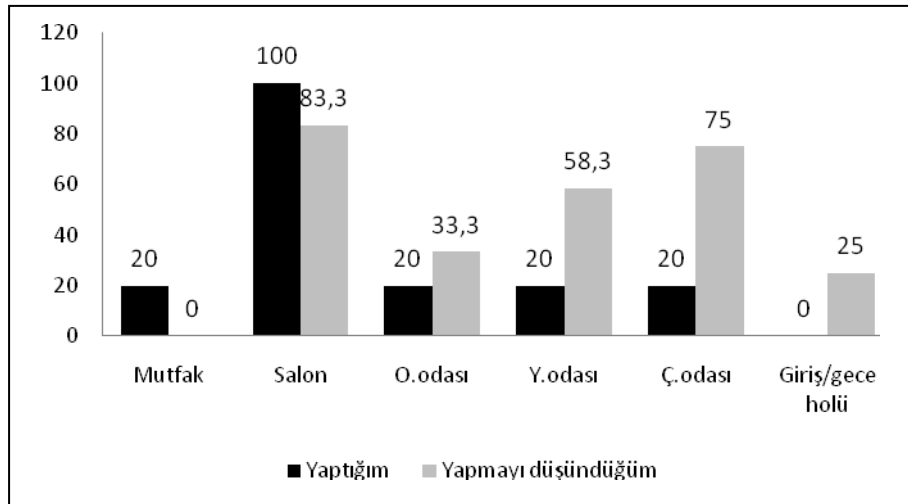
Şekil 41. Konutlarda petek boyutlarından memnuniyet düzeyi

- Deneklerin %93,5'i peteklerinde değişiklik yapmadığını, %81,7'si değişiklik yapmayı düşünmediğini, %5,3'ü değişiklik yaptığını, %12,9'u ise değişiklik yapmayı düşündüğünü söylemiştir [Şekil 42].



Şekil 42. Petek boyutlarında yapılan ve yapılmayan değişiklikler

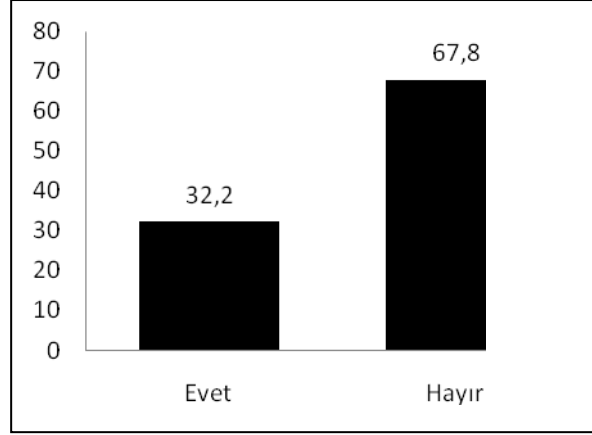
- Deneklerin petek boyutlarını değiştirdikleri mekanlar salon ve diğer odalar, değiştirmeyi düşündükleri mekanlar ise %83,3 ile salon, %75 ile çocuk odası, %58,3 ile yatak odası olmuştur [Şekil 43].



Şekil 43. Petek boyutlarında değişiklik yapılan ve yapılması düşünölen mekanlar

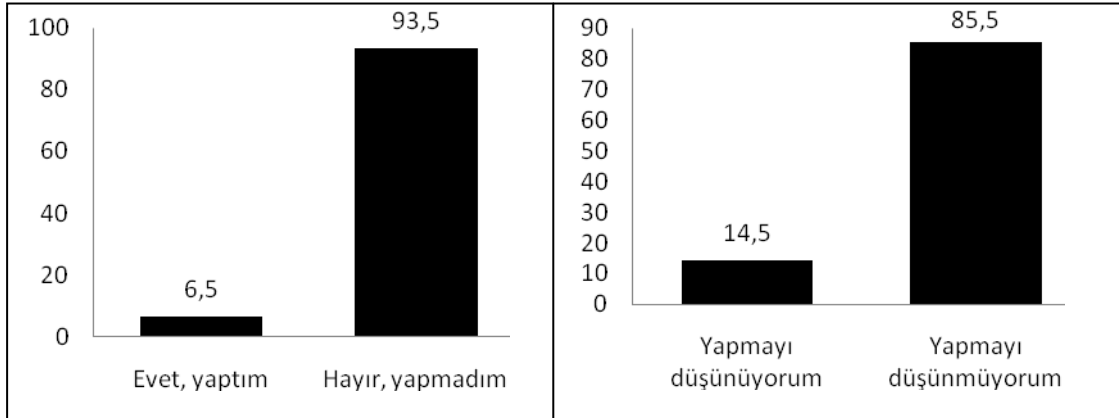
- Deneklere konutlarındaki mevcut ısı yalıtımı konusunda bilgi sahibi olup olmadıkları sorusu yöneltilmiştir. Alınan cevapların analizi yapıldığında %67,8'i

konutlarında oturmaya başlamadan önce herhangi bir araştırma yapmadıklarını söylemiştir. %32,2'si ise bu konuda bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir [Şekil 44].



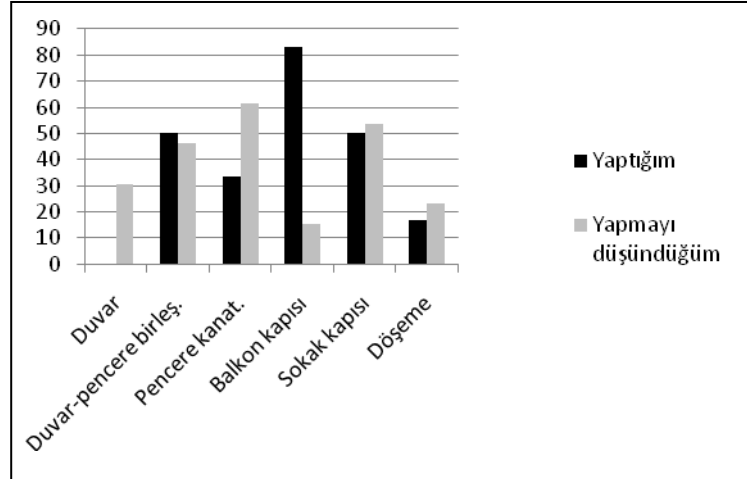
Şekil 44. Deneklerin konutlarının ısı yalıtım özellikleri hakkında bilgi sahibi olup olmama durumu

• Deneklerin %93,5'i konutlarında herhangi bir ek yalıtım yapmadığını, %85,5'i ise yalıtım yapmayı düşünmediğini söylemişlerdir [Şekil 45].



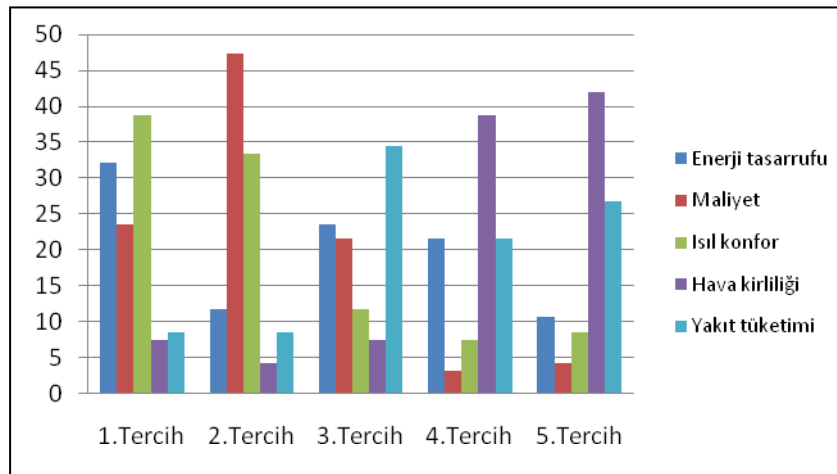
Şekil 45. Konutlarda yapılan ve yapılması düşünülen ek ısı yalıtımı

• Isı yalıtımı yapan ve yapmayı düşünen deneklerin yalıtımı nerelere yaptıklarının değerlendirilmesi yapıldığında %83,3 balkon kapısında, %53,8'si sokak kapısında yalıtım yaptıklarını, %61,5'i pencere kanatlarında yalıtım yapmayı düşündüklerini belirtmişlerdir [Şekil 46].



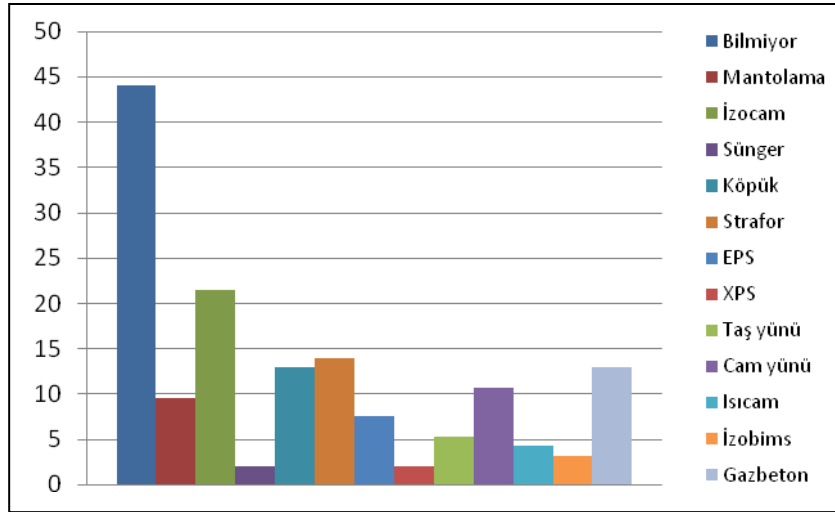
Şekil 46. Konutlarda ek ısı yalıtımı yapılan ve yapılması düşünülen yapı elemanları

• Konutlarda yapılan ısı yalıtımının enerji tasarrufu, maliyet, ısıl konfor, hava kirliliği ve yakıt tüketimi kavramları ile ilişkisi önem derecesine göre 1,2,3,4 ve 5.tercih olarak sıralanmıştır. Deneklerin 1.tercih grubunda; %38,7'si ısıl konfor, %32,2'si enerji tasarrufu, %23,6'sı maliyeti ilk üç sırada göstermiştir. 2.tercih grubunda; %47,3'ü maliyeti, %33,3'ü ısıl konforu, %11,8'i enerji tasarrufunu ilk üç sırada göstermiştir. 3. tercih grubunda; %34,4'ü yakıt tüketimini, %23,6'sı enerji tasarrufunu, %21,5'i maliyeti ilk üç sırada göstermiştir. 4. tercih grubunda; %38,7'si hava kirliliğini, %21,5'i enerji tasarrufunu ve yakıt tüketimini ilk üç sırada göstermiştir. 5. tercih grubunda ise; %41,9'u hava kirliliğini, %26,8'i yakıt tüketimini ve %10,7'si enerji tasarrufunu göstermiştir [Şekil 47].



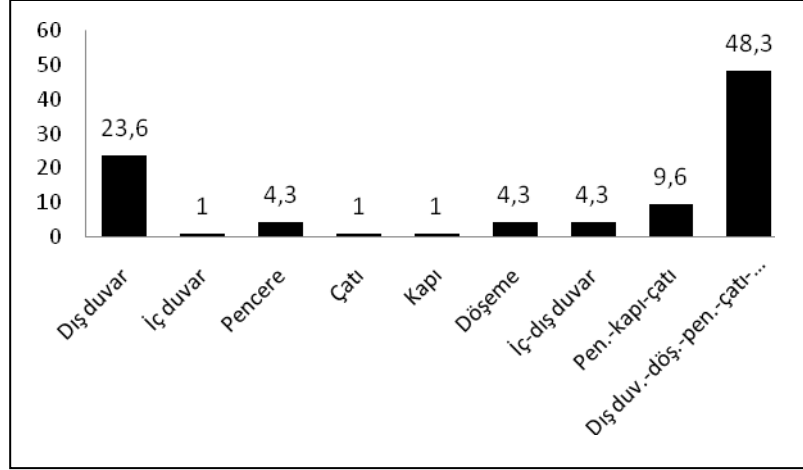
Şekil 47. Konutlarda yapılan ısı yalıtımının ilişkili oldukları kavramlar

• Deneklere ısı yalıtım malzemeleri hakkında bilgi sahibi olup olmadıklarını öğrenmek için “Hangi ısı yalıtım malzemelerini biliyorsunuz?” sorusu yöneltilmiştir. Deneklerin %44’ü herhangi bir ısı yalıtım malzemesi veya bu konu ile ilgili herhangi bir bilgide bulunmamıştır. Deneklere malzeme sorulmasına karşın bu konu ile ilgili mantolama işleminden ve malzeme markalarından bahsetmişlerdir. Deneklerin %21,5’i yalıtım markası İzocam, %13,9’u strafor, 12,9’u köpük ve gazbeton, %10,7’si cam yünü, %9,6’sı yalıtım işlemi mantolama, %7,5’i EPS, %5,3’ü taş yünü, %4,3’ü ısıcam, %3,2’si izobims ve %2,1’i XPS ve sünger hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir [Şekil 48].



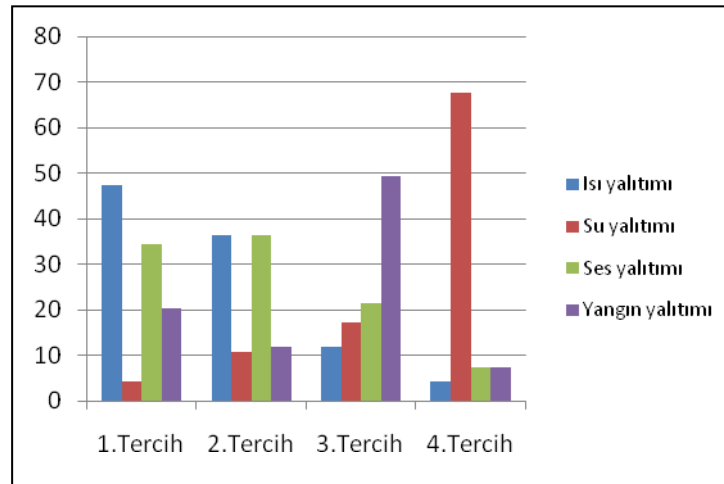
Şekil 48. Deneklerin bildikleri ısı yalıtım malzemeleri ve kavramları

• Deneklere “ısı yalıtımı nerelerde yapılabilir?” sorusu sorulmuştur. Alınan cevapların analizi yapıldığında %48,3’ü dış duvar-döşeme-pencere-çatıda, %23,6’sı yalnızca dış duvarda yalıtım yapılabileceğini söylemişlerdir [Şekil 49].



Şekil 49. Isı yalıtımı yapılan elemanlar

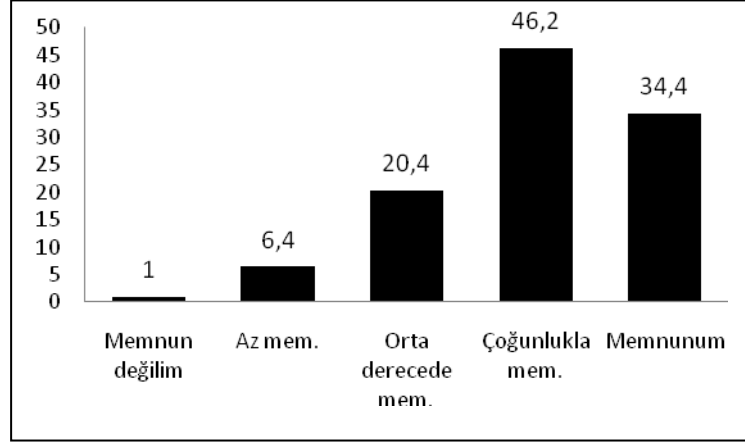
• Deneklerden konutlarında bulunmalarını istedikleri yalıtım türlerini önem derecesine göre 1,2,3,4 şeklinde sıralamaları istenmiştir. Buna göre 1.tercih grubunda; %47,3'ü ısı yalıtımı, %34,4'ü ses yalıtımı, %20,4'ü yangın yalıtımını ilk üç sırada göstermiştir. 2.tercih grubunda; %36,5'i ısı ve ses yalıtımını, %11,8'i yangın yalıtımını ilk üç sırada göstermiştir. 3. tercih grubunda; %49,4'ü yangın yalıtımını, %21,5'i ses yalıtımını, %17,2'si su yalıtımını ilk üç sırada göstermiştir. 4. tercih grubunda; %67,7'si su yalıtımını, %7,5'i ses ve yangın yalıtımını ilk üç sırada göstermiştir [Şekil 50].



Şekil 50. Konutlardaki yalıtım türlerinin önem dereceleri

• Deneklerin konutlarında ısı konfor açısından memnuniyetini değerlendirmek için sorulan sorudan elde edilen verilerin analizi yapıldığında %46,2'si çoğunlukla memnun,

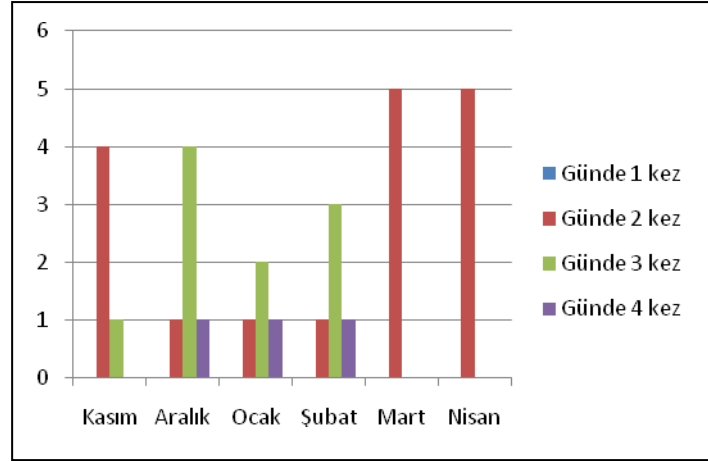
%34,4'ü memnun ve %20,4'ü ise orta derecede memnun hissettiklerini söylemişlerdir [Şekil 51].



Şekil 51. Isıl konfor açısından memnuniyet düzeyi

3.2.2.4. Binanın Genel Isıtma Sistemi ile İlgili Olarak Apartman Yöneticisi ile Yapılan Anket Çalışmasının Değerlendirilmesi

- Çalışmada, hesaplamaları yapılan ve anket değerlendirmesine katılan blokların ısıtma sistemleri merkezidir.
- Apartman yöneticilerinin yakıt türünün ne olduğu sorusuna verdikleri cevaplar değerlendirildiğinde hepsinde linyit kömürü kullanıldığı belirlenmiştir.
- Araştırmada yer alan 5 sitenin apartman yöneticisinden, kaloriferlerin yanma süreleri ile ilgili sorudan alınan cevaplara göre yalnızca biri günde 2 kez kaloriferlerin yandığını, üç site aralık, ocak, şubat aylarında günde 3 kez, kasım, mart, nisan aylarında günde 2 kez yandığını söylemişlerdir. Bir site ise aralık, ocak, şubat aylarında günde 4 kez kaloriferlerin yandığını belirtmiştir. Kaloriferlerin günde 1 kez yandığını konusunda apartman yöneticileri herhangi bir bilgi vermemiştir [Şekil 52].



Şekil 52. Kaloriferlerin günde kaç kez yanma süreleri

- Isıtma işleminin hangi saatlerde yapıldığını tespit etmek için sorulan sorudan alınan cevaplara göre; bir site sabah 5.00 ile akşam 17.00 arasında ısıtma işleminin yapıldığını, 3 site sabah 5.00, akşam 17.00 ile gece 22.00 arasında uygulamaktadır. Bir site ise ısıtma işlemini sabah 5.00, öğle 11.00, akşam 17.00 ile gece 22.00 arasında uyguladığını belirtmiştir.

3.2.2.5. Örnek Konut Bloklarında Isıl Konfor Koşullarının SPSS Programına Göre Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Tez çalışması kapsamında yer alan örnek binalarda ısıl konfor koşullarının memnuniyet düzeyini değerlendirmek için kullanıcılarla yapılan anket çalışmasının değerlendirmeleri yapılmıştır. Anketin irdeleme bölümünde; elde edilen veriler ve yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak ki-kare bağımsızlık testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanması ile verilerin birbirleri ile aralarındaki ilişkileri belirlenmiş ve aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerine bağlı olarak memnuniyet ve tercih düzeyleri irdelenmiştir.

Kullanıcı anketi; kullanıcı profili, genel bilgiler, ısıl konfor hakkında genel değerlendirmeler ve kullanıcının ısıl konfor hakkında genel görüşler şeklinde dört bölümden oluştuğu ve bunların değerlendirilmesi bulgular kısmında açıklanmıştır.

3.2.2.5.1. Aralarında İlişki Saptanan Verilere Ait İrdelemeler

Bu bölümde bu dört bölümün kendi içinde ilişkili olduğu ya da diğer bölümlerle ilişkisi düşünüldüğü varsayımlar açıklanmaktadır. Yapılan irdelemeler Ki-Kare Bağımsızlık Testi ve Çapraz Tablo Analizleri ile yapılmıştır. Ki-Kare analizi sonucunda bazı değişkenler arasındaki ilişki istatistiki olarak yorumlanamaz olduğundan gerekli görülen satır ve sütunlarda birleştirmeler yapılmış ve test yeniden uygulanmıştır. Aralarında $p \leq 0.050$ düzeyinde anlamlı ilişki bulunan değişkenler analiz edilerek tablolara aktararak yorumlanmıştır. Aralarında ilişki bulunan değişkenlerde, bu ilişkinin nereden kaynaklandığına ise çapraz tablolardaki düzeltilmiş sapma gözlerinden bakılmıştır.

Genel bilgiler bölümüne ait değişkenler kendi aralarında ve diğer bölümlerle analiz edilerek, aralarında ilişki bulunan değişkenlere ait bilgiler tablolara aktarılmıştır.

Yaşanılan kat ile aralarında $p \leq 0.050$ düzeyinde ilişki saptanan veri gruplarına ait test sonuçları Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Yaşanılan kat ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları

Veri grubu	İlişki aranan veri grubu	χ^2	df	Sig.
Yaşanılan kat	Bütün odaların güneş alma durumu	97,174	6	,000
	Evin ısısının yeterli olup olmama durumu	70,305	6	,000
	Ek ısıtma aracı kullanma isteği	23,663	3	,000

- Yaşanılan kat ile evin bütün odalarının güneş alma durumu arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), bodrum-zemin-1.-2.katların güneş almadığı (%96,7), 6.-7.-8. katların (%42,9) güneş aldığı şeklinde belirtilmiş olmasından kaynaklanmaktadır [Tablo 24].

- V4 ile evin ısısının yeterli olup olmama durumu arasında saptanan anlamlı ilişki ($p=,000$), bodrum-zemin-1.-2.katlarda yaşayanların (%76,7) ısınmadıklarını, 3.-4.-5.katlarda yaşayanlar (%72) ile 6.-7.-8. katlarda yaşayanların (%100) ısındıklarını ve 9.-10.-11.kat ve dubleks katlarda yaşayanların (%52,9) ise kısmen ısındıklarını belirtmelerinden kaynaklanmaktadır [Tablo 24].

- V4 ile ek ısıtma aracı kullanma isteği arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), bodrum-zemin-1.-2.katlarda yaşayanların (%93,3) ek ısıtma aracı kullandıklarını, 3.-4.-5.katlarda yaşayanlar (%52) ile 6.-7.-8. katlarda yaşayanların (%52,4) ve 9.-10.-11.kat ve dubleks katlarda yaşayanların (%94,1) herhangi bir ek ısıtma aracı kullanmadıklarını belirtmelerinden kaynaklanmaktadır [Tablo 24].

Tablo 24. Yaşanılan kat ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları

V4.Yaşanılan kat		Bod.-zemin.-1.-2.kat		3.-4.-5.kat		6.-7.-8. kat		9.-10.-11.kat ve dubleks	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.	%	AdjRes.	%	AdjRes.
Bütün odaların güneş alma durumu	Evet	3,3	-3,4	28	,3	42,9	2,0	41,2	1,6
	Hayır	96,7	5,3	44	-1,5	38,1	-2,0	29,4	-2,5
	Kısmen	,0	-3,0	28	1,7	19	,3	29,4	1,5
Konut ısısının yeterli olup olmama durumu	Evet	6,7	-5,4	72	2,9	100	5,5	17,6	-2,7
	Hayır	76,7	5,7	20	-1,9	,0	-3,9	29,4	-,6
	Kısmen	16,7	-,1	8	-1,4	,0	-2,4	52,9	4,3
Ek ısıtma aracı kullanma isteği	Evet	93,3	3,3	48	-3,0	47,6	-2,7	94,1	2,3
	Hayır	6,7	-3,3	52	3,0	52,4	2,7	5,9	-2,3

Konutun bütün odalarının güneş alma durumu ile aralarında $p \leq 0.050$ düzeyinde ilişki saptanan veri gruplarına ait test sonuçları Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. Konutun güneş alma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları

Veri grubu	İlişki aranan veri grubu	χ^2	df	Sig.
Konutun güneş alma durumu	Küflenme olup olmama durumu	14,810	2	,001
	Ek ısıtma aracı kullanma isteği	20,487	2	,000

- Konutların bütün odalarının güneş alma durumu ile küflenme olup olmaması arasında belirlenen anlamlı ilişkiyi ($p=,001$), güneş almayan konutlarda (%82,6) küflenme olduğu ve güneş alan konutlarda (%52,6) küflenmenin oluşmadığı belirlemiştir. [Tablo 26].

- V7 ile ek ısıtma aracı kullanma durumu arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), güneş alan konutlarda soruya olumsuz yanıt verilmesi (%86,4) ve güneş almayan konutlarda soruya olumlu yanıt verilmesinden (%62,5) kaynaklanmaktadır [Tablo 26].

Tablo 26. Konutun güneş alma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları

V7.Güneş alma		Evet		Hayır		Kısmen	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.	%	AdjRes.
Küflenme olup olmama durumu	Evet	17,4	-2,4	82,6	2,4	,0	-2,5
	Hayır	52,6	3,7	47,4	-3,7	100	2,5
Ek ısıtma aracı kullanma durumu	Evet	37,5	-4,2	62,5	4,2	60	-,8
	Hayır	86,4	4,3	13,6	-4,3	40	,8

Konut ısısının yeterli olup olmama durumu ile aralarında veri gruplarına ait test sonuçları Tablo 27’de verilmiştir. Kaloriferlerin yanma zamanı için deneklere sunulan seçenekler anlamlı bir ilişki saptanabilmesi için günde 1 kez yanmasını isteyenler günde 1 kez, 2 kez yanmasını isteyenler günde 2 kez ve 3 kez yanmasını isteyenler günde 3 kez şeklinde derecelendirilmiştir. Ayrıca deneklere yöneltilen memnuniyet sorularında anlamlı bir ilişki saptanabilmesi için memnun değil-az memnun yanıtı verenler, orta derecede memnun-çoğunlukla memnun yanıtı verenler ve memnun yanıtı verenler bir derecelendirilmiştir.

Tablo 27. Konut ısısının yeterli olup olmama durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları

Veri grubu	İlişki aranan veri grubu	χ^2	df	Sig.
Konut ısısının yeterliliği	Isıtma zamanı	40,518	4	0,000
	Isıl konfor memnuniyeti	15,106	4	0,004

- Konut ısısının yeterliliği ile ısıtma zamanı arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), konut ısısını yeterli bulanların (%36,4) kaloriferlerin günde bir kez yanması ve konut ısısını yeterli bulmayanların (%54,5) kaloriferlerin günde üç kez yanması gerektiğini belirtmesinden kaynaklandığı söylenebilir [Tablo 28].

- V8 ile ısıl konfor memnuniyeti arasında belirlenen ilişki ($p=,004$), konut ısısının yeterli olmadığı durumu (%24,2) ısıl konfor açısından memnun değil-az memnun ve konut ısısının yeterli olması (%52,3) ısıl konfor açısından memnun karşılandığı şeklinde söylenebilir [Tablo 28].

Tablo 28. Konut ısısının yeterliliği ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları

V8. Konut ısısının yeterliliği		Evet		Hayır		Kısmen	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.	%	AdjRes.
Isıtma zamanı	Günde 1 kez	36,4	4,6	,0	-3,3,	,0	-2,0
	Günde 2 kez	61,4	1,6	45,5	-1,0	43,8	-,8
	Günde 3 kez	2,3	-5,5	54,5	3,8	56,3	2,5
Isıl konfor memnuniyeti	Memnun değil - az memnun	4,5	-2,3	24,2	2,4	12,5	-,1
	Orta derecede- çoğunlukla memnun	43,2	-1,7	57,6	,7	68,8	1,4
	Memnun	52,3	3,4	18,2	-2,4	18,8	-1,4

Isıl konfor hakkında konuta ait genel değerlendirme bölümüne ait değişkenler kendi aralarında ve diğer bölümlerle analiz edilerek, aralarında ilişki bulunan değişkenlere ait bilgiler tablolara aktarılmıştır.

Isıtma sistemden memnuniyet düzeyi ile aralarında veri gruplarına ait test sonuçları Tablo 29'da verilmiştir. Isınma için harcanan para için deneklerin verdikleri yanıtlara göre; çok veriyorum hiç ısınmıyorum 1 puan, çok veriyorum çok ısıyorum 2 puan ve çok veriyorum orta derecede ısıyorum 3 puan şeklinde derecelendirme yapılmıştır.

Tablo 29. Isıtma memnuniyet düzeyi ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları

Veri grubu	İlişki aranan veri grubu	χ^2	df	Sig.
Isıtma sistemi memnuniyeti	Konut ısısının yeterliliği	19,670	2	0,000
	Sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığı	15,832	2	0,000
	Kış dönemi iç ortam sıcaklığı	12,084	2	0,002
	Harcanan para	9,715	2	0,008
	Isıl konfor memnuniyeti	74,259	2	0,000

- Isıtma sistemi memnuniyeti ile konut ısısının yeterliliği arasında belirlenen anlamlı ilişkinin ($p=,000$), ısıtma sisteminden orta derecede memnun-çoğunlukla memnun olanların soruya hayır yanıtı vermesi (%76,8) ve ısıtma sisteminden memnun olanların soruya olumlu yanıt vermesinden (%54,1) kaynaklandığı belirlenmiştir [Tablo 30].

- V11 ile sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığı arasında anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. ($p=0,000$). Isıtma sisteminden orta derecede-çoğunlukla memnun olanların (%95) iç ortam sıcaklığından memnun değil-az memnun, ısıtma sisteminden memnun olanların (%72,7) sonbahar döneminde iç ortam sıcaklığında memnun olduklarını belirtmişlerdir [Tablo 30].

- V11 ile kış dönemi iç ortam sıcaklığı arasında anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. ($p=0,002$). Isıtma sisteminden orta derecede-çoğunlukla memnun olanların (%100) iç ortam sıcaklığından memnun değil-az memnun, ısıtma sisteminden memnun olanların (%66,7) kış döneminde iç ortam sıcaklığında memnun olduklarını belirtmişlerdir [Tablo 30].

Tablo 30. Isıtma sistemi memnuniyet düzeyi ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları

V11.Isıtma sistemi memnuniyeti		Orta derecede memnun-çoğunlukla memnun		Memnun	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.
Konut ısısının yeterliliği	Evet	12,5	-4,3	54,1	4,3
	Hayır	76,8	4,0	35,1	-4,0
	Kısmen	10,7	,0	10,8	,0
Sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığı	Memnun değil - az memnun	95,0	3,6	5	-3,6
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	54,8	-1,5	45,2	1,5
	Memnun	27,3	-2,4	72,7	2,4
Kış dönemi iç ortam sıcaklığı	Memnun değil - az memnun	100	2,7	,0	-2,7
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	61,5	,4	38,5	-,4
	Memnun	33,3	-2,6	66,7	2,7
Harcanan para	Çok veriyor, orta derece ısınmıyor	80,4	2,7	8,1	-1,1
	Çok veriyor, çok ısınmıyor	3,6	-4,3	37,8	4,3
	Çok veriyor, hiç ısınmıyor	16,1	1,1	54,1	-2,7
Isıl konfor memnuniyeti	Memnun değil - az memnun	21,4	3,0	,0	-3,0
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	78,6	6,2	13,5	-6,2
	Memnun	,0	-8,6	86,5	8,6

• V11 ile ısınma için harcanan para arasında belirlenen ilişki ($p=,008$), apartmanın ısıtma sisteminden orta derecede memnun-çoğunlukla memnuniyet belirtenlerin (%80,4) ısıtma için çok para verip orta derecede ısınmaları ve ısıtma sisteminden memnuniyet belirtenlerin (%37,8) çok verip çok ısınmaları ile ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır [Tablo 30].

• V11 ile ısı konfor memnuniyeti arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), ısıtma sisteminden orta derecede memnun-çoğunlukla memnuniyet belirtenlerin (%78,6) orta derecede-çoğunlukla memnun ve ısıtma sisteminden memnun olanların (%86,5) konutlarında ısı konfor açısından memnun olduklarından kaynaklanmaktadır [Tablo 30].

Ek ısıtma aracı kullanma durumu ile aralarında $p \leq 0.050$ düzeyinde ilişki saptanan veri gruplarına ait test sonuçları Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Ek ısıtma aracı kullanma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait ki-kare testi sonuçları

Veri grubu	İlişki aranan veri grubu	χ^2	df	Sig.
Ek ısıtma aracı	Konut ısısının yeterliliği	14,167	2	0,001
	Ek ısıtmanın kullanıldığı sonbahar dönemi	26,361	2	0,000
	Ek ısıtmanın kullanıldığı kış dönemi	17,584	2	0,000
	Isıtma için harcanan para	6,347	2	0,042

• Ek ısıtma aracı kullanılması ile konut ısısının yeterlilik durumu arasında belirlenen ilişki ($p=,001$), konut ısısının yeterli olmadığını hissedenlerin (%87,9) olumlu yanıt vermesi ve konut ısısını yeterli bulanların (%47,7) olumsuz yanıt belirtmesinden kaynaklanmaktadır [Tablo 32].

• V12 ile sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığı arasında belirlenen ilişki ($p=,000$), sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığını “memnun değil-az memnun” bulanların olumlu yanıt vermesi (%95) ve sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığını “memnun” bulanların soruya hayır yanıtını (%66,7) vermesinden kaynaklanmaktadır [Tablo 32].

• V12 ile kış dönemi iç ortam sıcaklığı arasında ($p=,000$) düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Kış dönemi iç ortam sıcaklığını “memnun değil-az memnun” bulanların olumlu yanıt vermesi (%100) ve kış dönemi iç ortam sıcaklığını “memnun” bulanların soruya hayır yanıtı vermesinden (%66,7) kaynaklanmaktadır [Tablo 32].

Tablo 32. Ek ısıtma aracı kullanma durumu ile diğer ilişkili değişkenlere ait çapraz tablo sonuçları

V12.Ek ısıtma aracı kullanma		Evet		Hayır	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.
Konut ısısının yeterliliği	Evet	34,8	-3,8	47,7	3,8
	Hayır	87,9	2,7	14,8	-2,7
	Kısmen	21,2	1,6	7,4	-1,6
Sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığı	Memnun değil - az memnun	95,0	2,7	5,0	-2,7
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	72,2	1,0	25,8	-1,0
	Memnun	9,1	-4,8	90,9	4,8
Kış dönemi iç ortam sıcaklığı	Memnun değil - az memnun	100	2,1	,0	-2,1
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	76,9	1,9	23,1	-1,9
	Memnun	33,3	-3,9	66,7	3,9
Isıtma için harcanan para	Çok veriyor, orta derece ısıyor	25,8	,7	18,5	-,7
	Çok veriyor, çok ısıyor	9,1	-2,5	29,6	2,5
	Çok veriyor, hiç ısınmıyor	65,2	1,2	51,9	-1,2

Anketin yapıldığı semt ile duvarlarda ısının korunup korunmadığı ($\chi^2=18,983$, $df=2$, $p=,000$) arasında $p \leq 0.050$ düzeyinde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

- Yaşanılan semt ile duvarlarda ısının korunup korunmama durumu arasında belirlenen anlamlı ilişkinin ($p=,000$), Boztepe-Çukurçayır semtinde yaşayanların soruya hayır yanıt vermesi (%50,8) ve Bahçecik Toki Konutlarında yaşayanların olumlu yanıt vermesinden (%67,9) kaynaklandığı belirlenmiştir [Tablo 33]. Bu sonucun ortaya çıkmasındaki sebep; Boztepe-Çukurçayır semtinde incelenen örneklerin çift duvar arası yalıtım, Bahçecik Toki Konutlarında içten yalıtım uygulamasının yapılmış olmasıdır.

Tablo 33. Semt ile konut dış duvarlarında ısının korunup korunmama durumuna ait çapraz tablo sonuçları

V12.Semt		Boztepe-Çukurçayır		Bahçecik	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.
Duvarlarda ısı korunup korunma durumu	Evet	36,9	-2,7	67,9	2,7
	Hayır	50,8	4,3	3,6	-4,3
	Kısmen	12,3	-1,9	28,6	1,9

Deneklerin daha önce yaşadıkları konutun ısıtma tipi ile şu an yaşadıkları konutta ısı konfor açısından ne derece memnun hissettikleri ($\chi^2=10,185$, $df=4$, $p=,037$) arasında $p \leq 0.050$ düzeyinde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

- Deneklerin daha önce yaşadıkları konutlarının ısıtma tipi ile şu an yaşadıkları konutta kendilerini ısı konfor açısından memnun hissetme durumu arasında anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. ($p=,037$). Önceki konutun ısıtma tipi sobalı olanların (%67,4) ısı konfor açısından orta derecede-çoğunlukla memnun ve ısıtma tipi merkezi olanların (%48,6) ısı konfor açısından memnun hissetmelerinden kaynaklandığı söylenebilir [Tablo 34].

Tablo 34. Önceki konutun ısıtma tipi ile şu an yaşanan konutta ısı konfor açısından memnuluk durumuna ait çapraz tablo sonuçları

Önceki konut ısıtma tipi		Merkezi		Sobalı		Kat kaloriferi	
		%	AdjRes.	%	AdjRes.	%	AdjRes.
Isıl konfor memnuniyeti	Memnun değil - az memnun	14,3	,3	7	-1,6	26,7	1,7
	Orta derecede-çoğunlukla memnun	37,1	-2,3	67,4	2,6	46,7	-,5
	Memnun	48,6	2,2	25,6	-1,7	26,7	-,7

3.2.2.5.2. Memnuniyet Sorularına Ait İrdelenmeler

Deneklere yöneltilen memnuniyet sorularında anlamlı bir ilişki saptanabilmesi için memnun değil-az memnun yanıtı verenlere 1 puan, orta derecede memnun-çoğunlukla memnun yanıtı verenlere 2 puan ve memnun yanıtı verenlere 3 puan verilerek her bir durumun memnuniyet düzeyi irdelenmiştir.

- Deneklerin apartmanlarının ısıtma sistemi memnuniyet düzeyine ait hesaplamalar sonucunda %60'ı 2 puan ve %40'ının 3 puan aldığı belirlenmiştir. Bu durumda incelenen konutların ısıtma sisteminden memnuniyetsizlik durumu olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

- Sonbahar dönemi iç ortam sıcaklığına ait yapılan hesaplamaların %61,2'si 2 puan, %38,7'si 3 puan olarak memnuniyet düzeyini belirlemiştir. Kış dönemi için yapılan hesaplamalarda ise %38,7 2 puan, %61,2 3 puan almıştır. Bu iki dönemi karşılaştırdığımızda sonbahar döneminde memnuniyet düzeyinin düşük olmasını kaloriferlerin yanma zamanının mevsim koşullarına göre geç bir zamanda yanmaya başlaması şeklinde açıklanabilir. İlkbahar ve yaz aylarında memnuniyet düzeyinin yüksek olduğu hesaplanmıştır.

- Petek boyutlarından memnuniyet sorusuna deneklerin 92'si yanıt vermiştir. Buna göre %41,3'ü 2 puan, %51,6'sı 3 puan vererek petek boyutlarından çoğunlukla memnun olduklarını belirtmişlerdir.

- Konutların ısı konfor açısından memnuniyet düzeyine ait yapılan hesaplamaların % 52,6'sı 2 puan, %34,4'ü 3 puan almıştır. Buna göre konutlarda ısı konfor açısından orta derecede memnuniyet olduğu söylenebilir.

3.2.2.5.3. Sıralama Sorularına Ait İrdelenmeler

Deneklere yöneltilen sıralama sorularında istenen tercih sayısına göre ilk tercihe en yüksek puan, en son tercihe en düşük puan verilerek yanıtların önem düzeyleri saptanmıştır.

- Yaşadıkları siteyi tercih etmelerindeki beş nedenin tercih düzeyi hesaplandığında en önemli nedenin konutun ihtiyaçları karşılayacak fonksiyonda ve büyüklükte (309) olmasıdır. Bunu takip eden en önemli iki neden ise; sitede açık yeşil alanların olması (208) ve sitenin şehir merkezine yakınlığı (171) olmuştur [Tablo 35].

Tablo 35. Sitenin seçilmesindeki nedenlere ait önem düzeyleri

V3. Sitenin tercih edilme nedeni	Önem düzeyi
Konutun ihtiyacı karşılaması	309
Site açık yeşil alan	208
Yapı yoğunluğu	65
Nüfus yoğunluğu	32
Güvenlik	148
Akraba yakın olma	139
İş yeri yakınlık	86
Şehir merkezi yakınlık	171
Ana ulaşım yakınlık	80
Sosyal statü	19
Sosyal etkinlikler	16
Yatırım	114

• Konut mekanlarının en sıcaktan soğuğa derecelendirme düzeyi hesaplandığında, en sıcak mekan olarak oturma odası (328) seçilmiştir. Bu derecelendirmeyi salon (286) ve çocuk odası (280) takip etmektedir [Tablo 36].

Tablo 36. Mekanların sıcaktan soğuğa derecelendirilmesine ait önem düzeyleri

V16. Mekanların sıcaktan soğuğa derecelendirilmesi	Önem düzeyi
Mutfak	247
Salon	286
O.Odası	328
Y.Odası	237
Ç.Odası	280
Banyo	107
Diğer	9

• Konutlarda yapılan ısı yalıtımının verilen kavramlarla ilişkisinin önem düzeyi hesaplandığında, sırası ile ısı konfor (359), maliyet (353) ve enerji tasarrufu (304) yer almaktadır [Tablo 37].

Tablo 37. Isı yalıtımının verilen kavramlarla ilişkisine ait önem düzeyleri

V23. Isı yalıtımının verilen kavramlarla ilişkisi	Önem düzeyi
Enerji tasarrufu	304
Maliyet	353
Isıl konfor	359
Hava kirliliği	183
Yakıt tüketimi	233

• Deneklerin konutlarında bulunmasını istedikleri yalıtım türleri önem düzeyleri hesaplandığında ısı yalıtımı (304) ilk sırada yer almaktadır. Bunu, ses yalıtımı (277) ve yangın yalıtımı (218) takip etmektedir [Tablo 38].

Tablo 38. Konutlarda istenilen yalıtım türlerinin önem düzeyleri

V26. Konutlarda istenilen yalıtım türleri	Önem düzeyi
Isı yalıtımı	304
Su yalıtımı	141
Ses yalıtımı	277
Yangın yalıtımı	218

• Deneklerin ısı yalıtım malzemeleri konusunda bilgilerini sorgulamak için sorulan sorudan alınan cevaplara göre 41 denek bu konuda herhangi bir bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir. Yalıtım malzemesi olarak en çok strafor (13), köpük ve gazbeton (12) malzemelerini göstermişlerdir. Yalıtım malzemesinde marka olarak deneklerin (21) izocamı belirtmiş olmaları yalıtımda markanın önemini vurgulamaktadır. Buna göre ısı yalıtımı konusunda deneklerin bilgili olmamaları yalıtımda uygulamanın yeterli ve doğru olmamasını da beraberinde getirmektedir. Çünkü yalıtıma olan talebin artması için kullanıcının bilgi sahibi olması ve bu da beraberinde uygulamacının yapması gerekenleri ortaya koymaktadır.

• Isı yalıtımının nerelerde yapılabileceği konusunda sorulan sorudan alınan cevaplara göre dış duvar-pencere-kapı-çatı-döşeme (45) ilk sırada ve dış duvarda yalıtım (22) ikinci sırada yer almaktadır.

3.3. Boztepe ve Bahçecik Semtine Ait Bulgular

3.3.1. Boztepe Semtine Ait Bulgular

Boztepe'deki çalışma alanında yer alan örnek konutlar semtin ana yolu üzerinde doğu-batı yönlerinde yerleştirilmiş dört siteden seçilmiştir.

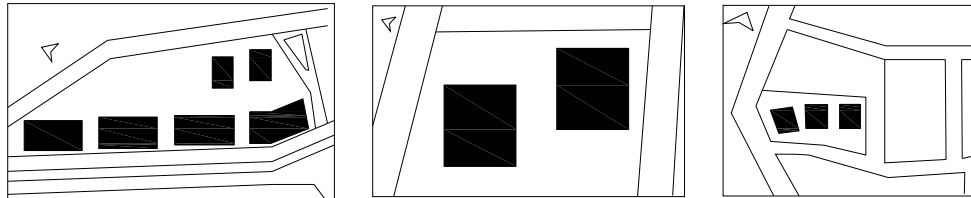
Çalışma alanı 1 için mevcut durum saptamaları ve analizleri:

Çalışma alanı 1 olarak seçilen Boztepe semti Trabzon'un güneydoğusunda denizden 200-250 m yükseklikte konumlanmıştır [85]. Semtin doğu ve batı yamaçlarına son yıllarda yüksek katlı bloklar halinde siteler yapılmaktadır. Burada yer alan konutlar en az 5 katlı, en çok 15 katlıdır [Şekil 53].



Şekil 53. Boztepe semti konut blokları

Blokların form ve yerleşim düzenlerine bakıldığında, ayrıık nizam olarak doğu-batı yönünde, dikdörtgen ya da kare planlı olarak araziye yerleşmişlerdir [Şekil 54].



Şekil 54. Konutların form ve yerleşim düzenleri

Semt içerisinde incelenerek analizi yapılan örnek konutlar Mavişehir, İremkent, Tepepark, Mimoza sitelerinden seçilmiştir. Boztepe semtinde örnek seçilen bu siteler Trabzon'da son yıllarda yapılan konut inşaatlarına örnek teşkil etmektedir.

3.3.1.1. Mavişehir Sitesi

Mavişehir sitesi semtin doğu yamaçlarında yer almaktadır. Site birbirleriyle paralel şekilde konumlandırılmış 10 bloktan oluşmaktadır [Şekil 55], [Tablo 39,40]. Zemin katları dükkan ve konut olarak kullanılmaktadır. Bodrum katları sığınak, su deposu, ısıtma birimlerinden oluşmaktadır. Sitede toplam 335 konut bulunmaktadır. Örnek 1 olarak bu 10 bloktan B blok seçilmiştir.




Şekil 55. Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 1

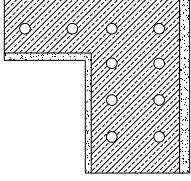
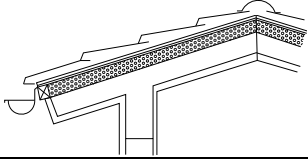
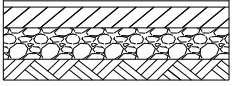
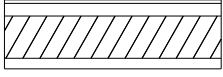
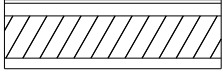
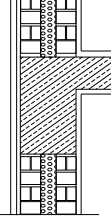
Tablo 39. Bina kimlik kartı (Örnek Bina 1)

GENEL ÖZELLİKLER		FOTOĞRAFLAR
Sitenin adı	Mavişehir sitesi	
İnşaat tarihi	2006-2010	
Blok no/adı	B Blok	
Binanın formu/yönlenmesi	Dikdörtgen form/kuzeydoğu-güneybatı aksı	
Dış ortama açık cephe sayısı	4	
Toplam daire sayısı	36	
Bir kattaki daire sayısı	3	
Kat yüksekliği	3.00 m	
Toplam kat sayısı	13	
Bina yüksekliği	39.00 m	
Çatı katı kullanımı	Mevcut	
Zemin kat kullanımı	Daire+Kreş	
Bodrum kat kullanımı	Isıtma+Depo+sığınak	
BOYUTSAL ÖZELLİKLER		
Toplam hacim	18.000m ³	
Toplam kullanım alanı	4500 m ²	
Taban alanı	321 m ²	

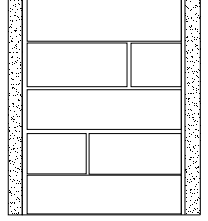
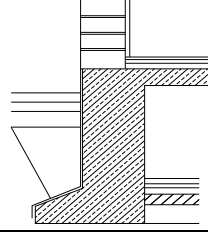
Tablo 39'un devamı

Normal kat alanı	445	
Tavan alanı	337 m ²	
Binadaki toplam kapı ve pencere alanı	"510 m ²	
Binadaki toplam dış duvar alanı	2700 m ²	
ISITMA SİSTEMİ		
Isıtma sistemi	Merkezi	
Yakıt türü	Kömür	
Tüketilen toplam yakıt (ton/yıl)	72	
Binadaki ısı kayıpları ile ilgili açıklama	Enerji bilançosu çıkarılırken bina yerinde ve proje üzerinde incelenip, yapı elemanı türleri ve alanları dikkate alınmıştır. Isı kaybının çoğunlukla dış duvar ve tabanda olduğu saptanarak tasarruf potansiyelinin büyük ölçüde buralarda olduğu görülmüştür.	

Tablo 40. Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 1)

Bina 1	Özellikler	U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme/çok katlı iskelet sistem Trabzon'da kullanılan en yaygın sistem Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+dış sıva 	2,47	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Kullanılan çatı katı Beşik çatı Kiremit örtü 6 cm cam yünü 	0,57	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Isıtılmayan bodrum kat İşlevi (depo, sığınak, ısıtma) 	0,86	
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,41	
Açık geçit üzeri	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	3,43	
Dış Duvarlar	Normal katlar	0,64	

Tablo 40'in devamı

Dış Duvarlar	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> Konut dış duvarlarında sandviç duvar uygulaması Dükkan vb. mekan dış duvarlarında 19 cm yatay delikli tuğla(yalıtımsız) 	2,31	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Bodrum kat duvarları betonarme perde duvar Hiçbir yalıtım uygulaması mevcut değil 	2,6	

Yapı dış kabuğunun analiz tablosunda görüldüğü gibi dış duvarlar iki tuğla arası 3 cm düşük yoğunluklu (10kg/m^3) EPS ile yalıtılmış sandviç duvar olarak tasarlanmış ve cephe boşlukları 6-9 mm kalınlıkta çift cam PVC doğrama olarak düzenlenmiştir. Ancak taşıyıcı sistem elemanları olarak kolon ve kirişler için dış ortam koşullarının etkisini azaltacak herhangi bir yalıtım önlemi düşünülmemiştir.

Isı Yönetmeliği kapsamında Trabzon'un da içinde bulunduğu 2. İklim bölgesi için TS 825'te uygun görülen ısı geçirgenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında, mevcut konstrüksiyonun zayıf noktaları açıkça görülmektedir [Tablo 41].

Tablo 41. Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri

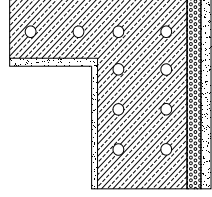
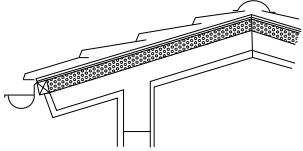
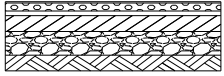
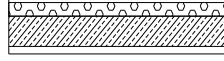
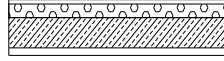
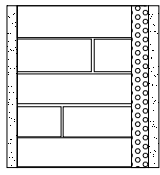
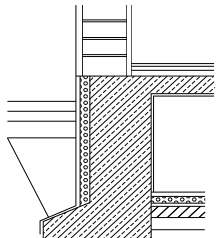
Mevcut binaya ait U değerleri		TS 825'e göre olması gereken U değerleri	Açıklama
Duvarlar	0,64	0,60	Kısmen sağlıyor
Döşeme	0,86	0,60	Sağlamıyor
Çatı	0,57	0,40	Sağlamıyor
Pencere	3,2	2,4	Sağlamıyor

Son olarak mevcut kabuk konstrüksiyonuna alternatif olan ve optimum çözüm sağlayan farklı tipte örnek çözümler sunulmuştur. Örnek çözümlerde tuğla duvar, gaz beton ve betonarme duvarların dıştan EPS, XPS ve taş yünü ile optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek 9 farklı duvar tipi öneri olarak belirlenmiştir.

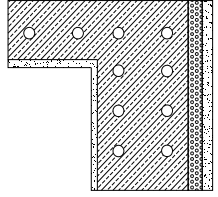
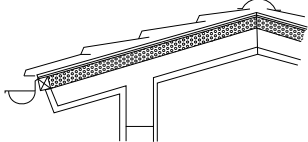
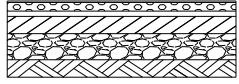
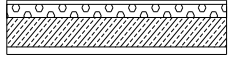
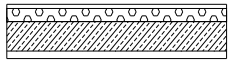
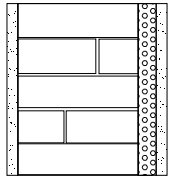
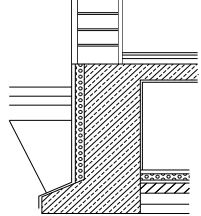
3.3.1.1.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek bina 1'in tuğla duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda tuğlanın yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm tuğla duvar üzerine 7 cm EPS, 6 cm XPS ve 8 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 42,43,44].

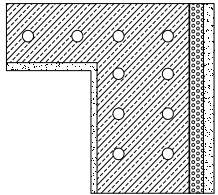
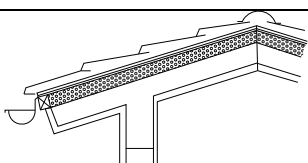
Tablo 42. Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni Değeri (W/m ² K)	U-	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+7 cm EPS+dış sıva 	0,37		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 7 cm EPS yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	

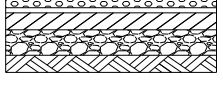
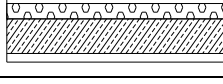
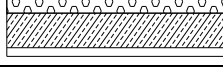
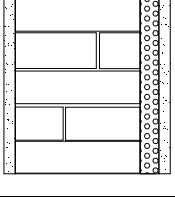
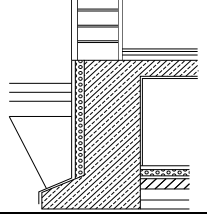
Tablo 43. Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm XPS+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm XPS yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 44. Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm taş yünü+dış sıva 	0,41	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32	

Tablo 44'ün devamı

Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,30		
Zemine oturmeyen döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,41		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,43		
Dış duvarlar	Normal katlar	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,35	
	Zemin kat	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,33	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

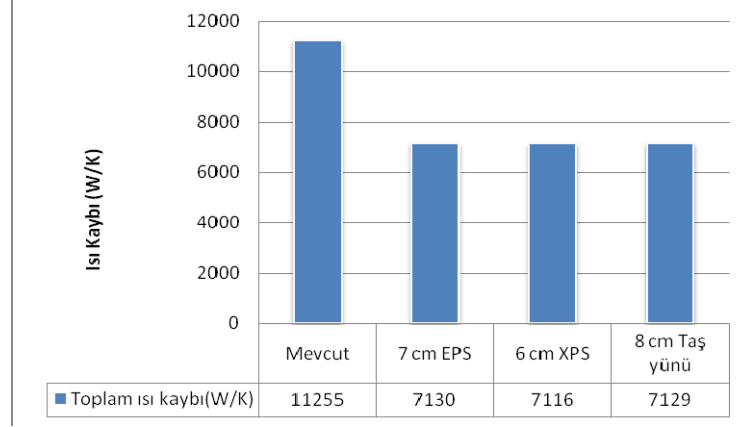
Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 45]. Örnek Bina 1 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 45. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 1			
Mevcut	7cm EPS	6cm XPS	8cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
27,64 > 15,12	15,11 < 15,12	15,07 < 15,12	15,11 < 15,12

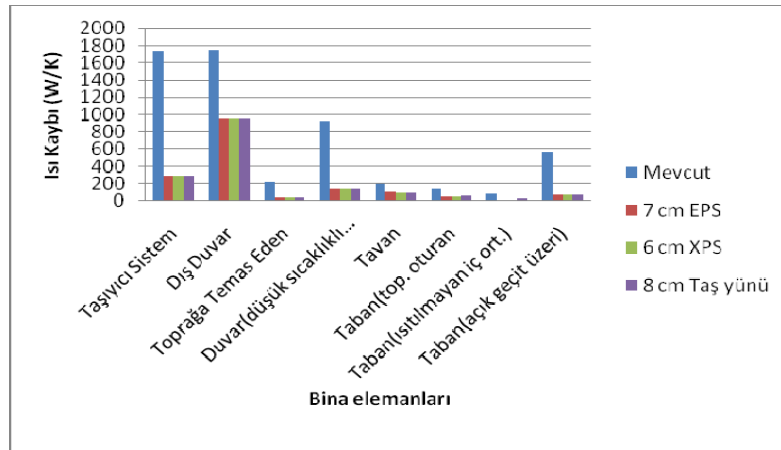
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 56'da verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile tuğla duvara uygulanması ile ortalama olarak aynı yüzde tasarruf sağlandığı

görülmektedir. Bu noktada yalıtım maliyeti göz önüne alınarak en uygun yalıtım malzemesi ve kalınlığının kullanımı dikkate alınmalıdır.



Şekil 56. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 57'de tuğla duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 57. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına

göre ortalama %45 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 46'da örnek binanın tuğla duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Bu yalıtım maliyeti ve yakıt maliyetindeki azalma dikkate alındığında maliyetlerin geri ödeme süreleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [86].

$$PT = \frac{PC}{AR}$$

PT: geri ödeme süresi, PC: Yatırım maliyeti, AR: Elde edilen yıllık kazanç (Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli)

Tablo 46. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Tuğla duvar+mantolama	7 cm EPS	6 cm XPS	8 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	491.706 kWh	491.780 kWh	491.694 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	272.062 kWh	271.264 kWh	271.983 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-219.644 kWh	-220.516 kWh	-219.711 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+48425,601	+48617,853	48440,373
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	25.181 TL	25.281 TL	25.189 TL
Yalıtım maliyeti	105.000 TL	155.460 TL	165.960 TL
Geri ödeme süresi	4,1	6,1	6,5

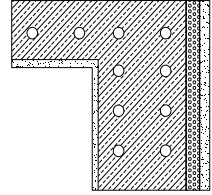
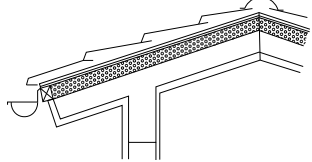
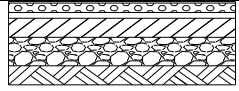
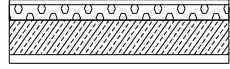
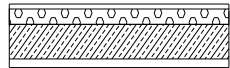
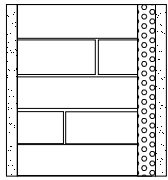
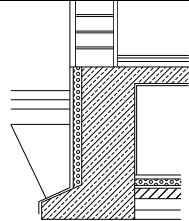
Enerji birim fiyatlarının ilerleyen yıllardaki zam artışı sonucu elde edilen enerji tasarrufu tutarlarının bugünkü para değerine eşitlemek için kullanılacak iskonto oranıyla birbirini eşitlediği kabul edilmiştir. Çünkü enerji birim fiyatlarına gelecek zamda o yıl için elde edilen paranın güncel karşılığını alabilmek için kullanılan iskonto değeri de birer öngörüdür. Ülkemizdeki hızlı değişen koşulları hesaba katarsak gerçeğe yakın öngörülerde bulunmak çok zordur. Kullanılan enerji kaynaklarının azalmasından dolayı enerjinin değerini kaybetmeyeceği ve ilerleyen yıllarda birim fiyatların güncel karşılığının aynı olacağı düşünülmektedir.

3.3.1.1.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım

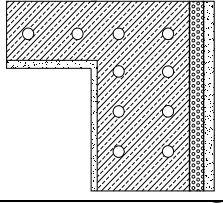
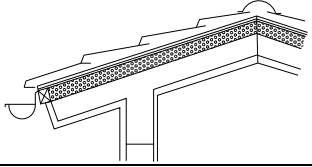
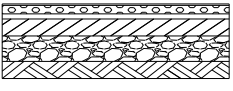
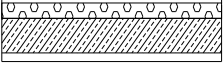
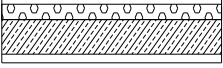
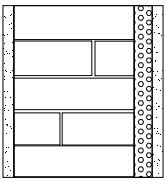
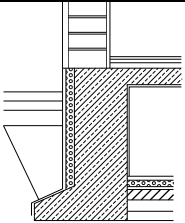
Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda gazbetonun yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum

yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalııtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm gazbeton duvar üzerine 6 cm EPS, 5 cm XPS ve 6 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 47,48,49].

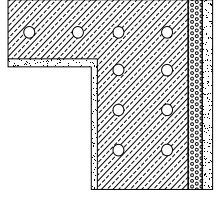
Tablo 47. Öneri 2.a: 6cm EPS ile yalııtılmış gazbeton duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni Değeri (W/m ² K)	U-	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6cm EPS ile yalııtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm EPS+dış sıva 	0,47		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalııtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemde 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,33		
Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemde 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,46		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,49		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,30	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,29	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalııtılmıştır. 	0,44	

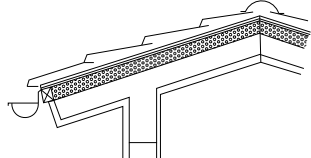
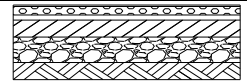
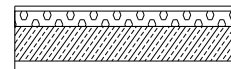
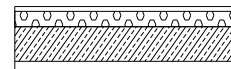
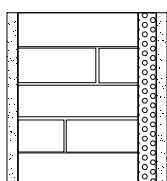
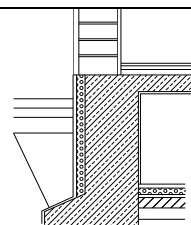
Tablo 48. Öneri 2.b: 5cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+5 cm XPS+dış sıva 	0,57		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,51		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,38	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 49. Öneri 2.c: 6cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm taş yünü+dış sıva 	0,52	

Tablo 49'un devamı

Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27		
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,36		
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,51		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,55		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,32	
	Zemin kat	• 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,31	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

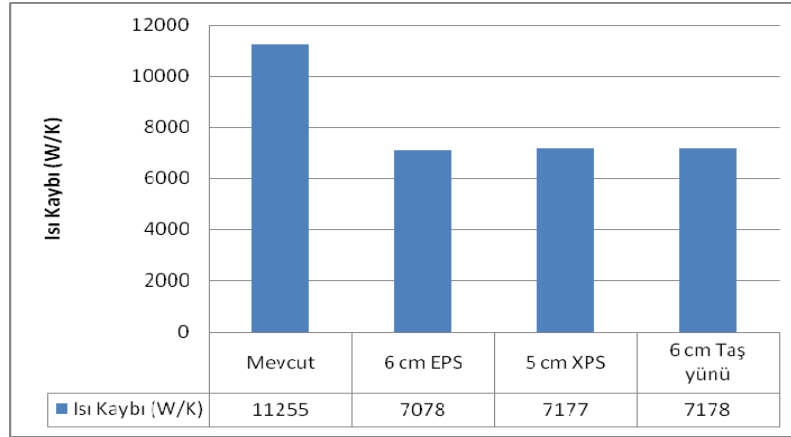
Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 50]. Örnek Bina 1 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 50. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 1			
Mevcut	6cm EPS	5cm XPS	8 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
27,64 > 15,12	15,11 < 15,12	15,07 < 15,12	15,11 < 15,12

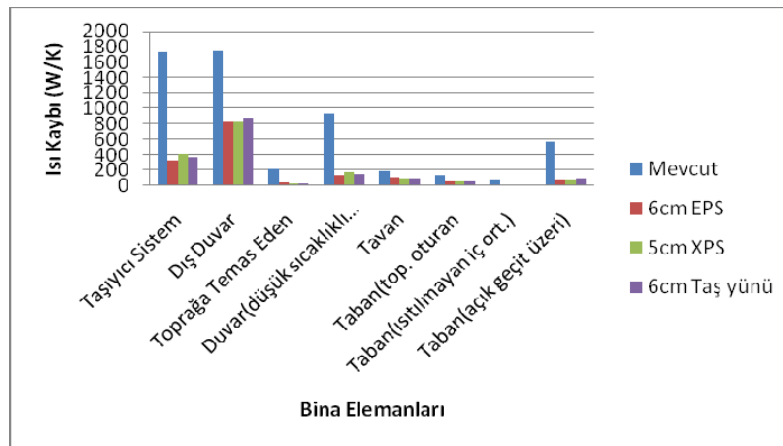
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 58'de

verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile gazbeton duvara uygulanması ile ortalama olarak aynı yüzde tasarruf sağlandığı görülmektedir.



Şekil 58. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 59'da gazbeton duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 59. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %35 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 51’de örnek binanın gazbeton duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

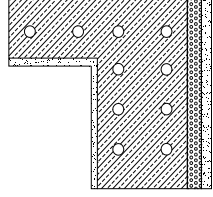
Tablo 51. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Gazbeton+mantolama	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	391.131 kWh	461.229 kWh	449.447 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	268.473 kWh	274.750 kWh	274.796 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-122.658 kWh	-186.479 kWh	-174.651 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+27042,793	+41113,609	+38505.853
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	14.062 TL	21.379 TL	20.023 TL
Yalıtım maliyeti	88.700 TL	134.000 TL	141.000 TL
Geri ödeme süresi	6,3	8,9	7

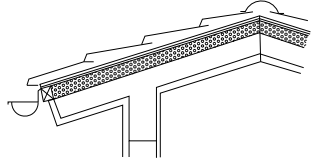
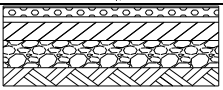
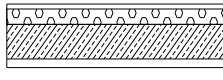
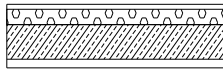
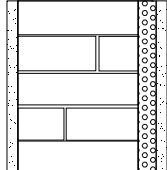
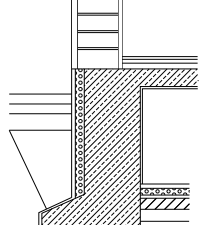
3.3.1.1.3. Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar ve gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra betonarme duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda betonarmenin özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 20 cm betonarme duvar üzerine 8 cm EPS, 8 cm XPS ve 10 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 52, 53, 54].

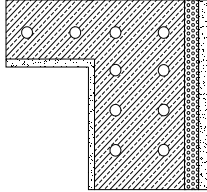
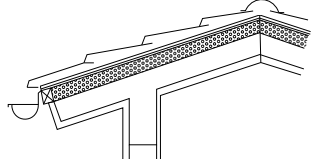
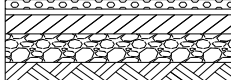
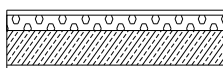
Tablo 52. Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm EPS+dış sıva 	0,37	

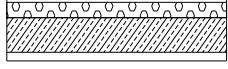
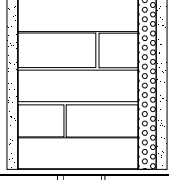
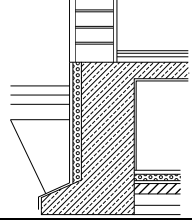
Tablo 52'nin devamı

Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27		
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 8cm XPS kullanılmıştır.	0,25		
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır.	0,32		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,38		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,37	
	Zemin kat	• 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,36	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,24	

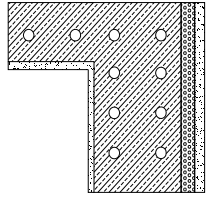
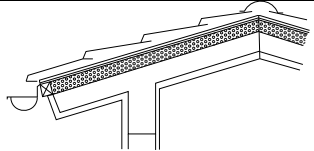
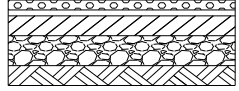
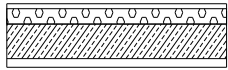
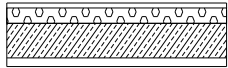
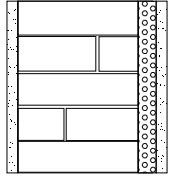
Tablo 53. Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	• Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm XPS+dış sıva	0,33	
Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27	
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır.	0,30	
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır.	0,41	

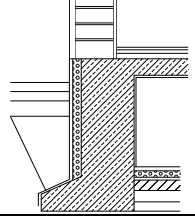
Tablo 53'ün devamı

Altı açık döşeme		<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	

Tablo 54. Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 1	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m²K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 10cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+10cm taş yünü+dış sıva 	0,34		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6cm XPS kullanılmıştır. 	0,36		
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6cm XPS kullanılmıştır. 	0,51		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 10cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,35		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 10cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,34	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 10cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,33	

Tablo 54'ün devamı

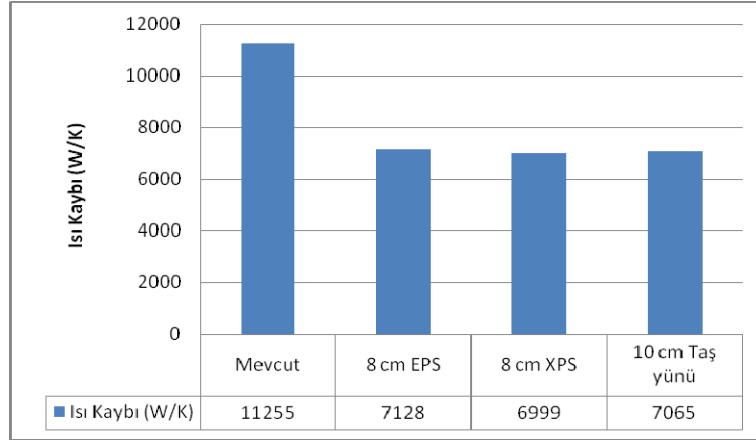
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	
--	------------	--	------	---

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 55]. Örnek Bina 1 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 55. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

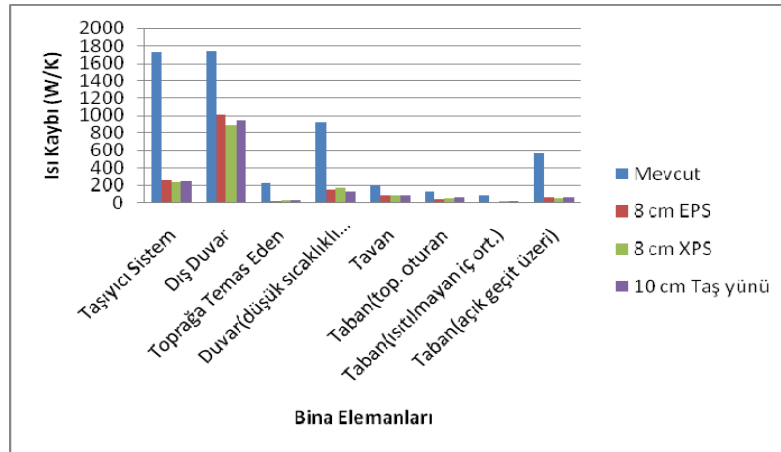
Örnek Bina 1			
Mevcut	8 cm EPS	8 cm XPS	10 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
27,64 > 15,12	15,11 < 15,12	14,71 < 15,12	14,96 < 15,12

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 60'da verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile betonarme duvara uygulanmasında ortalama olarak ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 60. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 61'de betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 61. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %65 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 56'da örnek binanın betonarme duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri

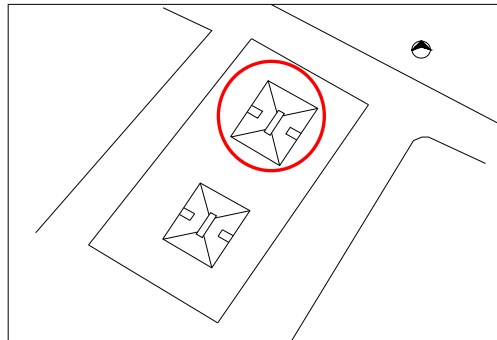
ödeme süresi görülmektedir. EK 2'de Örnek Bina 1'in TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı çıktıları verilmiştir. Örnek binalarda yapılan bütün hesaplamalarda yoğunlaşma kontrolü bütün konstrüksiyonlar için yapılmıştır.

Tablo 56. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Betonarme+mantolama	8 cm EPS	8 cm XPS	10 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	790.445 kWh	794.329 kWh	794.242 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	271.948 kWh	265.460 kWh	269.261 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-518.497 kWh	-528.869 kWh	-524.981 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+114314,659	+116601,406	+115744,207
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	59.444 TL	60.633 TL	60.187 TL
Yalıtım maliyeti	107.000 TL	160.800 TL	179.000 TL
Geri ödeme süresi	1,8	2,6	3



3.3.1.2. İremkent Sitesi

İremkent sitesi Boztepe semtinin doğusunda yer almaktadır. Site, yola paralel şekilde konumlandırılmış 1 blok ve arkada 1 bloktan oluşmaktadır [Şekil 62], [Tablo 57,58]. Zemin katları dükkan, konut ve kreş olarak kullanılmaktadır. Bodrum katları sığınak, su deposu, ısıtma birimlerinden oluşmaktadır. Ayrıca bodrum katta eğime bağlı olarak konut düzenlemesi yapılmıştır. Sitede toplam 104 konut bulunmaktadır.

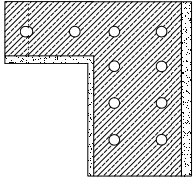
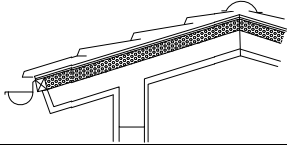
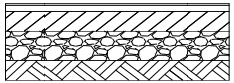


Şekil 62. Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 2

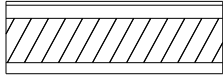
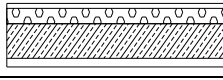
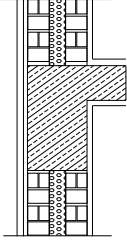
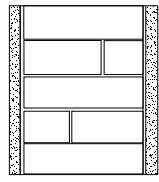
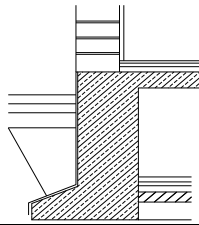
Tablo 57. Bina kimlik kartı (Örnek Bina 2)

GENEL ÖZELLİKLER		FOTOĞRAFLAR
Sitenin adı	İremkent sitesi	 
İnşaat tarihi	2003-2008	
Blok no/adı	B Blok	
Binanın formu/yönlenmesi	Dikdörtgen form/doğu –batı aksı	
Dış ortama açık cephe sayısı	4	
Toplam daire sayısı	52	
Bir kattaki daire sayısı	4	
Kat yüksekliği	3.00 m	
Toplam kat sayısı	14	
Bina yüksekliği	42.00 m	
Çatı katı kullanımı	Mevcut	
Zemin kat kullanımı	Dükkan+konut	
Bodrum kat kullanımı	Isıtma+Depo+sığınak+kreş+konut	
BOYUTSAL ÖZELLİKLER		
Toplam hacim	28.000 m ³	
Toplam kullanım alanı	9500 m ²	
Taban alanı	540 m ²	
Normal kat alanı	700	
Tavan alanı	160 m ²	
Binadaki toplam kapı ve pencere alanı	900 m ²	
Binadaki toplam dış duvar alanı	3830 m ²	
ISITMA SİSTEMİ		
Isıtma sistemi	Merkezi	
Yakıt türü	Kömür	
Tüketilen toplam yakıt (ton/yıl)	100	
Binadaki ısı kayıpları ile ilgili açıklama	Enerji bilançosu çıkarılırken bina yerinde ve proje üzerinde incelenip, yapı elemanı türleri ve alanları dikkate alınmıştır. Isı kaybının çoğunlukla dış duvar ve tabanda olduğu saptanarak tasarruf potansiyelinin büyük ölçüde buralarda olduğu görülmüştür.	

Tablo 58. Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 2)

Bina 2	Özellikler	U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme/çok katlı iskelet sistem Trabzon'da kullanılan en yaygın sistem Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+3 cm yalıtım+dış sıva 	0,79	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Kullanılan çatı katı Beşik çatı Kiremit çatı örtüsü 6 cm cam yünü 	0,51	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Isıtılmayan bodrum kat İşlevi (depo, sığınak, ısıtma) 	0,82	

Tablo 58'in devamı

Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut 	0,87		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> Konut dış duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması: iç sıva +19 cm yatay delikli tuğla+3 cm yalıtım +dış sıva Trabzon'da çok sık uygulanmayan yalıtımlı duvar uygulaması 	0,58	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> Dış duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması: iç sıva +19 cm yatay delikli tuğla+3 cm yalıtım +dış sıva 	0,55	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Bodrum kat duvarları betonarme perde duvar Hiçbir yalıtım uygulaması mevcut değil 	0,70	

Yapı dış kabuğunun analiz tablosunda görüldüğü gibi dış duvarlar ve taşıyıcı sistem, 3 cm XPS ile yalıtılmış duvar olarak tasarlanmış ve cephe boşlukları 6-9 mm kalınlıkta çift cam PVC doğrama olarak düzenlenmiştir.

Isı Yönetmeliği kapsamında Trabzon'un da içinde bulunduğu 2. İklim bölgesi için TS 825'te uygun görülen ısı geçirgenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında, mevcut konstrüksiyonun zayıf noktaları açıkça görülmektedir [Tablo 59].

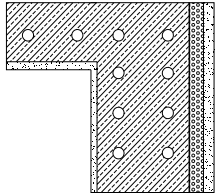
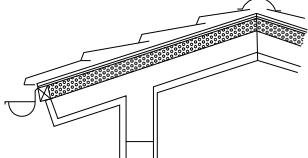
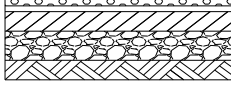
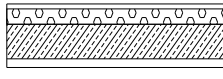
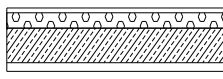
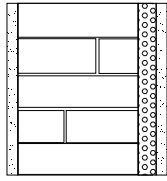
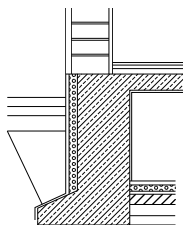
Tablo 59. Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri

Mevcut binaya ait U değerleri	TS 825'e göre olması gereken U değerleri	Açıklama	
Duvarlar	0,65	0,60	Kısmen sağlıyor
Döşeme	0,82	0,60	Sağlamıyor
Çatı	0,51	0,40	Sağlamıyor
Pencere	3,2	2,4	Sağlamıyor

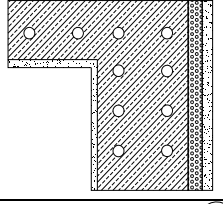
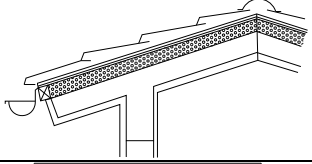
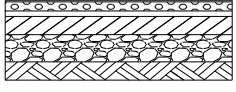
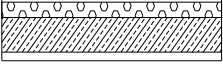
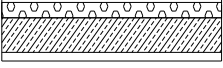
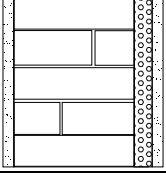
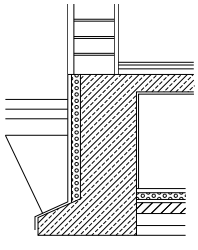
3.3.1.2.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda tuğlanın yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm tuğla duvar üzerine 7cm EPS, 6cm XPS ve 8cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 60,61,62].

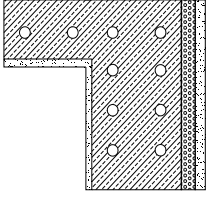
Tablo 60. Öneri 1.a: 7cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+7 cm EPS+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 7 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,46		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 7 cm EPS yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

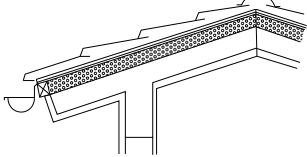
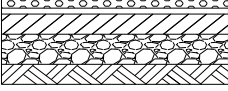
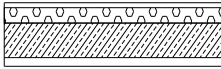
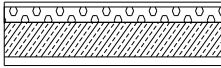
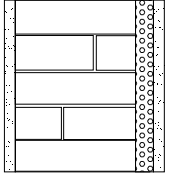
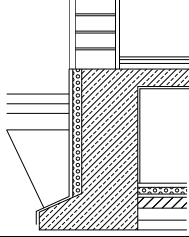
Tablo 61. Öneri 1.b: cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm XPS+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm XPS yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 62. Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm taş yünü+dış sıva 	0,37	

Tablo 62'nin devamı

Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 6cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 6cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Altı açık döşeme 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,38		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,37	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak altında kalan kısımlar ise 6cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

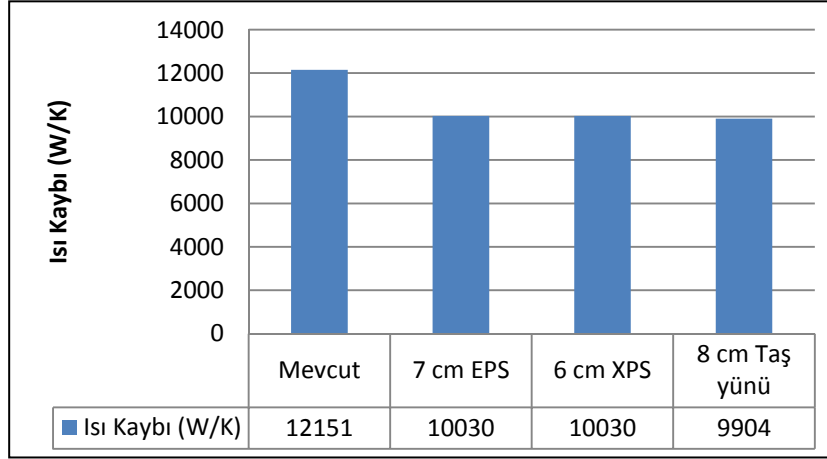
Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştığı için binaların TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 63]. Örnek Bina 2 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 63. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 2			
Mevcut	7cm EPS	6cm XPS	8 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
17,18 > 13,21	13,16 < 13,21	13,16 < 13,21	12,91 < 13,21

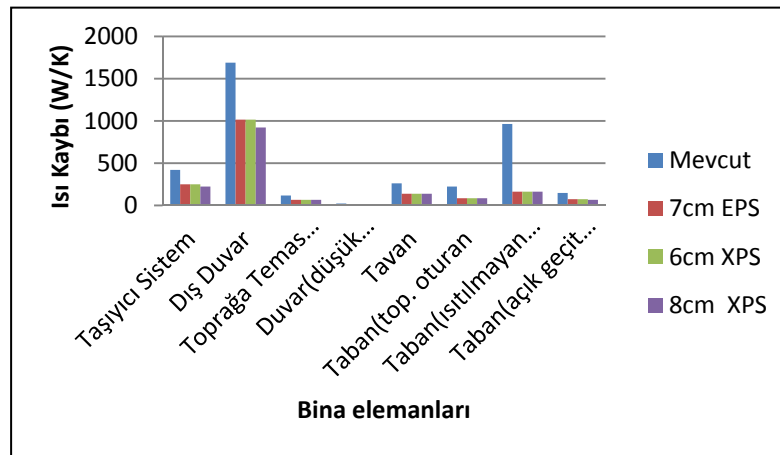
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 63'te

verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile tuğla duvara uygulanmasında ortalama ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 63. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 64'te tuğla duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 64. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %45 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 64'te örnek binanın tuğla duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

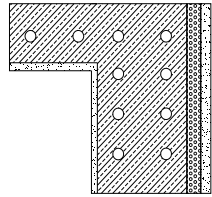
Tablo 64. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Tuğla duvar+mantolama	7 cm EPS	6 cm XPS	8 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	722.703 kWh	637.529 kWh	637.529 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	368.392 kWh	368.392 kWh	361.505 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-354.311 kWh	-269.137 kWh	-276.024 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+78116,057	+59337,478	+60855,876
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	40.620 TL	30.855 TL	31.645 TL
Yalıtım maliyeti	124.000 TL	160.000 TL	170.000 TL
Geri ödeme süresi	3	5,1	5,3

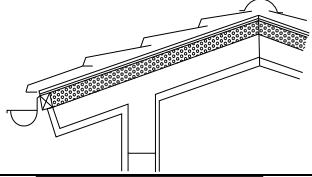
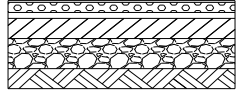
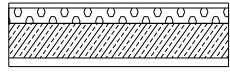
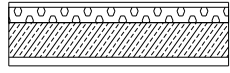
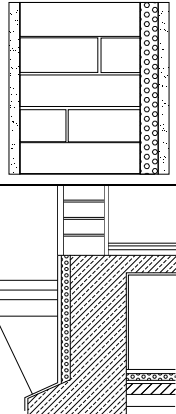
3.3.1.2.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda gazbetonun yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm gazbeton duvar üzerine 6 cm EPS, 5 cm XPS ve 6 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 65,66,67].

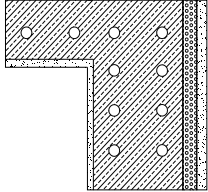
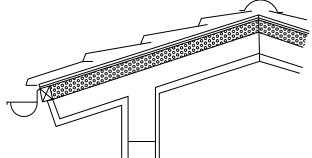
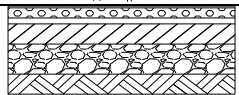
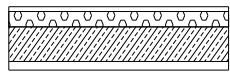
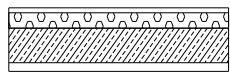
Tablo 65. Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm EPS+dış sıva 	0,47	

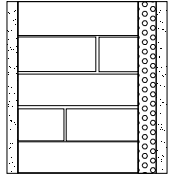
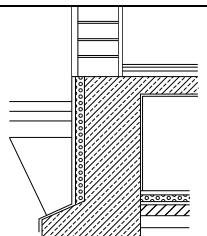
Tablo 65'in devamı

Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Altı açık döşeme 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,49		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,29	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

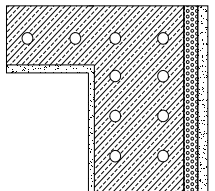
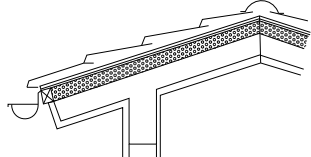
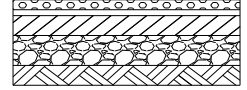
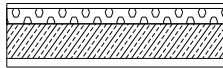
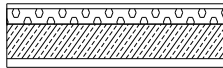
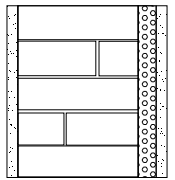
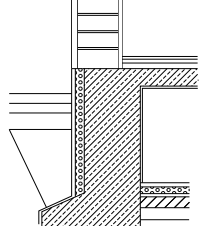
Tablo 66. Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> • Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+5 cm XPS+dış sıva 	0,48	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,34	
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,47	
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Altı açık döşeme 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,51	

Tablo 66'nın devamı

Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,45	

Tablo 67. Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar

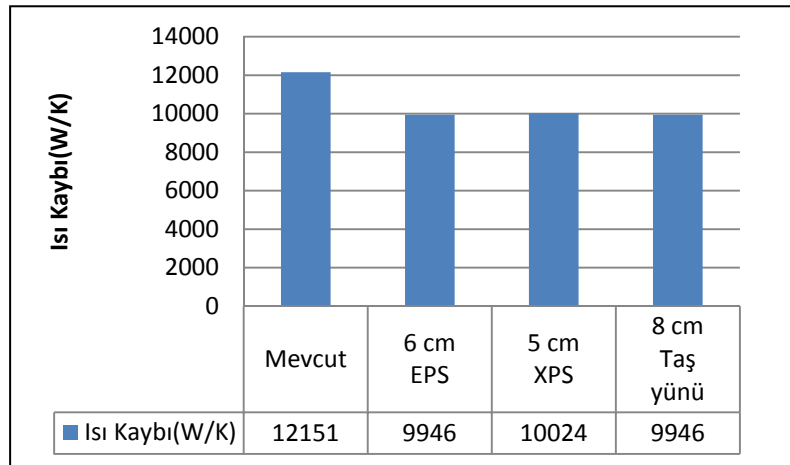
Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm taş yünü+dış sıva 	0,47		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,49		
Dış Duvarlar	Normal katlar	19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,30	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,29	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştırıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 68]. Örnek Bina 2 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 68. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 2			
Mevcut	6cm EPS	5cm XPS	6 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
17,34 > 13,21	13,00 < 13,21	13,14 < 13,21	13,00 < 13,21

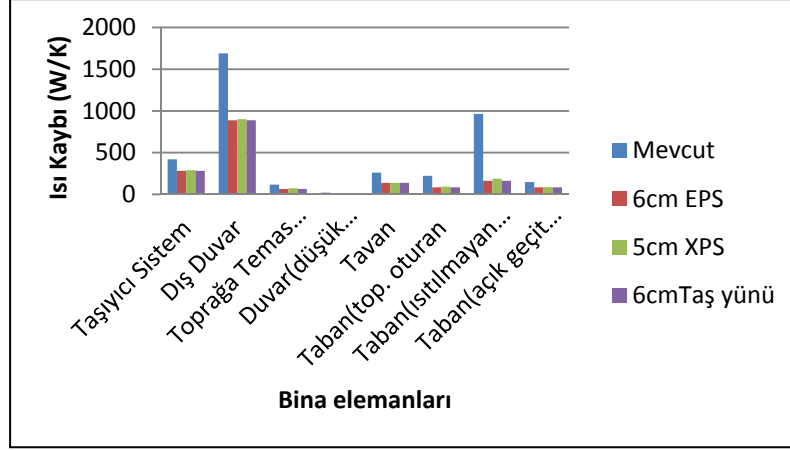
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 65’te verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile gazbeton duvara uygulanmasında ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 65. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 66’da gazbeton duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar

görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 66. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %38 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 69'da örnek binanın gazbeton duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

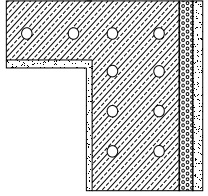
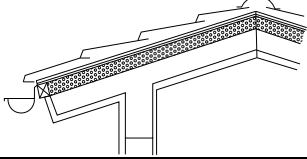
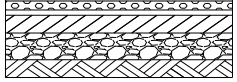
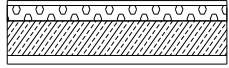
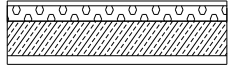
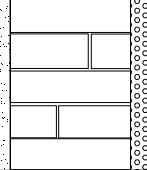
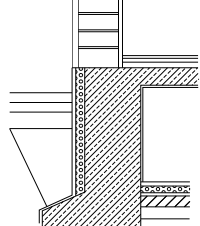
Tablo 69. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Gazbeton duvar+mantolama	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	542.987 kWh	627.820 kWh	627.820 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	363.930 kWh	368.027 kWh	363.930 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-179.057 kWh	-259.793 kWh	-263.890 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+3947,258	+57277,377	+58180,655
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	20.528 TL	29.784 TL	30.254 TL
Yalıtım maliyeti	112.000 TL	139.500 TL	145.100 TL
Geri ödeme süresi	5,4	4,6	4,8

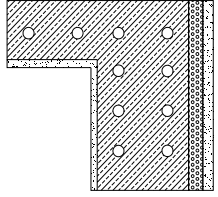
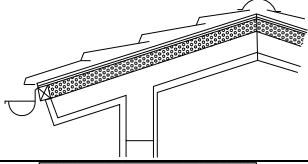
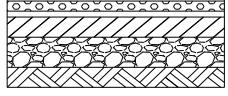
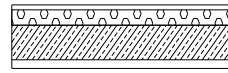
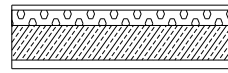
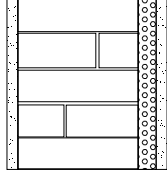
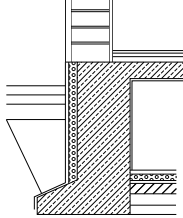
3.3.1.2.3. Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar ve gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra betonarme duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda betonarmenin özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 20 cm betonarme duvar üzerine 8 cm EPS, 8 cm XPS ve 10 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 70,71,72].

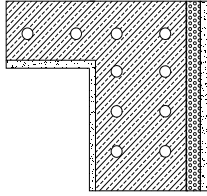
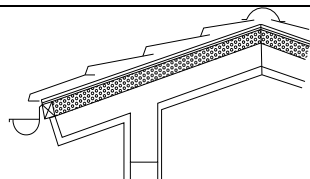
Tablo 70. Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm EPS+dış sıva 	0,37		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır. 	0,28		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,36		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,38		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,37	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,36	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

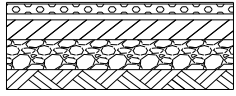
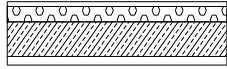
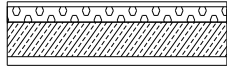
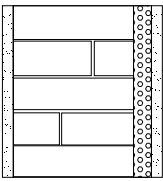
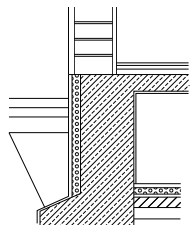
Tablo 71. Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm XPS+dış sıva 	0,32		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,25		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,32		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 72. Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 2	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+10 cm taş yünü+dış sıva 	0,34	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	

Tablo 72'nin devamı

Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,30		
Zemine oturmeyen döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,41		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,35		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 19 cm betonarme duvar yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,34	
	Zemin kat	• 20 cm betonarme yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,33	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

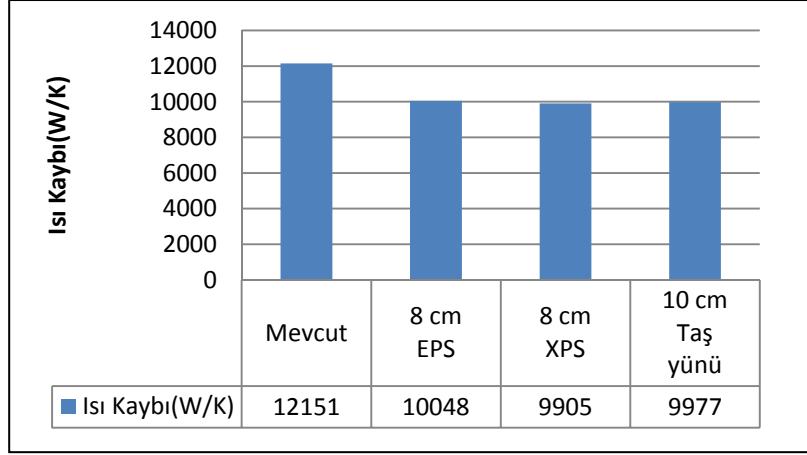
Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 73]. Örnek Bina 2 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 73. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 2			
Mevcut	8cm EPS	8cm XPS	10cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
17,18 > 13,21	13,19 < 13,21	12,91 < 13,21	13,06 < 13,21

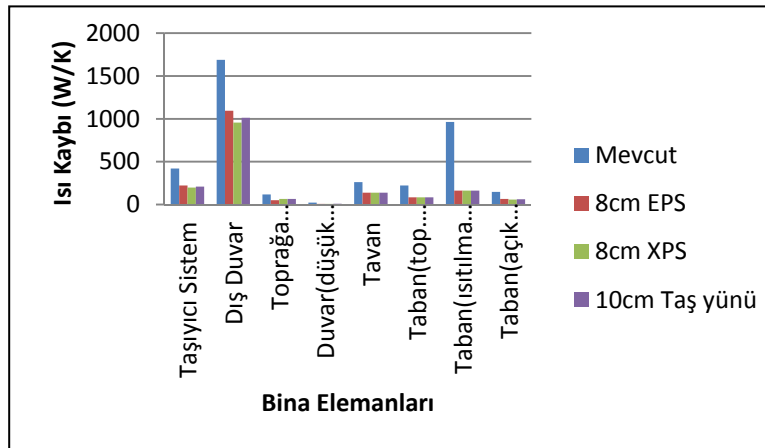
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 67’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda

kullanımı ile betonarme duvara uygulanmasında ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 67. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 68'de betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 68. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

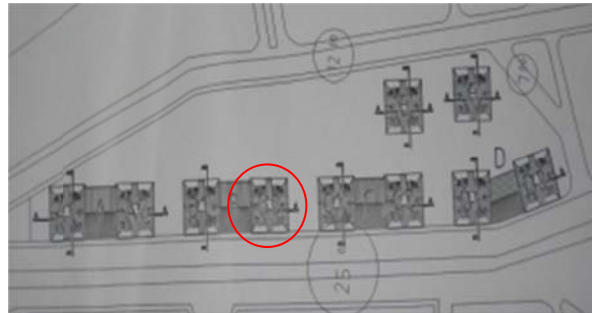
Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %60 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 74'te örnek binanın betonarme duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 74. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Betonarme duvar+mantolama	8cm EPS	8cm XPS	10cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	920.535 kWh	924.683 kWh	924.683 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	369.396 kWh	361.602 kWh	365.711 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-551.139 kWh	-563.081 kWh	-558.972 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+121511,343	+124144,233	+123238,309
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	63.186 TL	64.555 TL	64.084 TL
Yalıtım maliyeti	125.700 TL	170.000 TL	190.000 TL
Geri ödeme süresi	1,9	2,6	3

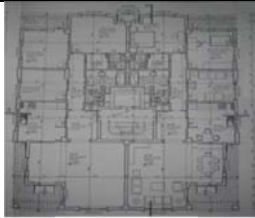


3.3.1.3. Tepepark Sitesi

Tepepark sitesi Boztepe semtinin doğusunda yer almaktadır. Site, yola paralel şekilde konumlandırılmış 8 blok ve arkada 2 bloktan oluşmaktadır [Şekil 69], [Tablo 75,76]. Zemin katları dükkan olarak kullanılmaktadır. Bodrum katları sığınak, su deposu, ısıtma birimlerinden oluşmaktadır. Sitede toplam 240 konut bulunmaktadır.

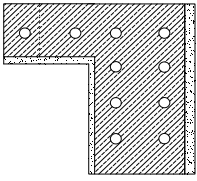
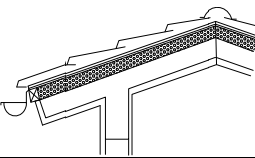
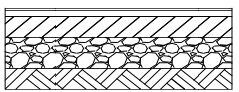


Şekil 69. Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 3

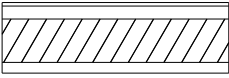
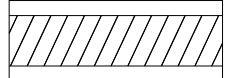
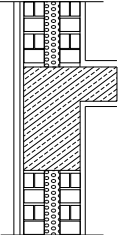
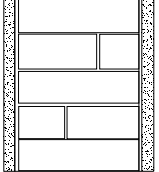
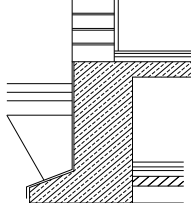
Tablo 75. Bina kimlik kartı (Örnek Bina 3)

GENEL ÖZELLİKLER		FOTOĞRAFLAR
Sitenin adı	Tepepark sitesi	  
İnşaat tarihi	2000-2008	
Blok no/adı	B Blok	
Binanın formu/yönlenmesi	Dikdörtgen form/Doğu-batı aksı	
Dış ortama açık cephe sayısı	4	
Toplam daire sayısı	24	
Bir kattaki daire sayısı	2	
Kat yüksekliği	3.00 m	
Toplam kat sayısı	13	
Bina yüksekliği	39.00 m	
Çatı katı kullanımı	Mevcut	
Zemin kat kullanımı	Dükkan	
Bodrum kat kullanımı	Isıtma+Depo+sığınak	
BOYUTSAL ÖZELLİKLER		
Toplam hacim	10.900m ³	
Toplam kullanım alanı	3760 m ²	
Taban alanı	210 m ²	
Normal kat alanı	350	
Tavan alanı	160 m ²	
Binadaki toplam kapı ve pencere alanı	465m ²	
Binadaki toplam dış duvar alanı	2500m ²	
ISITMA SİSTEMİ		
Isıtma sistemi	Merkezi	
Yakıt türü	Kömür	
Tüketilen toplam yakıt (ton/yıl)	50	
Binadaki ısı kayıpları ile ilgili açıklama	Enerji bilançosu çıkarılırken bina yerinde ve proje üzerinde incelenip, yapı elemanı türleri ve alanları dikkate alınmıştır. Isı kaybının çoğunlukla dış duvar ve tabanda olduğu saptanarak tasarruf potansiyelinin büyük ölçüde buralarda olduğu görülmüştür.	

Tablo 76. Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 3)

Bina 3	Özellikler	U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme/çok katlı iskelet sistem Trabzon için en yaygın sistem Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+dış sıva 	2,64	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Kullanılan çatı katı Beşik çatı Kiremit çatı örtüsü 6 cm cam yünü 	0,51	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Isıtılmayan bodrum kat İşlevi (depo, sığınak, ısıtma) 	0,99	

Tablo 76'nın devamı

Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,33		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,64		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> Sandviç duvar uygulaması: iç sıva +yatay delikli tuğla+3 cm yalıtım+yatay delikli tuğla+dış sıva Trabzon'da en sık uygulanan yalıtımlı duvar uygulaması 	0,63	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> Konut dış duvarlarında sandviç duvar uygulaması Dükkan vb. mekan dış duvarlarında 19 cm yatay delikli tuğla(yalıtımsız) 	1,01	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Bodrum kat duvarları betonarme perde duvar Hiçbir yalıtım uygulaması mevcut değil 	2,95	

Yapı dış kabuğunun analiz tablosunda görüldüğü gibi dış duvarların iki tuğla arası 3 cm düşük yoğunluklu (10kg/m^3) EPS ile yalıtılmış sandviç duvar olarak tasarlanmış ve cephe boşlukları 6-9 mm kalınlıkta çift cam PVC doğrama olarak düzenlenmiştir. Ancak taşıyıcı sistem elemanları olarak kolon ve kirişler için dış ortam koşullarının etkisini azaltacak herhangi bir yalıtım önlemi düşünülmemiştir.

2008 yılı Isı Yönetmeliği kapsamında Trabzon'un da içinde bulunduğu 2. İklim bölgesi için TS 825'te uygun görülen ısı geçirgenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında, mevcut konstrüksiyonun zayıf noktaları açıkça görülmektedir [Tablo 77].

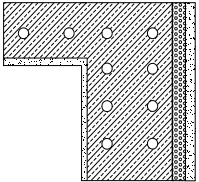
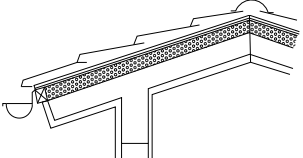
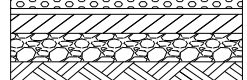
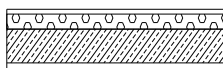
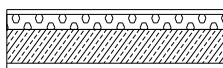
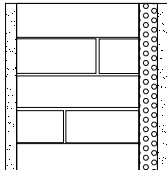
Tablo 77. Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri

Mevcut binaya ait U değerleri		TS 825'e göre olması gereken U değerleri	Açıklama
Duvarlar	0,63	0,60	Kısmen sağlıyor
Döşeme	0,99	0,60	Sağlamıyor
Çatı	0,51	0,40	Sağlamıyor
Pencere	3,2	2,4	Sağlamıyor

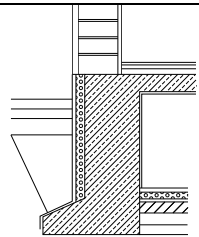
3.3.1.3.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda tuğlanın yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm tuğla duvar üzerine 7 cm EPS, 6 cm XPS ve 8 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 78,79,80].

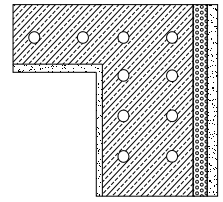
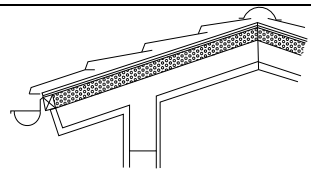
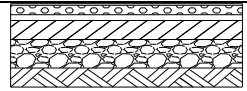
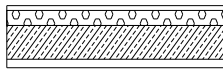
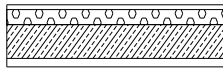
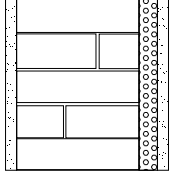
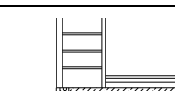
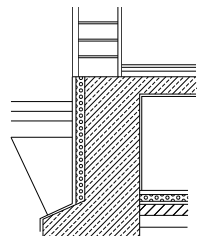
Tablo 78. Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+7 cm EPS+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 7 cm EPS yalıtılmıştır. 	0,41		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	

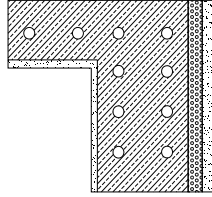
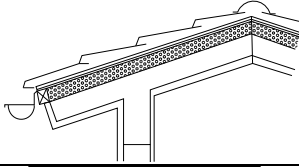
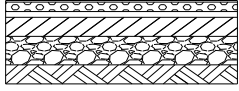
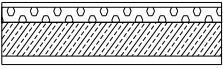
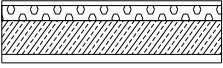
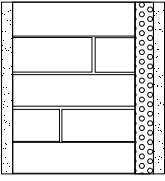
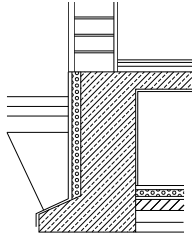
Tablo 78'in devamı

Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 79. Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm XPS+dış sıva 	0,41	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30	
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41	
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm XPS yalıtılmıştır. 	0,43	
Dış Duvarlar	Normal katlar	0,35	
	Zemin kat	0,33	
	Bodrum kat	0,39	

Tablo 80. Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar

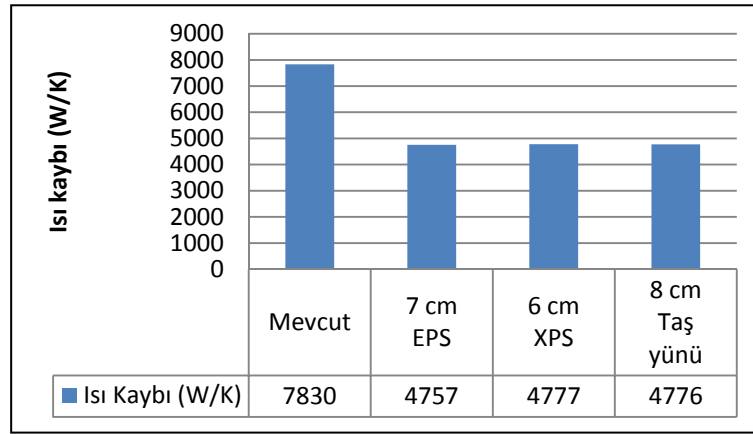
Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm taş yünü+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 81]. Örnek Bina 3 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 81. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q₁ (kWh/m³) değerleri

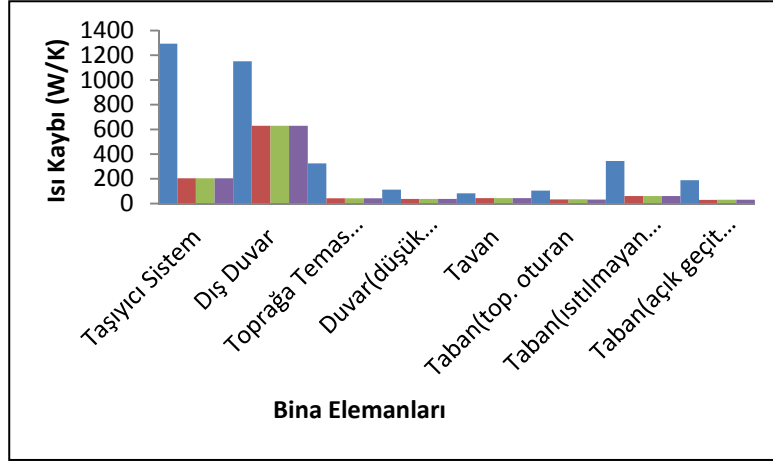
Örnek Bina 3			
Mevcut	7cm EPS	6cm XPS	8 cm Taş yünü
Q>Q ₁	Q<Q ₁	Q<Q ₁	Q<Q ₁
29,02>15,12	15,03<15,12	15,11<15,12	15,11<15,12

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda, ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 70’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile tuğla duvara uygulanmasında ortalama ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 70. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 71’de tuğla duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 71. Örnek Binadaki mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %45 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 82’de örnek binanın tuğla duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 82. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

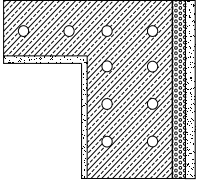
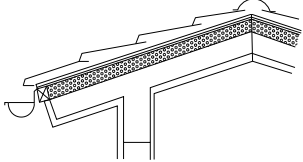
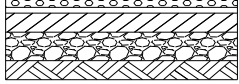
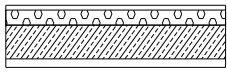
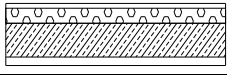
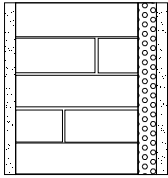
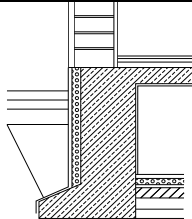
Tuğla duvar+mantolama	7 cm EPS	6 cm XPS	8 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	332.648 kWh	337.375 kWh	337.319 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	180.375 kWh	181.315 kWh	181.310 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-152.273 kWh	-156.060 kWh	-156.009 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+33572,105	+34407.037	+34395,793
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	17.457 TL	17.892 TL	17.886 TL
Yalıtım maliyeti	78.000 TL	98.000 TL	105.000TL
Geri ödeme süresi	4,4	5,4	5,8

3.3.1.3.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım

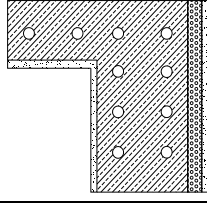
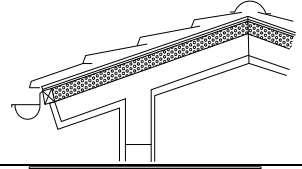
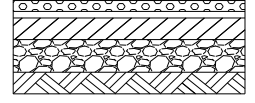
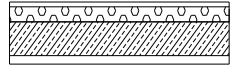
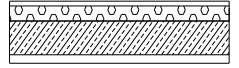
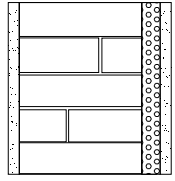
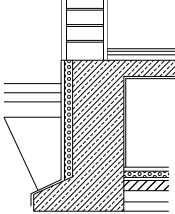
Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda gazbetonun yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum

yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalııtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm gazbeton duvar üzerine 6 cm EPS, 5 cm XPS ve 6 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 83,84,85].

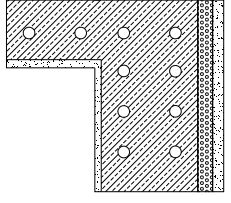
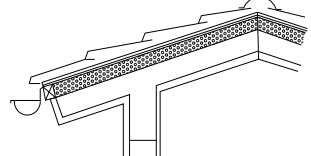
Tablo 83. Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalııtılmış gazbeton duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm EPS+dış sıva 	0,47		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalııtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,47		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,30	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalııtılmıştır. 	0,29	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalııtılmıştır. 	0,39	

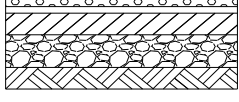
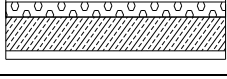
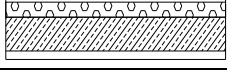
Tablo 84. Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 3		Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem		<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+5 cm XPS+dış sıva 	0,48	
Çatı		<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	
Zemine oturan döşeme		<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,34	
Zemine oturmeyan döşeme		<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,47	
Altı açık döşeme		<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,51	
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,45	

Tablo 85. Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 3		Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem		<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm taş yünü+dış sıva 	0,47	
Çatı		<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	

Tablo 85'in devamı

Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,30	
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,41	
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,49	
Dış Duvarlar	Normal katlar	19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,30
	Zemin kat	• 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,29
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39

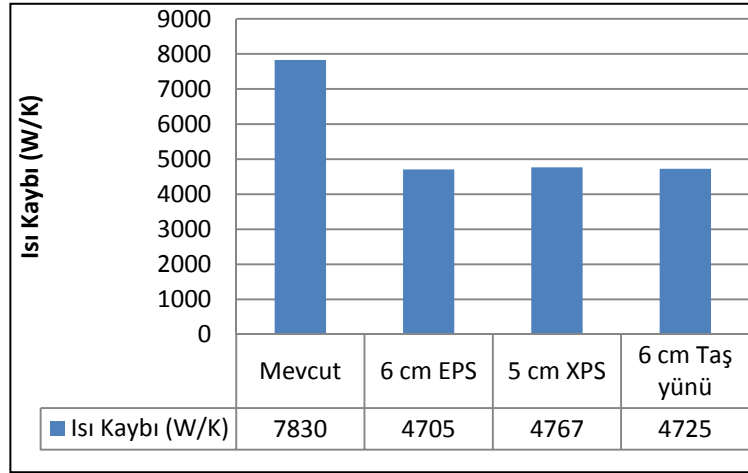
Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 86]. Örnek Bina 3 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 86. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 3			
Mevcut	6cm EPS	5cm XPS	6 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
29,02 > 15,12	14,83 < 15,12	15,07 < 15,12	14,90 < 15,12

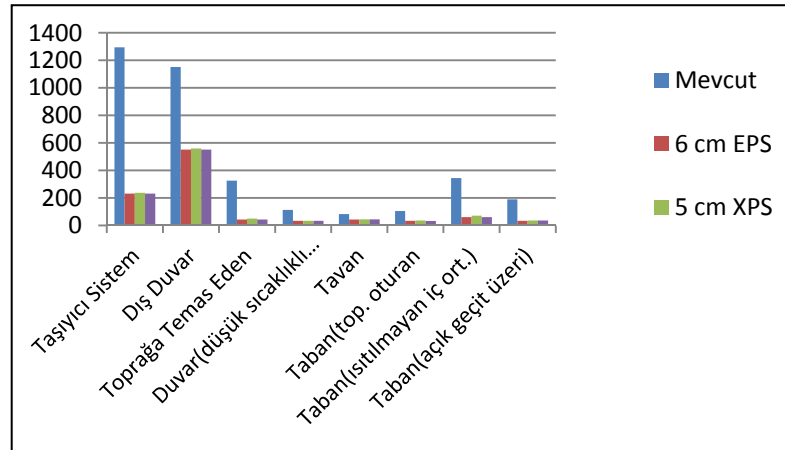
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda ısı kayıplarında meydana azalma oranları Şekil 72’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç

farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile gazbeton duvara uygulanmasında ortalama ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 72. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 73'te gazbeton duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 73. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %33 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 87’de örnek binanın gazbeton duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

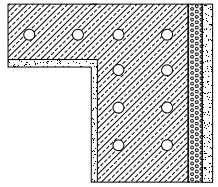
Tablo 87. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Gazbeton duvar+mantolama	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	268.627 kWh	273.501 kWh	273.445 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	177.986 kWh	180.900 kWh	178.807 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-90.641 kWh	-92.601 kWh	-94.638 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+19983.905	+20416,032	+20865,136
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	10.392 TL	10.616 TL	10.850 TL
Yalıtım maliyeti	67.500 TL	86.700 TL	90.000TL
Geri ödeme süresi	6,4	8,1	8,2

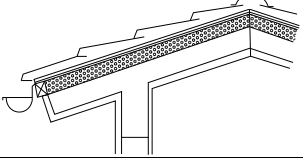
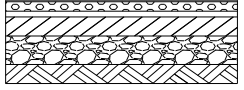
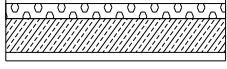
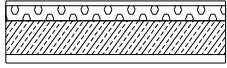
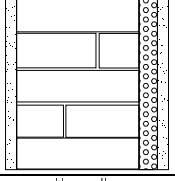
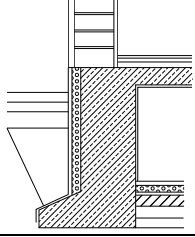
3.3.1.3.3. Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar ve gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra betonarme duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda betonarmenin özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 20 cm betonarme duvar üzerine 8 cm EPS, 8 cm XPS ve 10 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 88,89,90].

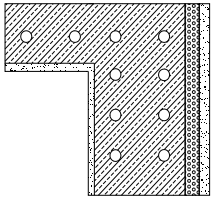
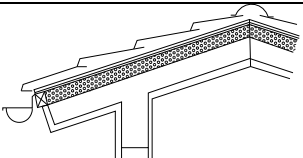
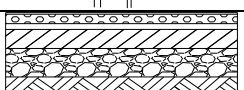
Tablo 88. Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm EPS+dış sıva 	0,37	

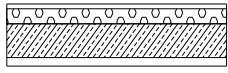
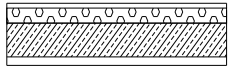
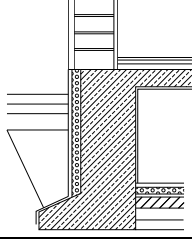
Tablo 88'in devamı

Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27		
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır.	0,28		
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır.	0,36		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,37		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,37	
	Zemin kat	• 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,36	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

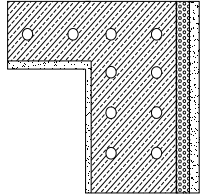
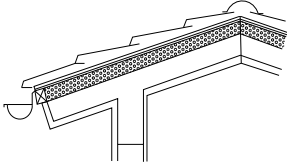
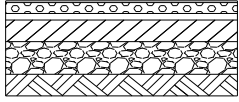
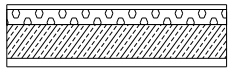
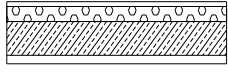
Tablo 89. Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> • Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm XPS+dış sıva 	0,32	
Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27	
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,25	

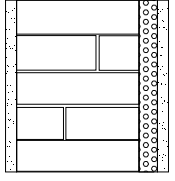
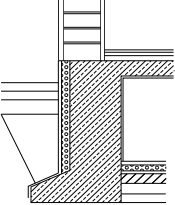
Tablo 89'un devamı

Zemine oturmayan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,32	
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,33	
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,33
	Zemin kat	• 20cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,40
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39
			

Tablo 90. Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 3	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m²K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+10 cm taş yünü+dış sıva 	0,34	
Çatı	• Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27	
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,30	
Zemine oturmayan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,41	
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,35	

Tablo 90'nın devamı

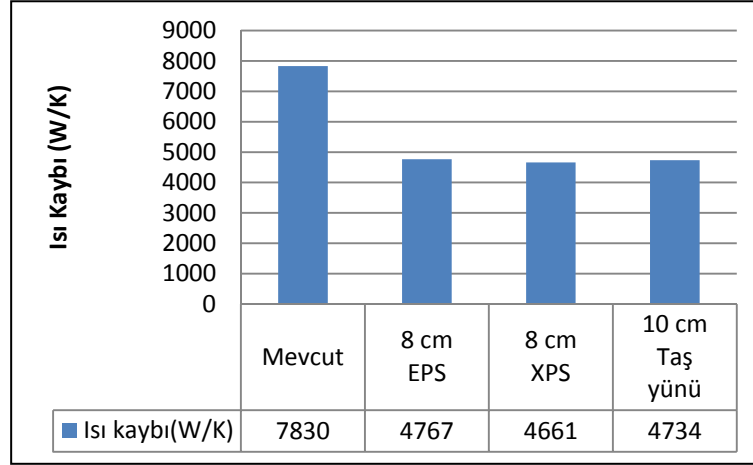
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm betonarme duvar yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,34	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 91]. Örnek Bina 3 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 91. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

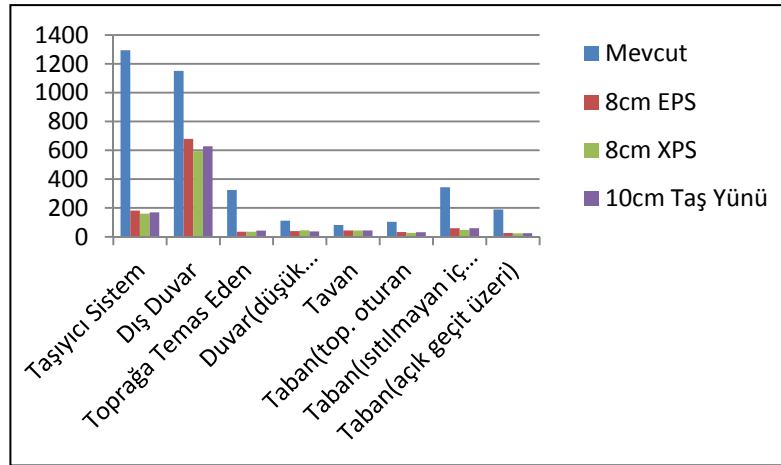
Örnek Bina 3			
Mevcut	8cm EPS	8cm XPS	10cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
29,02 > 15,12	15,08 < 15,12	14,62 < 15,12	14,93 < 15,12

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda, ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 74’te verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile betonarme duvara uygulanmasında ortalama olarak ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 74. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 75'te betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 75. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %65 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 92'de örnek binanın betonarme duvar üzerine yapılan yalıtım

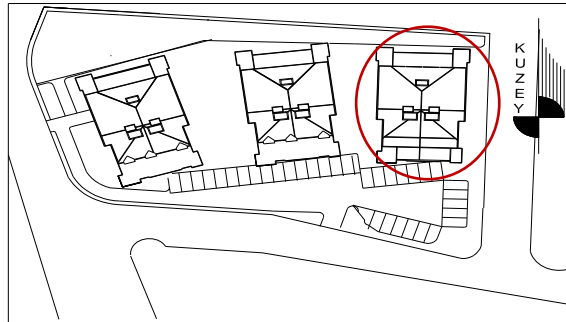
değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 92. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Betonarme duvar+mantolama	8 cm EPS	8 cm XPS	10 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	551.548 kWh	528.120 kWh	526.277 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	180.928 kWh	175.475 kWh	179,168 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-370.620 kWh	-352.645 kWh	-347.109 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+81711,753	+77748,748	+76528,209
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	42.490 TL	40.429 TL	39.795 TL
Yalıtım maliyeti	80.000 TL	123.000 TL	121.000 TL
Geri ödeme süresi	1,8	3	3


3.3.1.4. Mimoza Sitesi

Mimoza sitesi Boztepe semtinin doğusunda yer almaktadır. Site, yola paralel şekilde konumlandırılmış 3 bloktan oluşmaktadır [Şekil 76], [Tablo 93,94]. Zemin katları konut olarak kullanılmaktadır. Bodrum katları sığınak, su deposu, ısıtma birimlerinden oluşmaktadır. Sitede toplam 100 konut bulunmaktadır.

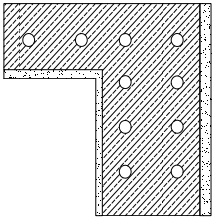
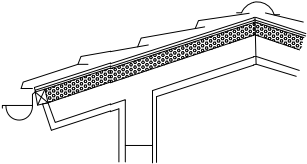
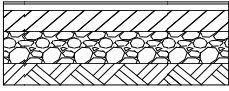


Şekil 76. Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 4

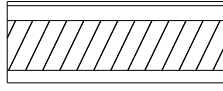
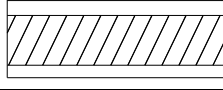
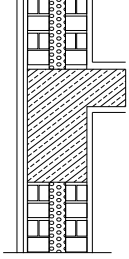
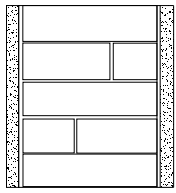
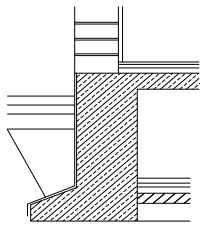
Tablo 93. Bina kimlik kartı (Örnek Bina 4)

GENEL ÖZELLİKLER		FOTOĞRAFLAR
Sitenin adı	Mimoza sitesi	
İnşaat tarihi	2003-2009	
Blok no/adı	A Blok	
Binanın formu/yönlenmesi	Dikdörtgen form/kuzey-güney aksı	
Dış ortama açık cephe sayısı	4	
Toplam daire sayısı	33	
Bir kattaki daire sayısı	3	
Kat yüksekliği	3.00 m	
Toplam kat sayısı	13	
Bina yüksekliği	39.00 m	
Çatı katı kullanımı	Mevcut	
Zemin kat kullanımı	Dükkan	
Bodrum kat kullanımı	Isıtma+Depo+sığınak	
BOYUTSAL ÖZELLİKLER		
Toplam hacim	15.300 m ³	
Toplam kullanım alanı	5590 m ²	
Taban alanı	430 m ²	
Normal kat alanı	430 m ²	
Tavan alanı	350 m ²	
Binadaki toplam kapı ve pencere alanı	600 m ²	
Binadaki toplam dış duvar alanı	2155 m ²	
ISITMA SİSTEMİ		
Isıtma sistemi	Merkezi	
Yakıt türü	Kömür	
Tüketilen toplam yakıt (ton/yıl)	50	
Binadaki ısı kayıpları ile ilgili açıklama	Enerji bilançosu çıkarılırken bina yerinde ve proje üzerinde incelenip, yapı elemanı türleri ve alanları dikkate alınmıştır. Isı kaybının çoğunlukla dış duvar ve tabanda olduğu saptanarak tasarruf potansiyelinin büyük ölçüde buralarda olduğu görülmüştür.	

Tablo 94. Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 4)

Bina 4	Özellikler	U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme/çok katlı iskelet sistem Trabzon için en yaygın olarak kullanılan sistem Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+dış sıva 	2,64	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Kullanılan çatı katı Beşik çatı Kiremit çatı örtüsü 6 cm cam yünü 	0,51	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Isıtılmayan bodrum kat İşlevi (depo, sığınak, ısıtma) 	0,99	

Tablo 94'ün devamı

	Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,33	
	Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Genel döşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,69	
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> Sandviç duvar uygulaması: iç sıva +yatay delikli tuğla+3cm yalıtım+yatay delikli tuğla+dış sıva Trabzon'da en sık uygulanan yalıtımlı duvar uygulaması 	0,63	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> Konut dış duvarlarında sandviç duvar uygulaması Dükkan vb. mekan dış duvarlarında 19 cm yatay delikli tuğla(yalıtımsız) 	1,01	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Bodrum kat duvarları betonarme perde duvar Hiçbir yalıtım uygulaması mevcut değil 	2,95	

Yapı dış kabuğunun analiz tablosunda görüldüğü gibi dış duvarların iki tuğla arası 3 cm düşük yoğunluklu (10kg/m^3) EPS ile yalıtılmış sandviç duvar olarak tasarlanmış ve cephe boşlukları 6-9 mm kalınlıkta çift cam PVC doğrama olarak düzenlenmiştir. Ancak taşıyıcı sistem elemanları olarak kolon ve kirişler için dış ortam koşullarının etkisini azaltacak herhangi bir yalıtım önlemi düşünülmemiştir.

Isı Yönetmeliği kapsamında Trabzon'un da içinde bulunduğu 2. İklim bölgesi için TS 825'te uygun görülen ısı geçirgenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında, mevcut konstrüksiyonun zayıf noktaları açıkça görülmektedir [Tablo 95].

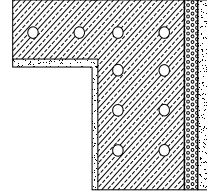
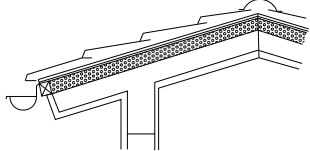
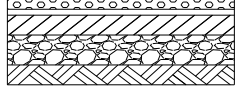
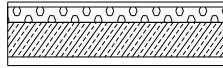
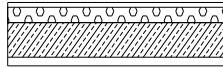
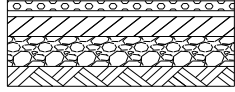
Tablo 95. Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri

Mevcut binaya ait U değerleri	TS 825'e göre olması gereken U değerleri	Açıklama	
Duvarlar	0,63	0,60	Kısmen sağlıyor
Döşeme	0,99	0,60	Sağlamıyor
Çatı	0,51	0,40	Sağlamıyor
Pencere	3,2	2,4	Sağlamıyor

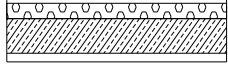
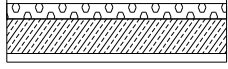
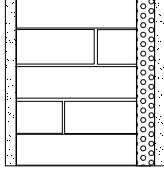
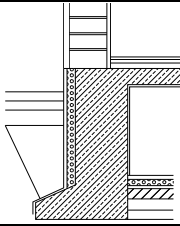
3.3.1.4.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda tuğlanın yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm tuğla duvar üzerine 7 cm EPS, 6 cm XPS ve 8 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 96,97,98].

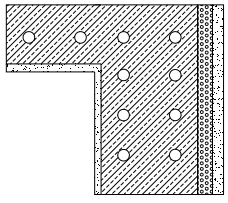
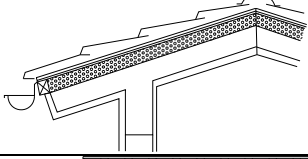
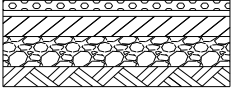
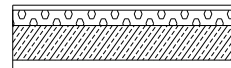
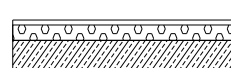
Tablo 96. Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+7 cm EPS+dış sıva 	0,41	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31	
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40	
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 7 cm EPS yalıtılmıştır. 	0,42	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31	

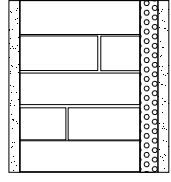
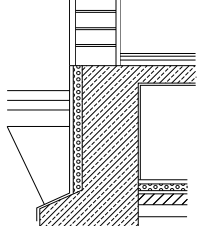
Tablo 96'nın devamı

Zemine oturmayan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,40		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 7 cm EPS yalıtılmıştır.	0,42		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,35	
	Zemin kat	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır.	0,33	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

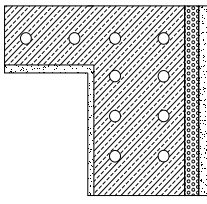
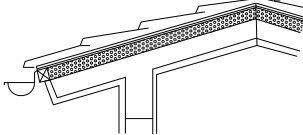
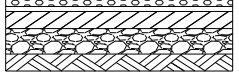
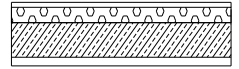
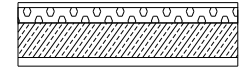
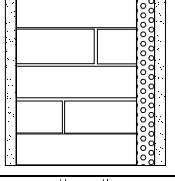
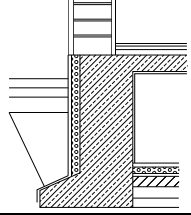
Tablo 97. Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	• Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6cm XPS+dış sıva	0,42	
Çatı	• Çatıda 12cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,27	
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,31	
Zemine oturmayan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,40	
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 6 cm XPS yalıtılmıştır.	0,42	

Tablo 97'nin devamı

Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 98. Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar

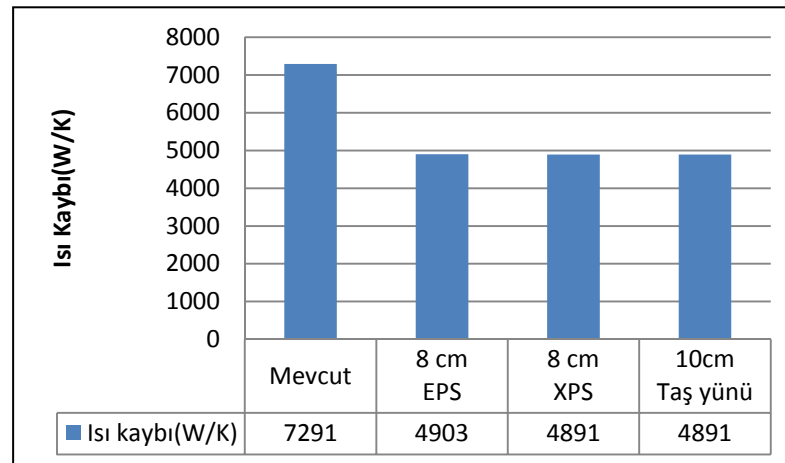
Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm taş yünü+dış sıva 	0,41		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştırıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 99]. Örnek Bina 4 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 99. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 4			
Mevcut	8cm EPS	8 cm XPS	10 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
12,95 > 12,80	12,79 < 12,80	12,75 < 12,80	12,75 < 12,80

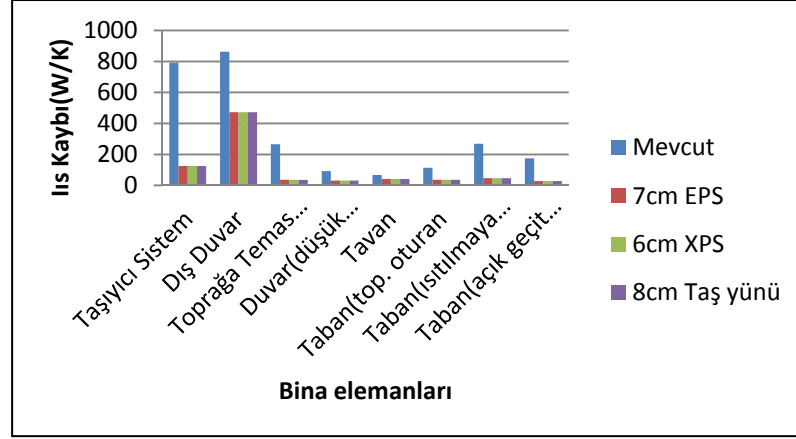
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 77’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile tuğla duvara uygulanması ile ortalama olarak aynı yüzde tasarruf sağlandığı görülmektedir.



Şekil 77. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 78’de betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar

görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 78. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %45 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 100'de örnek binanın tuğla duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

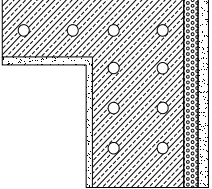
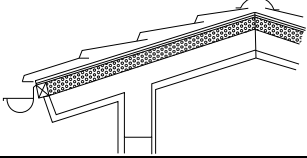
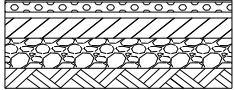
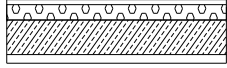
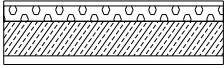
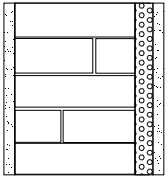
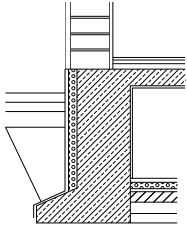
Tablo 100. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Tuğla duvar+mantolama	7 cm EPS	6 cm XPS	8 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	333.751 kWh	308.812 kWh	311,755 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	179.131 kWh	179.126 kWh	179.171 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-154.620 kWh	-129.686 kWh	-132.584 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+34089,556	+28592,279	+29231,21
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	17.727 TL	14.868 TL	15.200 TL
Yalıtım maliyeti	61.300 TL	77.500 TL	81.600 TL
Geri ödeme süresi	3,4	5,2	5,3

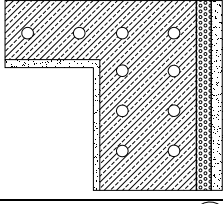
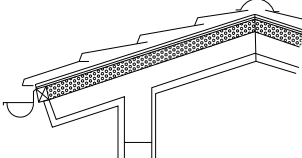
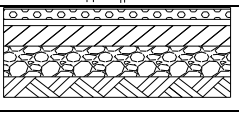
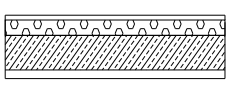
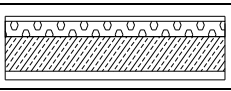
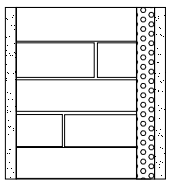
3.3.1.4.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda gazbetonun yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm gazbeton duvar üzerine 6 cm EPS, 5 cm XPS ve 6 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 101,102,103].

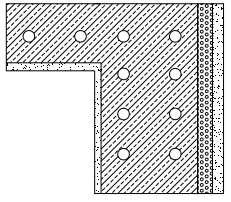
Tablo 101. Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6cm EPS+dış sıva 	0,48		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 10 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,48		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,45	

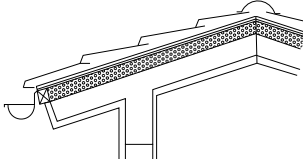
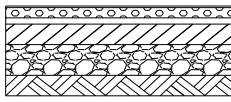
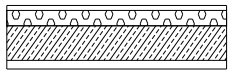
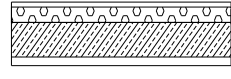
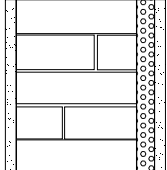
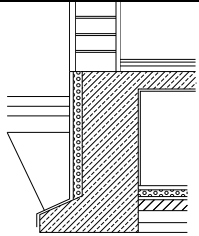
Tablo 102. Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+5 cm XPS+dış sıva 	0,48		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 10 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 5cm XPS kullanılmıştır. 	0,34		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,47		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,49		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,45	

Tablo 103. Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6 cm taş yünü+dış sıva 	0,47	

Tablo 103'ün devamı

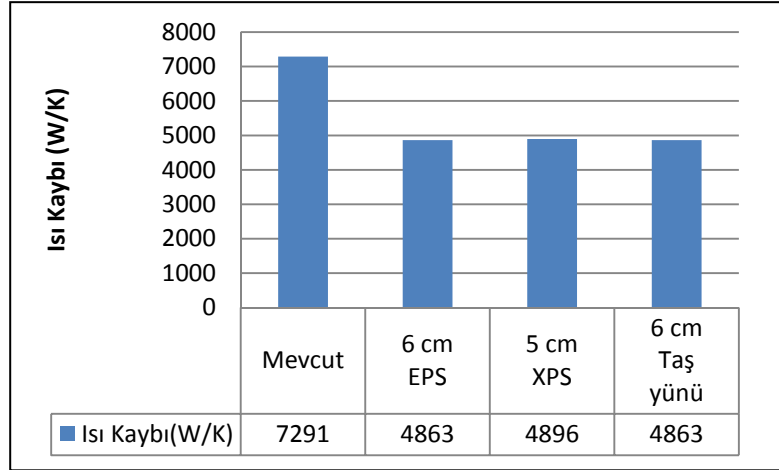
Çatı	• Çatıda 10 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır.	0,32		
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,30		
Zemine oturmeyen döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,41		
Altı açık döşeme	• Altı açık döşeme 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,49		
Dış Duvarlar	Normal katlar	19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,30	
	Zemin kat	• 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,29	
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştırıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 104]. Örnek Bina 4 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 104. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

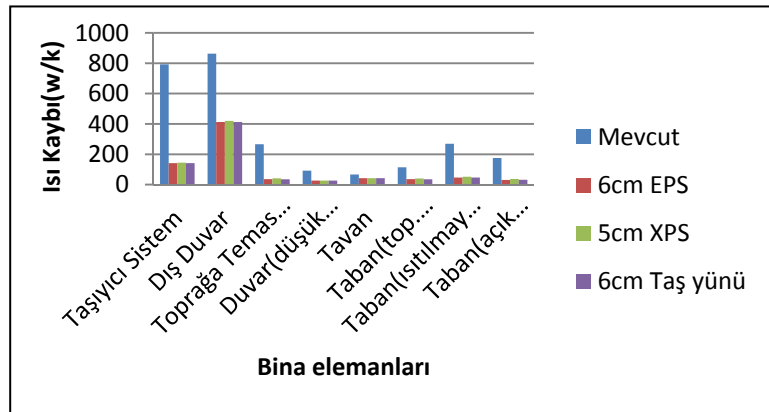
Örnek Bina 4			
Mevcut	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
12,95 > 12,80	12,66 < 12,80	12,76 < 12,80	12,66 < 12,80

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 79'da verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile gazbeton duvara uygulanması ile ortalama olarak aynı yüzde tasarruf sağlandığı görülmektedir.



Şekil 79. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 80'de betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 80. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %32 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 105’de örnek binanın gazbeton duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 105. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Gazbeton duvar+mantolama	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	262.691 kWh	262.463 kWh	287.699 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	177.203 kWh	178.595 kWh	177.197 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-85.488 kWh	-83.868 kWh	-110.502 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+18847,807	+18490,64	+24362,722
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	9.801 TL	9.615 TL	12.669 TL
Yalıtım maliyeti	59.500 TL	68.100 TL	69.800TL
Geri ödeme süresi	6	7	5,5

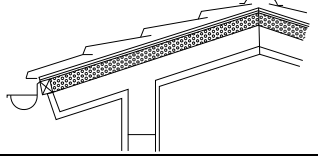
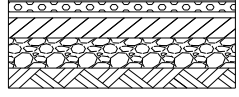
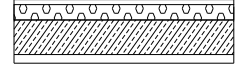
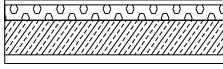
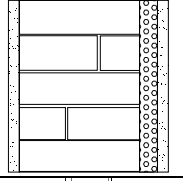
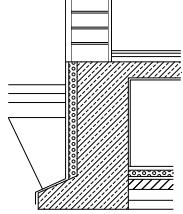
3.3.1.4.3. Betonarme Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda örnek binanın tuğla duvar ve gazbeton duvar üzerine yalıtım uygulamasından sonra betonarme duvar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda betonarmenin özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 20 cm betonarme duvar üzerine 8 cm EPS, 8 cm XPS ve 10 cm taş yünü uygulanmıştır [Tablo 106,107,108].

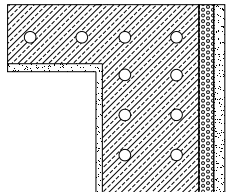
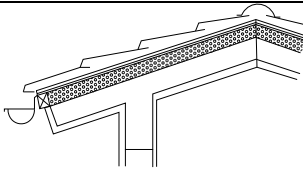
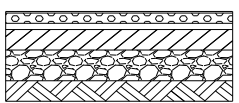
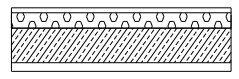
Tablo 106. Öneri 3.a: 8 cm EPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8cm EPS+dış sıva 	0,37	

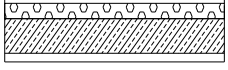
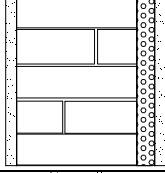
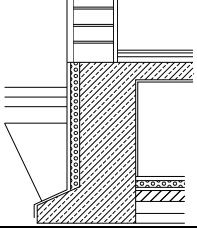
Tablo 106'nın devamı

Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 8 cm XPS kullanılmıştır. 	0,28		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,36		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Altı açık döşeme 8cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,37		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm betonarme yüzeyleri 8cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,37	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> • 20 cm betonarme yüzeyleri 8cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,36	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak altında kalan kısımlar ise 8cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

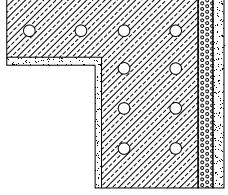
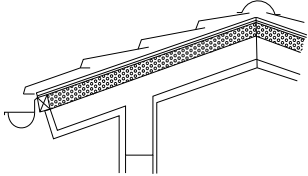
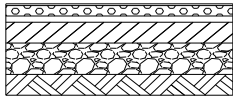
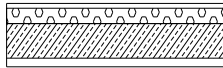
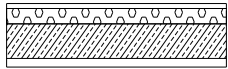
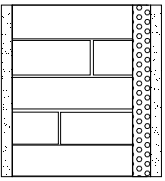
Tablo 107. Öneri 3.b: 8 cm XPS ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> • Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8cm XPS+dış sıva 	0,33	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 10 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,34	
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 5cm XPS kullanılmıştır. 	0,47	

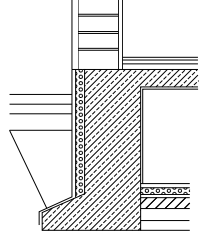
Tablo 107'nin devamı

Altı açık döşeme		<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,49	
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,33	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20cm betonarme yüzeyleri 5cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,47	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 5cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,45	

Tablo 108. Öneri 3.c: 10 cm Taş yünü ile yalıtılmış betonarme duvar

Bina 4	Özellikler	Yeni Değeri (W/m ² K)	U-	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 10cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+10cm taş yünü+dış sıva 	0,34		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 10 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,32		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,30		
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,41		
Altı açık döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Altı açık döşeme 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,43		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm betonarme duvar yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,34	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 20 cm betonarme yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,33	

Tablo 108'in devamı

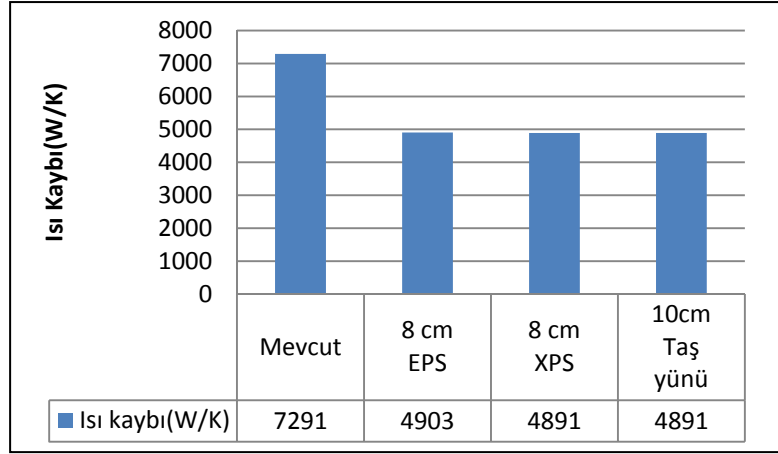
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	
--	------------	---	------	---

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 109]. Örnek Bina 4 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 109. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

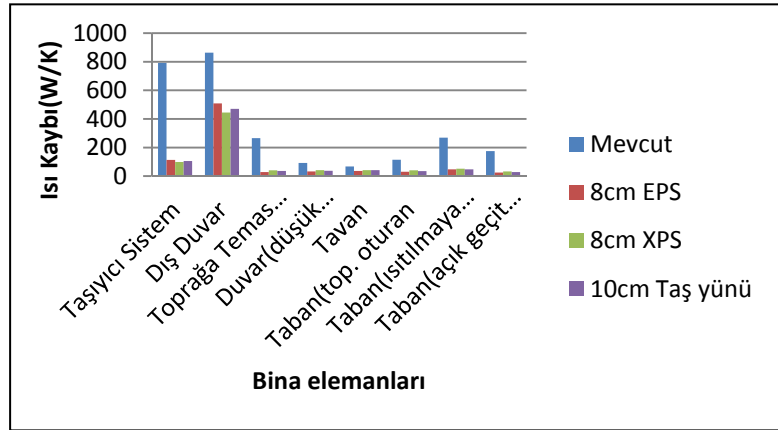
Örnek Bina 4			
Mevcut	8 cm EPS	8 cm XPS	10 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$	$Q < Q_1$
29,02 > 15,12	12,79 < 12,80	12,75 < 12,80	12,75 < 12,80

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 81’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile betonarme duvara uygulanmasında ortalama olarak ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 81. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 82'de betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını aşağıya çekmiştir.



Şekil 82. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %60 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 110'da örnek binanın betonarme duvar üzerine yapılan yalıtım

değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 110. Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

Betonarme+mantolama	8cm EPS	8cm XPS	10cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	473.877 kWh	448.442 kWh	451.218 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	178.994 kWh	178.491 kWh	178.457 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-294.883 kWh	-269.951 kWh	-272.761 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+65013,779	+59516,943	+60136,472
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	33.807 TL	30.949 TL	31.271 TL
Yalıtım maliyeti	61.700 TL	85.000 TL	90.000 TL
Geri ödeme süresi	1,8	2,7	2,8

3.3.1.4.4.Örnek Binanın Design Builder Simülasyon Programında Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Örnek Bina 4'ün TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programında yapılan hesaplamalarından sonra binanın enerji performansını farklı değerlendirmek için enerji hesaplamaları Design Builder ara yüzü Energy Plus simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Enerji giderlerini azaltmak için tuğla, gazbeton ve betonarme duvar konstrüksiyon tipleri kullanılmıştır.

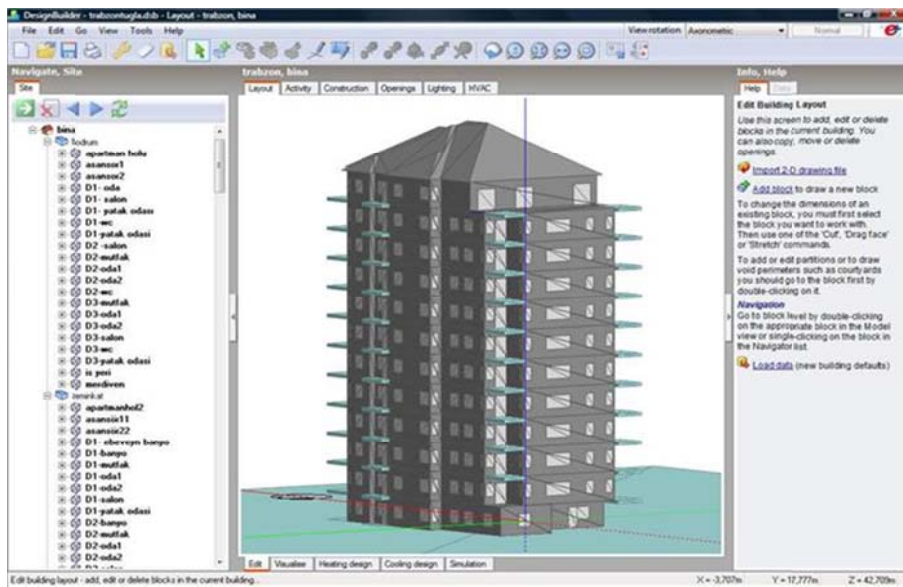
Konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım malzemelerinin fiyatları Bayındırlık Bakanlığı Analiz Kitabından alınmıştır. Hesaplamalarda uygulama maliyetini dikkate alarak; geliştirilmiş polistiren esaslı, dinlendirilmiş, B1 sınıfı, 16 kg/m³ yoğunlukta, TS 7316 EN 13163 ve TS-EN 13499 şartlarına uygun üretilmiş olan EPS ısı yalıtım levhası kullanılmıştır [Tablo 111].

Tablo 111. Hesaplamada kullanılan EPS'nin kalınlık ve fiyat listesi

Malzeme+kalınlık	Fiyat TL
3cm EPS	11,29
4cm EPS	11,29
6cm EPS	17,6
7cm EPS	18,11
8cm EPS	19,16

3.3.1.4.5. Design Builder Simülasyon Programında Yapılan Uygulamalar

- Mevcut bina planları, formu ve cepheleri incelenerek simülasyon programında modellenmiştir [Şekil 83].
- Yapı kabuğu opak bileşen sandviç duvar uygulaması ve saydam bileşen çift cam PVC doğrama olarak programa veri olarak girilmiştir.
- Binanın ısıtma sisteminin enerji kaynağı olarak katı yakıt (maden kömürü) seçilmiş ve sıcak sulu radyatör sistemi programa veri olarak girilmiştir.
- Aydınlatmada elektrik enerjisi kullanılmış ve mekanların aydınlatılması için floresan lambalar seçilmiştir.
- Trabzon ili için gerekli dış iklimsel veriler programın veri tabanında bulunan 2.derece gün bölgesinde yer alan İstanbul iklim verileri seçilerek oluşturulmuştur. Dış iklim verileri Design Builder simülasyon programı tarafından ASHRAE/TWEC(Uluslar arası hava durumu datası)'ten temin edilmektedir. ASHRAE bu verileri 2002 yılını esas alarak hazırlamıştır.
- İç iklimsel veriler UK NCM(Birleşik Krallık Ulusal Hesaplama metodu)'ye göre hazırlanmış olup, TS 825'te öngörülen değerlerle karşılaştırılarak programa girilmiştir.
- Programda 3 farklı duvar konstrüksiyon tipinin ayrı ayrı simülasyonu yapılmıştır.
- Elde edilen verilerle birlikte yalıtım maliyetleri hesaplanmış ve elde edilen kazançla bağlı olarak bunun ne kadar sürede kendini amorti edeceği hesaplanmıştır.



Şekil 83. Örnek Bina 4'ün formu

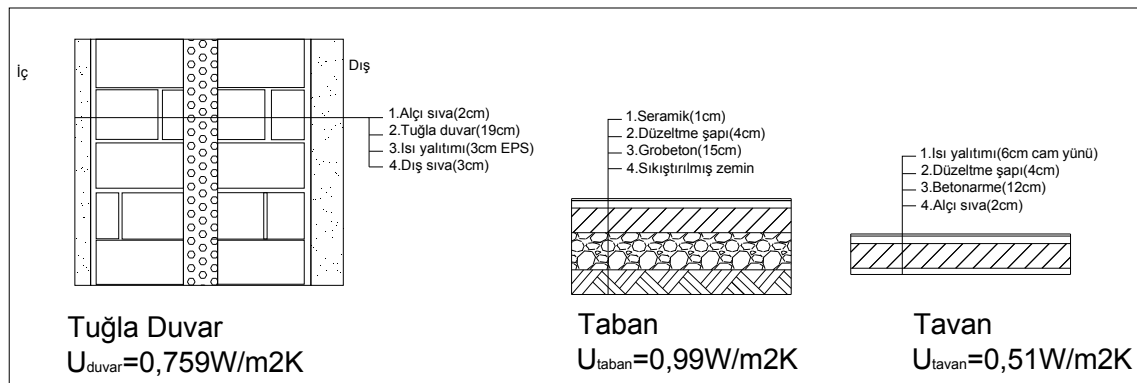
Aşağıdaki tabloda kullanılan malzemelerin enerji performanslarını etkileyen fiziksel özellikleri bulunmaktadır [Tablo 112]. Simülasyon programı, bu değerlere bağlı olarak yapı kabuğu detaylarının U değerlerini ve ısı performanslarını hesaplayabilmektedir. Bu işlemin amacı ısı performansını düşünülmeden yapılan bu tür yapıların enerji performanslarını incelemektir.

Tablo 112. Malzemelerin fiziksel özellikleri

Malzemeler	Isı iletkenlik değeri	Özgül ısı	Yoğunluk
	W/mK	J/kgK	Kg/m ³
EPS	0,04	1200	20
Yatay delikli tuğla	0,62	800	600
Gazbeton	0,51	600	450
Betonarme	2,5	1000	2400
Dış sıva	0,5	1000	1300
İç sıva	0,4	1000	1000
Dökme beton	1,13	1000	2000
Şap	1,35	1000	1800

3.3.1.4.6. Mevcut Projenin Simülasyonu

Mevcut projenin kabuk detayı girdileri sandviç duvar, zemine oturan döşemede herhangi bir yalıtım mevcut değil ve çatıda 6 cm cam yünü yalıtım şiltesi kullanılmıştır [Şekil 84].



Şekil 84. TS 825'e göre Bina 4'ün mevcut durum kabuk detayları

Tüm verileri girilen Örnek Bina 4'ün 2. İklim bölgesine göre simülasyonu yapıp enerji giderleri hesaplanmıştır. Tablo 113'te görüldüğü gibi Trabzon'da ısıtma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu aylar aralık ve ocaktır. Aydınlatma için harcanan enerji gideri de yine kış aylarında fazladır. Mevcut durumda kullanılan 6 mm boşluklu çift cam pencereden elde edilen solar kazanım ise en fazla temmuz ve ağustos aylarında, en az kazanım ise aralık ayında gerçekleşmektedir.

Tablo 113. Bina 4'ün aylık enerji giderleri

Aylar	Aydınlatma kWh	Isıtma (katı yakıt) kWh	Camlardan solar kazanım kWh
01.01.2002	17015,51	95072,77	10783,99
01.02.2002	14758,56	67179,66	14946,52
01.03.2002	15759,25	61071,48	16440,92
01.04.2002	13633,03	21866,65	18943,66
01.05.2002	13305,72	8292,632	21883,71
01.06.2002	12202,84	3158,467	23475,33
01.07.2002	12476,04	280,7866	25799,1
01.08.2002	13315,02	498,0207	25109,24
01.09.2002	14419,91	2199,883	23891,86
01.10.2002	16017,56	16456,03	17480,18
01.11.2002	15996,5	56432,04	11781,61
01.12.2002	17328,78	81910,41	7459,483
TOPLAM	176228,7	414418,8	217995,6

Tablo 114'te görüldüğü gibi mevcut durumda duvar yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplarının en fazla kış aylarında, ocak, şubat ve mart aylarında, saydam kısımlarda ise aralık, ocak, şubat ve mart aylarında gerçekleşmektedir. Tabloya göre en fazla ısı kaybı; tavan döşemesi ve çatı için ocak, iç döşemeler için eylül, zemine oturan döşeme için temmuz ayıdır.

Tablo 114. Mevcut bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları(kWh)

Aylar	Pencereler kWh	Duvarlar kWh	Tavan kWh	Döşeme kWh	Taban kWh	Çatı kWh
01.01.2002	-21040,05	-33963,16	-2168,88	533,2943	-685,2957	-402,767
01.02.2002	-17204,26	-28482,76	-1247,12	-80,72193	-959,7675	-324,396

Tablo 114'ün devamı

01.03.2002	-17411,51	-28193,52	-1246,55	54,35405	-1174,085	-312,679
01.04.2002	-12016,76	-18283,01	-234,821	-351,4501	-1697,664	-202,662
01.05.2002	-8365,932	-13285,89	346,7857	-689,684	-2334,468	-150,969
01.06.2002	-5888,936	-8663,153	727,119	-778,9973	-2864,455	-107,603
01.07.2002	-2706,072	-3417,574	1200,637	-933,243	-3693,738	-43,072
01.08.2002	-3163,108	-3823,227	1158,974	-1009,217	-3637,336	-61,0505
01.09.2002	-5876,693	-7802,487	993,7563	-1121,024	-2822,961	-115,877
01.10.2002	-12594,13	-18267,99	-11,2395	-670,3782	-1947,05	-218,756
01.11.2002	-16065,4	-25474,31	-1228,72	27,5483	-1126,486	-297,262
01.12.2002	-18525,13	-30531,69	-2076	594,6359	-822,4492	-351,192
TOPLAM	-140857,981	-220188,771	-3786,05	-4424,883	-23765,7554	-2588,29

3.3.1.4.7. TS 825'e Göre Opak Bileşen Alternatiflerinin Oluşturulması ve Enerji Giderlerinin Hesaplanması

Çalışmada örnek bina için önerilen duvar konstrüksiyon tiplerinde EPS yalıtım malzemesi kullanılarak opak bileşen alternatifleri oluşturulmuştur [Tablo 115].

Tablo 115. Tuğla, gazbeton ve betonarme duvarda EPS kullanımı ile oluşturulan opak bileşen alternatifleri

	Normal Duvarlar	Toprak Altı Duvarlar	Zemine Oturan Döşeme (taban)	Çatı
ÖNERİ 1: Tuğla	<ul style="list-style-type: none"> Alçı sıva (2cm) 19cm yatay delikli tuğla Yalıtım: 5cm EPS Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> İç sıva (2cm) Betonarme duvar XPS Su yalıtımı 8,5cm tuğla Dış sıva 	<ul style="list-style-type: none"> Seramik (1cm) Isı yalıtımı (6cm) Düzeltilme şapı (4cm) Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Cam yünü (12cm) Düzeltilme şapı (4cm) Betonarme döşeme Alçı sıva (2cm)
ÖNERİ 2: Gazbeton	<ul style="list-style-type: none"> Alçı sıva (2cm) 19cm gazbeton Yalıtım: 2cm EPS Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> İç sıva (2cm) Betonarme duvar XPS Su yalıtımı 8,5cm tuğla Dış sıva 	<ul style="list-style-type: none"> Seramik (1cm) Isı yalıtımı (6cm) Düzeltilme şapı (4cm) Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Cam yünü (12cm) Düzeltilme şapı (4cm) Betonarme döşeme Alçı sıva (2cm)

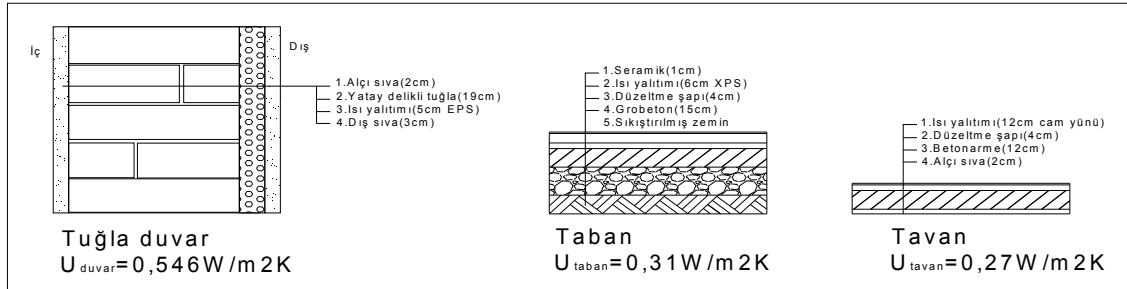
Tablo 115'in devamı

ÖNERİ 3: _ Betonarme	<ul style="list-style-type: none"> • Alçı sıva (2cm) • 20cm betonarme duvar • Yalıtım: 5cm EPS • Dış sıva (3cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • İç sıva (2cm) • Betonarme duvar • XPS • Su yalıtımı • 8,5cm tuğla • Dış sıva 	<ul style="list-style-type: none"> • Seramik (1cm) • Isı yalıtımı (6cm) • Düzeltme şapı (4cm) • Grobeton (15cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cam yünü (12cm) • Düzeltme şapı (4cm) • Betonarme döşeme • Alçı sıva (2cm)
--------------------------------	--	---	---	---

Sunulan bu farklı çözümlerde, Energy Plus simülasyon programı kullanılarak binanın enerji etkin iyileştirilmesi için öneriler getirilmiş ve yapılan değerlendirmeler sonucunda optimum yarar sağlanmaya çalışılmıştır.

3.3.1.4.7.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Binanın opak kısmı tuğla varsayılmış ve yalıtım için EPS kullanılmıştır. Verilerin programa bu şekilde girilmesi ile binanın bu durumdaki enerji giderleri hesaplanmıştır. Şekil 85'te programın dış duvar, taban ve tavan U değerleri görülmektedir.



Şekil 85. TS 825'e göre Bina 4'ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları

Tablo 116'da görüldüğü gibi tuğla+5cm EPS alternatif çözümünde Trabzon'da ısıtma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu aylar aralık, ocak, şubat ve mart ayıdır. Aydınlatma için harcanan enerji gideri de yine kış aylarında fazladır. Camlardan elde edilen solar kazanım ise en fazla temmuz ve ağustos aylarında, en az kazanım ise aralık ve ocak ayında gerçekleşmektedir.

Tablo 116. Örnek Bina 4'ün opak kısmı tuğla olduğu durumda U değerlerinin TS 825'i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri

Aylar	Aydınlatma kWh	Isıtma (katı yakıt) kWh	Camlardan solar kazanım kWh
01.01.2002	17050,6	79943,3	9050,909
01.02.2002	14772,84	56451,31	12528,37
01.03.2002	15768,28	50198,29	13751,02
01.04.2002	13698,93	16953,5	15845,92
01.05.2002	13381,58	6779,253	18301,36
01.06.2002	12238,87	2570,275	19628,01
01.07.2002	12504,23	303,6153	21552,66
01.08.2002	13350,04	468,7553	20957,7
01.09.2002	14457,16	1957,391	19946,41
01.10.2002	16040,59	11337,4	14628,34
01.11.2002	16023,06	45810,15	9883,581
01.12.2002	17367,91	68774,57	6260,345
TOPLAM	176654,1	341547,8	182334,6

Tablo 117'de görüldüğü gibi mevcut durumda duvar yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplarının en fazla aralık, ocak, şubat ve mart aylarında, saydam kısımlarda ise aralık, ocak, şubat ve mart aylarında gerçekleşmektedir. Tabloya göre en fazla ısı kaybı; tavan döşemesi ve çatı için aralık ve ocak, ısıtılmayan döşeme için eylül, zemine oturan döşeme için temmuz ve ağustos ayıdır.

Tablo 117. Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları (kWh)

Aylar	Pencereler kWh	Duvarlar kWh	Tavan kWh	Döşeme(ısıtılmayan) kWh	Taban kWh	Çatı kWh
01.01.2002	-17826,9	-25582,8	-2189,97	511,2982	-844,179	-410,192
01.02.2002	-13989,7	-22217	-1317,86	-46,74474	-1075,05	-330,583
01.03.2002	-14047,6	-21732,4	-1276,25	48,26002	-1298,79	-319,086
01.04.2002	-9021,63	-13937,8	-293,949	-340,3019	-1783,56	-208,679
01.05.2002	-5364,82	-10523,5	270,5146	-621,9217	-1960,41	-153,219
01.06.2002	-2910,97	-7013,74	621,9979	-679,9842	-2120,65	-108,423
01.07.2002	295,8832	-2897,86	1078,674	-809,006	-3641,88	-41,3172
01.08.2002	-201,854	-3071,97	1009,643	-860,1325	-3095,23	-59,7894
01.09.2002	-2804	-5628,3	812,6331	-952,8798	-2818,82	-116,756
01.10.2002	-10001,5	-13765,5	-89,0526	-652,8355	-2058,01	-228,913
01.11.2002	-13365,1	-19222,4	-1260,76	22,30097	-1255,6	-304,103
01.12.2002	-15937,4	-23285,2	-2058,21	533,8567	-973,032	-358,575
TOPLAM	-105175	-168878	-4692,58	-3848,09045	-10765,2	-2639,63

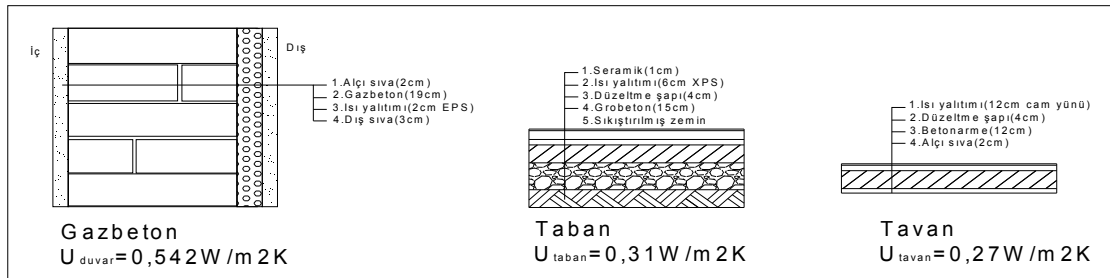
Yapıda mevcut duruma göre konstrüksiyon tipinin farklı seçilmesi, yalıtımın optimum değerde tutulması, saydam bileşenin kalınlığının ve U değerinin sağlanması ile tasarruf %13,4 artmıştır [Tablo 118]. Enerji giderleri kış aylarında en yüksek seviyededir. Yaz aylarına doğru ise enerji tüketimi azalmaktadır.

Tablo 118. Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri

	Aydınlatma	Isıtma (katı yakıt)	Camlardan solar kazanım	Toplam
	kWh	kWh	kWh	kWh
Mevcut	176228,7	414418,8	217995,6	808643,1
Tuğla duvar+5cm EPS	176654,1	341547,8	182334,6	700536,5

3.3.1.4.7.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalıtım

Binanın opak kısmı gazbeton varsayılmış ve yalıtım için EPS kullanılmıştır. Verilerin programa bu şekilde girilmesi ile binanın bu durumdaki enerji giderleri hesaplanmıştır. Şekil 86’da programın dış duvar, taban ve tavan U değerleri görülmektedir.



Şekil 86. TS 825’e göre Bina 4’ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları

Tablo 119’da görüldüğü gibi gazbeton+2cm EPS alternatif çözümünde Trabzon’da ısıtma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu aylar aralık, ocak, şubat ve mart ayıdır. Aydınlatma için harcanan enerji gideri de yine kış aylarında fazladır. Camlardan elde edilen solar kazanım ise en fazla yaz aylarında, en az kazanım ise kış aylarında gerçekleşmektedir.

Tablo 119. Bina 4'ün opak kısmı gazbeton olduğu durumda U değerlerinin TS 825'i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri

Aylar	Aydınlatma kWh	Isıtma(Katı yakıt) kWh	Camlardan solar kazanım kWh
01.01.2002	17050,6	79824,93	9050,909
01.02.2002	14772,84	55501,26	12528,37
01.03.2002	15768,28	49935,2	13751,02
01.04.2002	13698,93	17135,09	15845,92
01.05.2002	13381,58	7062,682	18301,36
01.06.2002	12238,87	2721,216	19628,01
01.07.2002	12504,23	297,8451	21552,66
01.08.2002	13350,04	434,1493	20957,7
01.09.2002	14457,16	2057,341	19946,41
01.10.2002	16040,59	12223,97	14628,34
01.11.2002	16023,06	45935	9883,581
01.12.2002	17367,91	68341	6260,345
TOPLAM	176654,09	341469,6834	182334,6

Tablo 120'de görüldüğü gibi mevcut durumda duvar yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplarının en fazla aralık, ocak, şubat ve mart aylarında, saydam kısımlarda ise aralık, ocak aylarında gerçekleşmektedir. Tabloya göre en fazla ısı kaybı; tavan döşemesi ve çatı için aralık ve ocak, ısıtılmayan döşeme için eylül, zemine oturan döşeme için temmuz ve ağustos ayıdır.

Tablo 120. Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları(kWh)

Aylar	Pencereler kWh	Duvarlar kWh	Tavan kWh	Döşeme(Isıtılmayan) kWh	Taban kWh	Çatı kWh
01.01.2002	-17820,29	-25616,74	-2186,794	512,9243	-839,2394	-409,8705
01.02.2002	-14034,74	-21515,43	-1312,23	-57,34155	-1086,318	-331,1858
01.03.2002	-14091,69	-21347,98	-1278,002	37,55518	-1307,765	-320,0514
01.04.2002	-9036,2	-13895,06	-293,3934	-325,2992	-1783,907	-208,4792
01.05.2002	-5368,318	-10114,78	256,7902	-615,2744	-2374,059	-153,7061
01.06.2002	-2905,889	-6686,854	620,0179	-678,5868	-2860,526	-108,273
01.07.2002	263,7355	-2525,177	1085,11	-817,0627	-3647,662	-41,78679
01.08.2002	-218,5926	-2933,815	1014,069	-865,0118	-3594,619	-59,93333
01.09.2002	-2786,119	-5983,579	819,301	-958,0187	-2807,05	-116,2107
01.10.2002	-9984,177	-14350,22	-93,16777	-647,2394	-2049,669	-228,5549
01.11.2002	-13372,18	-19257,99	-1264,081	22,25481	-1255,992	-304,3683

Tablo 120'nin devamı

01.12.2002	-15948,81	-23036,09	-2052,052	529,315	-974,8646	-358,5482
TOPLAM	-105303,27	-167263,715	-4684,432	-3861,78526	-24581,67	-2640,968

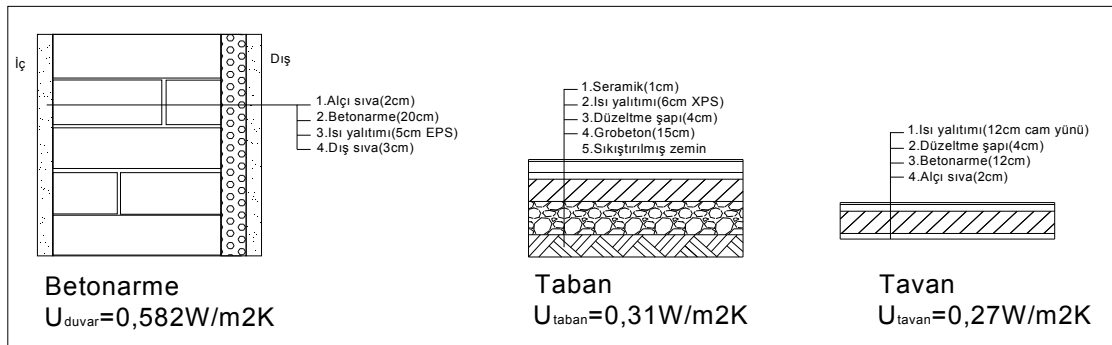
Yapıda mevcut duruma göre konstrüksiyon tipinin gazbeton seçilmesi, yalıtım kalınlığının optimum değerde tutulması, saydam bileşenin kalınlığının ve U değerinin sağlanması ile tasarruf %13,4 artmıştır [Tablo 121]. Enerji giderleri kış aylarında en yüksek seviyededir. Yaz aylarına doğru ise enerji tüketimi azalmaktadır.

Tablo 121. Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri

	Aydınlatma	Isıtma (katı yakıt)	Camlardan solar kazanım	Toplam
	kWh	kWh	kWh	kWh
Mevcut	176228,7	414418,8	217995,6	808643,1
Gazbeton+2cm EPS	176654,09	341469,683	182334,63	700458,4

3.3.1.4.7.3. Betonarme Üzeri Yalıtım

Binanın opak kısmı betonarme varsayılmış ve yalıtım için EPS kullanılmıştır. Verilerin programa bu şekilde girilmesi ile binanın bu durumdaki enerji giderleri hesaplanmıştır. Şekil 87'de programın dış duvar, taban ve tavan U değerleri görülmektedir.



Şekil 87. TS 825'e göre Bina 4'ün azami U değerlerini karşılayan kabuk detayları

Tablo 122’de görüldüğü gibi betonarme+5cm EPS alternatif çözümünde Trabzon’da ısıtma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu aylar aralık, ocak, şubat ve mart ayıdır. Aydınlatma için harcanan enerji gideri de yine kış aylarında fazladır. Camlardan elde edilen solar kazanım ise en fazla yaz aylarında, en az kazanım ise kış aylarında gerçekleşmektedir.

Tablo 122. Bina 4’ün opak kısmı betonarme olduğu durumda U değerlerinin TS 825’i karşıladığı durumdaki aylık enerji giderleri

Aylar	Aydınlatma kWh	Isıtma(Katı yakıt) kWh	Camlardan solar kazanım kWh
01.01.2002	17050,6	81893,49	9050,909
01.02.2002	14772,84	58743,36	12528,37
01.03.2002	15768,28	51926,39	13751,02
01.04.2002	13698,93	17603,23	15845,92
01.05.2002	13381,58	6790,342	18301,36
01.06.2002	12238,87	2478,151	19628,01
01.07.2002	12504,23	307,4604	21552,66
01.08.2002	13350,04	479,6969	20957,7
01.09.2002	14457,16	1900,658	19946,41
01.10.2002	16040,59	11101,47	14628,34
01.11.2002	16023,06	46865,29	9883,581
01.12.2002	17367,91	70793,04	6260,345
TOPLAM	176654,1	350882,6	182334,6

Tablo 123’te görüldüğü gibi mevcut durumda duvar yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplarının en fazla aralık, ocak, şubat ve mart aylarında, saydam kısımlarda ise aralık, ocak aylarında gerçekleşmektedir. Tabloya göre en fazla ısı kaybı; tavan döşemesi ve çatı için aralık ve ocak, ısıtılmayan döşeme için eylül, zemine oturan döşeme için temmuz ve ağustos ayıdır.

Tablo 123. Bina elemanlarında meydana gelen toplam ısı kayıp ve kazançları(kWh)

Aylar	Pencereler kWh	Duvarlar kWh	Tavan kWh	Döşeme(ısıtılmayan) kWh	Taban kWh	Çatı kWh
01.01.2002	-17756,3	-26874,7	-2199,04	523,0387	-822,392	-409,331
01.02.2002	-13880,6	-23922,5	-1327,92	-24,9403	-1043,68	-329,009
01.03.2002	-13937,8	-23100,9	-1282,38	69,45691	-1270,19	-317,295

Tablo 123'ün devamı

01.04.2002	-8932,67	-14854,5	-296,84	-342,996	-1763,28	-207,562
01.05.2002	-5330,56	-11315,8	283,331	-625,774	-2344,4	-152,252
01.06.2002	-2896,04	-7635,35	625,7665	-683,243	-2854,97	-108,165
01.07.2002	323,0593	-3398,97	1073,599	-801,853	-3636,39	-40,867
01.08.2002	-186,547	-3346,87	1005,691	-855,312	-3595,7	-59,6632
01.09.2002	-2810,41	-5481,05	807,9514	-947,632	-2826,3	-117,24
01.10.2002	-9919,27	-13820	-88,2472	-649,75	-2049,54	-227,928
01.11.2002	-13294,9	-20036,5	-1261,89	31,95033	-1236,61	-302,977
01.12.2002	-15854,2	-24714,7	-2069,39	551,6699	-946,859	-357,408
TOPLAM	-104476	-178502	-4729,36	-3755,38	-24390,3	-2629,46

Yapıda mevcut duruma göre konstrüksiyon tipinin betonarme seçilmesi, yalıtım kalınlığının optimum değerde tutulması, saydam bileşenin kalınlığının ve U değerinin sağlanması ile tasarruf %12,2 artmıştır [Tablo 124]. Enerji giderleri kış aylarında en yüksek seviyededir. Yaz aylarına doğru ise enerji tüketimi azalmaktadır.

Tablo 124. Binanın mevcut ve yalıtımlı durumda toplam yıllık enerji giderleri

	Aydınlatma	Isıtma (katı yakıt)	Camlardan solar kazanım	Toplam
	kWh	kWh	kWh	kWh
Mevcut	176228,7	414418,8	217995,6	808643,1
Betonarme+5cm EPS	176654,1	350882,6	182334,6	709871,3

3.3.1.4.8. TS 825'e Göre Opak Bileşen Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Tuğla, gazbeton ve betonarme duvar konstrüksiyonlarının azami yalıtım kalınlıkları ile programa girilmesi ile farklı ısı kayıp ve kazançlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Buna göre Tablo 125'te termal kütlesi fazla olan gazbeton duvarın ısı kaybının en az olduğu, onu takip eden tuğla duvarın ısı kaybının yıllık toplamda 168878,391 kWh, betonarme duvarın yıllık ısı kaybının ise 178501,72 kWh olduğu görülmektedir.

Tablo 125. Farklı dış duvar alternatiflerinin ısı kayıp ve kazançları (kWh)

Aylar	Dış duvarlardan ısı kaybı ve kazancı (tuğla) kWh	Dış duvarlardan ısı kaybı ve kazancı (Gazbeton) kWh	Dış duvarlardan ısı kaybı ve kazancı (betonarme) kWh
01.01.2002	-25582,8	-25616,74	-26874,71
01.02.2002	-22216,96	-21515,43	-23922,47
01.03.2002	-21732,36	-21347,98	-23100,88
01.04.2002	-13937,83	-13895,06	-14854,45
01.05.2002	-10523,47	-10114,78	-11315,8
01.06.2002	-7013,744	-6686,854	-7635,354
01.07.2002	-2897,861	-2525,177	-3398,966
01.08.2002	-3071,973	-2933,815	-3346,874
01.09.2002	-5628,303	-5983,579	-5481,046
01.10.2002	-13765,5	-14350,22	-13820
01.11.2002	-19222,42	-19257,99	-20036,46
01.12.2002	-23285,17	-23036,09	-24714,71
TOPLAM	-168878,391	-167263,715	-178501,72

Tablo 126'da bina için mevcut ve alternatif konstrüksiyonlar için elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Termal kütlesi en yüksek olan gazbeton+2cm EPS yalıtım malzemesi ile oluşturulan duvar konstrüksiyonu, ısıtma giderleri açısından en iyi ısıl performansı göstermiştir. Isıl performansı en düşük olan betonarme+5cm EPS yalıtım malzemesi ile oluşturulan duvar konstrüksiyonu olmuştur.

Tablo 126. Dış duvar alternatiflerinin yıllık enerji giderleri

	Aydınlatma kWh	Isıtma (katı yakıt) kWh	Camlardan solar kazanım kWh	Toplam kWh
Mevcut	176228,7	414418,8	217995,6	808643,1
Tuğla duvar+5cm EPS	176654,1	341547,8	182334,6	700536,5
Gazbeton+2cm EPS	176654,1	341469,7	182334,6	700458,4
Betonarme+5cm EPS	176654,1	350882,6	182334,6	709871,3

3.3.2. Bahçecik Semtine Ait Bulgu ve Değerlendirmeler

Çalışma alanı 2 olarak seçilen Bahçecik Semti Trabzon ilinin güneybatısında denizden 150-200 metre yükseklikte konumlanmıştır.

Çalışma alanı 2 için mevcut durum saptamaları ve analizleri:

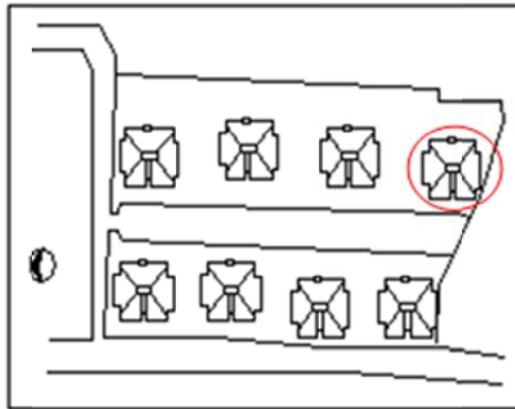
Semtin doğu ve batı yamaçlarında güneye doğru yeni yapılaşmaların olduğu görülmektedir. Burada yer alan konutlar en az 5 katlı, en çok 13 katlıdır [Şekil 88]. Blokların form ve yerleşim düzenlerine bakıldığında, ayrıık nizam olarak doğu-batı yönünde, dikdörtgen ya da kare planlı olarak araziye yerleşmişlerdir.



Şekil 88. Bahçecik semti konutları



3.3.2.1. TOKİ Sitesi

TOKİ Konutları, birbirine paralel konumlandırılmış 8 bloktan oluşmaktadır [Şekil 89], [Tablo 127,128]. Bütün blokların zemin katları konut olarak kullanılmaktadır. Bodrum katları sığınak, su deposu, ısıtma birimlerinden oluşmaktadır. 4 bloğun eğime yerleşim şeklinden dolayı 1.bodrum katları konut olarak kullanılmaktadır. Sitede toplam 318 konut bulunmaktadır. İncelenen TOKİ sitesi yapım sistemi olarak tünel kalıp ve içten yalıtım uygulaması ile Trabzon'da yapılan konut inşaatlarından farklıdır.

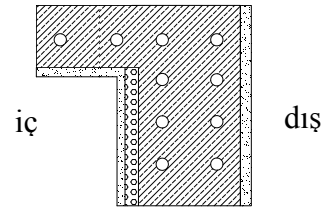
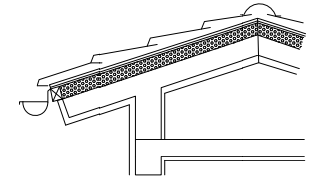


Şekil 89. Sitenin vaziyet planı-Örnek Bina 5

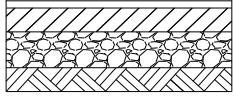
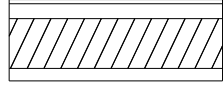
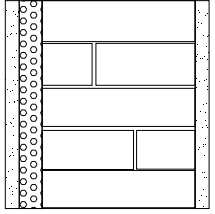
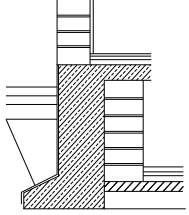
Tablo 127. Bina kimlik kartı (Örnek Bina 5)

GENEL ÖZELLİKLER		FOTOĞRAFLAR
Sitenin adı	TOKİ	 
İnşaat tarihi	2000-2008	
Blok no/adı	B Blok	
Binanın formu/yönlenmesi	Dikdörtgen form/Doğu-batı aksı	
Dış ortama açık cephe sayısı	4	
Toplam daire sayısı	43	
Bir kattaki daire sayısı	4	
Kat yüksekliği	3.00 m	
Toplam kat sayısı	13	
Bina yüksekliği	39.00 m	
Çatı katı kullanımı	Yok	
Zemin kat kullanımı	Konut	
Bodrum kat kullanımı	Isıtma+Depo+sığınak	
BOYUTSAL ÖZELLİKLER		
Toplam hacim	21.500m ³	
Toplam kullanım alanı	3760 m ²	
Taban alanı	665 m ²	
Normal kat alanı	665 m ²	
Tavan alanı	665 m ²	
Binadaki toplam kapı ve pencere alanı	620 m ²	
Binadaki toplam dış Alanı	2770m ²	
ISITMA SİSTEMİ		
Isıtma sistemi	Merkezi	
Yakıt türü	Kömür	
Kullanılan toplam yakıt (ton/yıl)	60	
Binadaki ısı kayıpları ile ilgili açıklama	Enerji bilançosu çıkarılırken bina yerinde ve proje üzerinde incelenip, yapı elemanı türleri ve alanları dikkate alınmıştır. Isı kaybının çoğunlukla dış duvar ve tabanda olduğu saptanarak tasarruf potansiyelinin büyük ölçüde buralarda olduğu görülmüştür.	

Tablo 128. Yapı dış kabuğunun analizi (Örnek Bina 5)

Bina 5	Özellikler	U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Tünel kalıp sistem uygulaması Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+ısı yalıtımı+ donatılı beton+dış sıva 	0,82	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatı arası kullanımda değil Beşik çatı Kiremit çatı örtüsü 6 cm cam yünü 	0,56	

Tablo 128'in devamı

Zemine dōşeme	oturan	<ul style="list-style-type: none"> Genel dōşeme uygulaması Isıtılmayan bodrum kat İşlevi (depo, sığınak, ısıtma) 	0,86	
Zemine dōşeme	oturmayan	<ul style="list-style-type: none"> Genel dōşeme uygulaması Yalıtım mevcut değil 	2,27	
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme duvar, kolon, giriş: iç sıva+ısı yalıtımı+ donatılı beton+dış sıva İç sıva+ısı yalıtımı+ tuğla duvar+dış sıva 	0,58	 <p>İç</p> <p>Dış</p>
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> Betonarme duvar, kolon, giriş: iç sıva+ısı yalıtımı+ donatılı beton+dış sıva İç sıva+ısı yalıtımı+ tuğla duvar+dış sıva 	2,2	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Bodrum kat duvarları: 20cm betonarme perde +40 cm tuğla duvar Hiçbir yalıtım uygulaması mevcut değil 	0,58	

Yapı dış kabuğunun analiz tablosunda görüldüğü gibi dış duvarların iki yöndeki duvarları betonarme perde duvar, diğer iki yöndeki duvarları ise delikli tuğladan yapılmıştır. Isıtılan iç mekanlar; 3 cm düşük yoğunluklu (10kg/m^3) EPS ile içten yalıtılmış ve cephe boşlukları 6-9 mm kalınlıkta çift cam PVC doğrama olarak düzenlenmiştir. Isı Yönetmeliği kapsamında Trabzon'un da içinde bulunduğu 2. İklim bölgesi için TS 825'te uygun görülen ısı geçirgenlik katsayıları ile karşılaştırıldığında, mevcut konstrüksiyonun zayıf noktaları açıkça görülmektedir [Tablo 129].

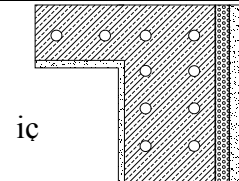
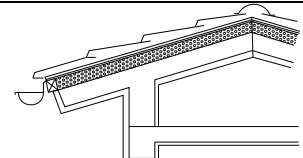
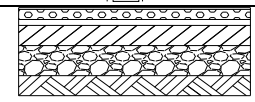
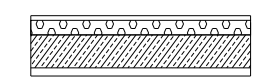
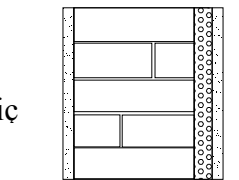
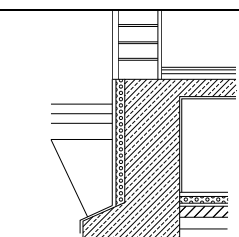
Tablo 129. Mevcut ve TS 825'e uygun U değerleri

Mevcut binaya ait U değerleri	TS 825'e göre olması gereken U değerleri	Açıklama	
Duvarlar	0,58	0,60	Sağlıyor
Dōşeme	0,86	0,60	Sağlamıyor
Çatı	0,56	0,40	Sağlamıyor
Pencere	3,2	2,4	Sağlamıyor

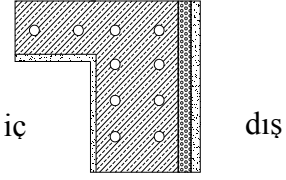
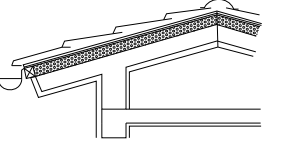
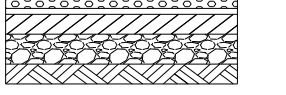
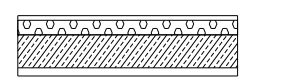
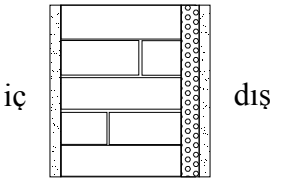
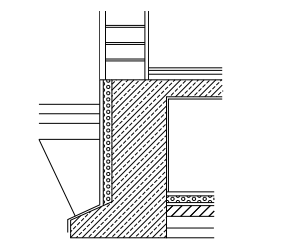
3.3.2.1.1. Tuğla Duvar Üzeri Yalıtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek binanın güney ve kuzey yönlerindeki betonarme duvar kısımları ile doğu ve batı yönlerindeki tuğla duvarlar üzerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda tuğlanın ve betonarmenin yalıtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalıtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalıtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm tuğla duvarlar; 7 cm EPS, 6 cm XPS, 8 cm taş yünü ve 20 cm betonarme duvarlar; 8 cm EPS, 7 cm XPS ve 10 cm taş yünü uygulaması ile yalıtılmıştır [Tablo 130,131,132].

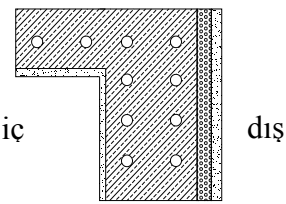
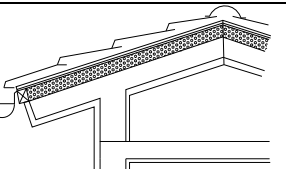
Tablo 130. Öneri 1.a: 7 cm EPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm EPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8cm EPS+dış sıva 	0,37		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,26		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

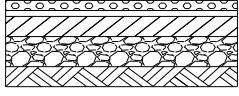
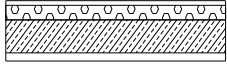
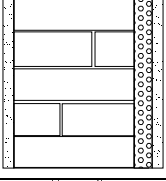
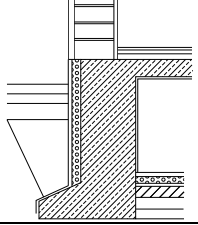
Tablo 131. Öneri 1.b: 6 cm XPS ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7cm XPS ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6cm XPS+dış sıva 	0,37		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,26		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmeyan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,35	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 132. Öneri 1.c: 8 cm Taş yünü ile yalıtılmış tuğla duvar

Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 10 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva + donatılı beton+10 cm taş yünü + dış sıva 	0,34	
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,26	

Tablo 132'nin devamı

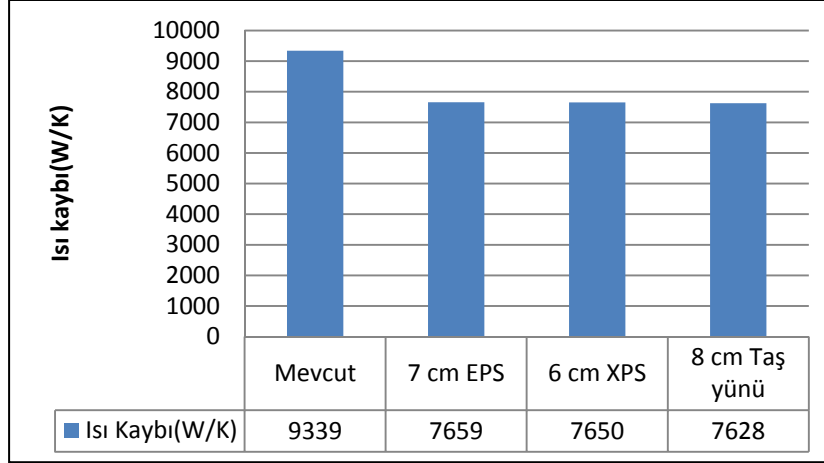
Zemine oturan döşeme	• Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,31		
Zemine oturmeyan döşeme	• Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır.	0,40		
Dış Duvarlar	Normal katlar	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 8 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,35	
	Zemin kat	• 19 cm yatay delikli tuğla yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.		
	Bodrum kat	• Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır.	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaşıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 133]. Örnek Bina 5 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 133. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

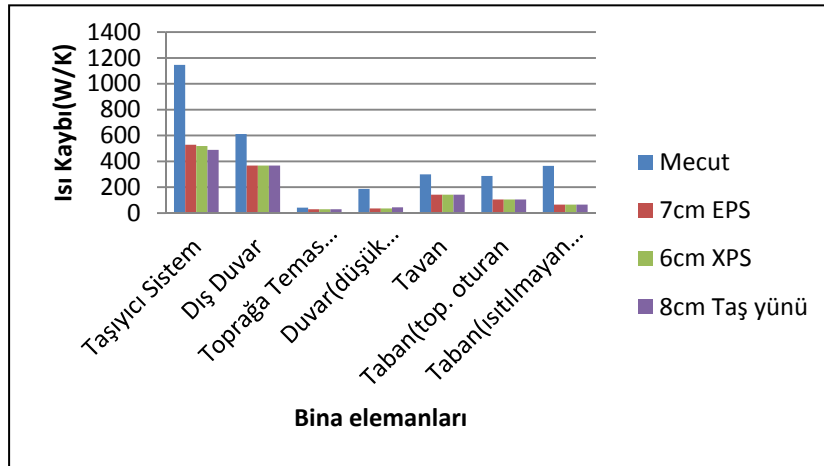
Örnek Bina 5						
	Tuğla	B.A.	Tuğla	B.A.	Tuğla	B.A.
Mevcut	7 cm EPS	8 cm EPS	6 cm XPS	7 cm XPS	8 cm Taş yünü	10 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$		$Q < Q_1$		$Q < Q_1$	
17,10 > 13,05	12,98 < 13,05		12,97 < 13,05		12,91 < 13,05	

Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 90'da verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile tuğla ve betonarme duvara uygulanmasında ortalama ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 90. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 91'de tuğla ve betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 91. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yeterli olmayan yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %45 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 134'te örnek binanın tuğla duvar üzerine yapılan

yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalııtım maliyeti ve yalııtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo134.Örnek binada yalııtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalııtımın geri ödeme süresi

Tuğla duvar+mantolama	7 cm EPS	6 cm XPS	8 cm Taş yünü
Yalııtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	498.155 kWh	513.552 kWh	513.552 kWh
Yalııtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	279.125 kWh	278.873 kWh	277.629 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-219.030 kWh	-234.679 kWh	-235.923 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+48290,23	+51740,414	+52014,683
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	25.111 TL	26.905 TL	27.048 TL
Yalııtım maliyeti	87.000 TL	113.000 TL	115.300TL
Geri ödeme süresi	3,5	4,1	4,2

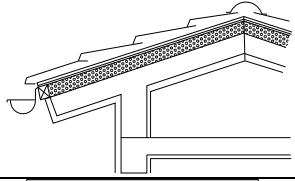
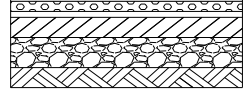
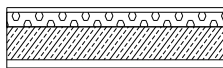
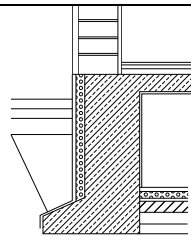
3.3.2.1.2. Gazbeton Duvar Üzeri Yalııtım

Bu bölümde yukarıda analizi yapılan örnek binanın güney ve kuzey yönlerindeki betonarme duvar kısımları değiştirilmeden doğu ve batı yönlerindeki tuğla duvarlar üzerine yalııtım uygulamasından sonra tuğla duvar yerine gazbeton duvar kullanılarak yalııtım uygulaması yapılmıştır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; yapılan hesaplamalarda gazbetonun ve betonarmenin yalııtım özellikleri dikkate alınıp optimum yalııtım kalınlıkları belirlenerek kullanılan yalııtım malzemeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 19 cm gazbeton duvarlar; 6 cm EPS, 5 cm XPS, 6 cm taş yünü ve 20 cm betonarme duvarlar; 7 cm EPS, 6 cm XPS ve 8 cm taş yünü uygulaması ile yalııtılmıştır [Tablo 135,136,137].

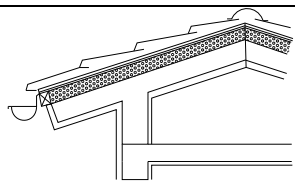
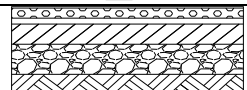
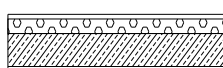
Tablo 135. Öneri 2.a: 6 cm EPS ile yalııtılmış gazbeton duvar

Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 7 cm EPS ile yalııtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+7cm EPS+dış sıva 	0,42	

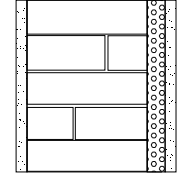
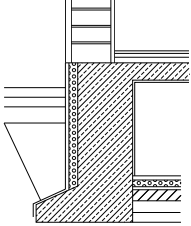
Tablo 135'in devamı

Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31		
Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 			
Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,30	iç dış
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> • 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm EPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> • Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

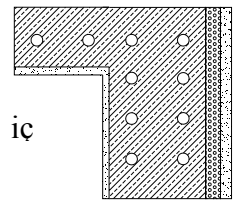
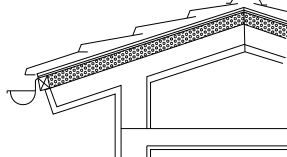
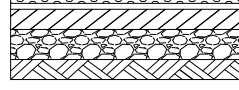
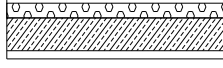
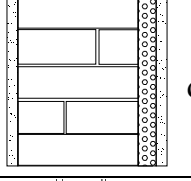
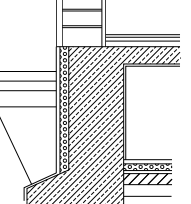
Tablo 136. Öneri 2.b: 5 cm XPS ile yalıtılmış gazbeton duvar

Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> • Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. • Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+6cm XPS+dış sıva 	0,42	iç dış
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> • Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27	
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas eden döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,31	
Zemine oturmayan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> • Toprağa temas etmeyen döşemede 5 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40	

Tablo 136'nın devamı

Dış Duvarlar	Normal katlar	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,31	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 5 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Tablo 137. Öneri 2.c: 6 cm Taş yünü ile yalıtılmış gazbeton duvar

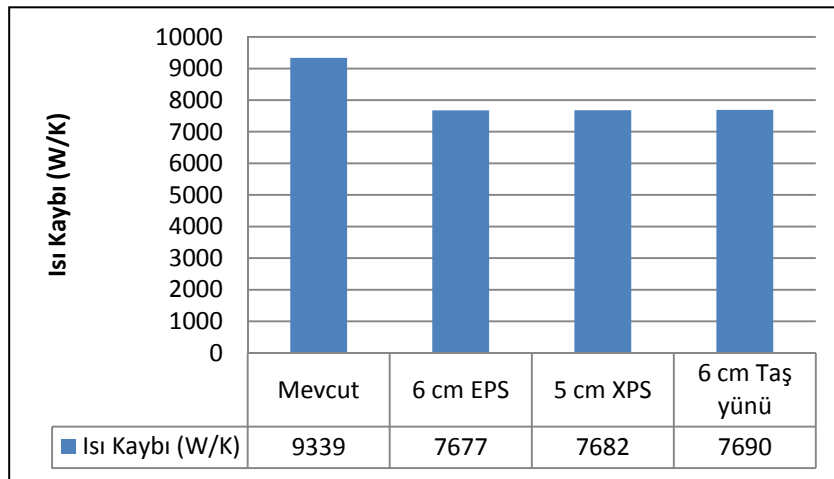
Bina 5	Özellikler	Yeni U-Değeri (W/m ² K)	Görseller	
Taşıyıcı sistem	<ul style="list-style-type: none"> Dış havaya açık betonarme yüzeyleri 8cm taş yünü ile yalıtılmıştır. Betonarme duvar, kolon, kiriş: iç sıva+donatılı beton+8 cm taş yünü+dış sıva 	0,42		
Çatı	<ul style="list-style-type: none"> Çatıda 12 cm " Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi " kullanılmıştır. 	0,27		
Zemine oturan döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas eden döşemede 7 cm XPS kullanılmıştır. 	0,28		
Zemine oturmeyen döşeme	<ul style="list-style-type: none"> Toprağa temas etmeyen döşemede 6 cm XPS kullanılmıştır. 	0,40		
Dış Duvarlar	Normal katlar	19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır.	0,32	
	Zemin kat	<ul style="list-style-type: none"> 19 cm gazbeton duvar yüzeyleri 6 cm taş yünü ile yalıtılmıştır. 	0,40	
	Bodrum kat	<ul style="list-style-type: none"> Toprak altında kalan kısımlar ise 6 cm XPS ile yalıtılmıştır. 	0,39	

Mevcut durum için yapılan hesaplamada örnek bina için Q (Bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) $> Q_1$ (Bina için sınırlandırılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) durumu ile karşılaştırıldığı için binaların TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir [Tablo 138]. Örnek Bina 5 için farklı yalıtım uygulamaları ile yapılan hesaplamalar sonucunda $Q < Q_1$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir.

Tablo 138. Mevcut ve yalıtımlı durumda binanın Q ve Q_1 (kWh/m³) değerleri

Örnek Bina 5						
	Gazbeton	B.A.	Gazbeton	B.A.	Gazbeton	B.A.
Mevcut	6cm EPS	7 cm EPS	5 cm XPS	6cm XPS	6 cm Taş yünü	8 cm Taş yünü
$Q > Q_1$	$Q < Q_1$		$Q < Q_1$		$Q < Q_1$	
17,10 > 13,05	13,03 < 13,05		13,03 < 13,05		13,03 < 13,05	

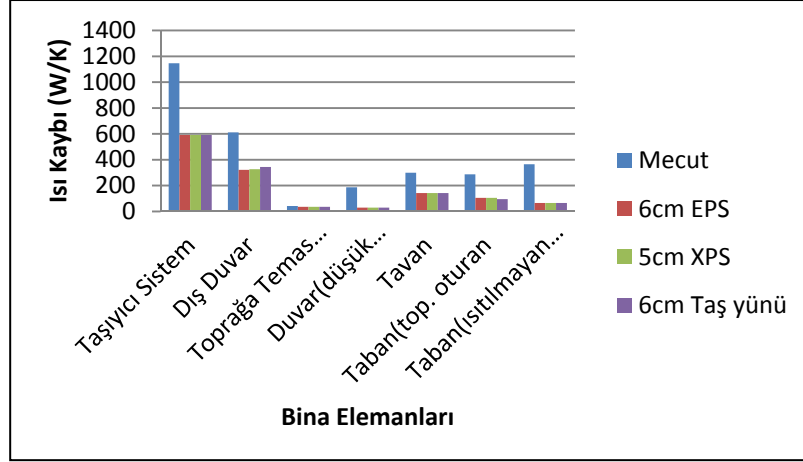
Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları Şekil 92’de verilmiştir. Buna göre düşünülen üç farklı yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarda kullanımı ile gazbeton duvara uygulanmasında ortalama ısı kayıplarının aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 92. Örnek binada, mevcut ve yalıtımlı durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Şekil 93’te gazbeton ve betonarme duvar üzerine yapılan optimum yalıtım kalınlıkları ile mevcut duruma göre bina elemanlarında meydana gelen ısı kayıplarındaki azalmalar

görülmektedir. Binanın özellikle dış duvar ve taşıyıcı kısmında yapılan yalıtım uygulaması mevcut duruma göre buradaki ısı kayıplarını yarıya indirmiştir.



Şekil 93. Örnek Binada mevcut ve yalıtımlı durumda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları

Yukarıda görüldüğü gibi bina; yeni TS 825 standardına uygun bir şekilde yalıtıldığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre ortalama %33 oranında azalmaktadır. Bu durumda aynı oranda da yakıt ihtiyacı da azalmaktadır. Tablo 139'da örnek binanın gazbeton duvar üzerine yapılan yalıtım değerlerine bağlı olarak elde edilen tasarruf, yapılan yalıtım maliyeti ve yalıtımın geri ödeme süresi görülmektedir.

Tablo 139.Örnek binada yalıtım sonucu elde edilen tasarruf ve yalıtımın geri ödeme süresi

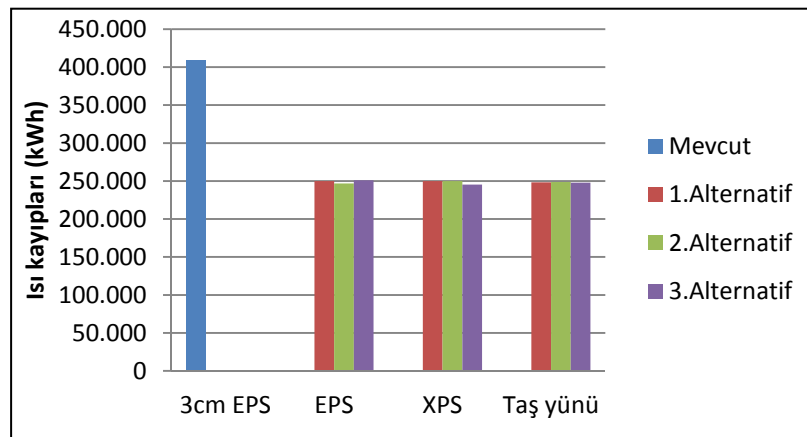
Gazbeton duvar+mantolama	6 cm EPS	5 cm XPS	6 cm Taş yünü
Yalıtımsız durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	439.250 kWh	454.386 kWh	454.386 kWh
Yalıtımlı durumdaki net ısıtma enerjisi ihtiyacı	280.163 kWh	280.166 kWh	280.096 kWh
Tasarruf edilen enerji miktarı	-159.087 kWh	-174.220 kWh	-174.290 kWh
Tasarruf edilen yakıt miktarı	+35074,409	+38410,829	+38426,262
Tasarruf edilen yakıt miktarının bedeli	18.239 TL	19.974 TL	19.982 TL
Yalıtım maliyeti	85.100 TL	105.200 TL	112.200TL
Geri ödeme süresi	4,6	5,2	5,6

3.4. TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı ve Design Builder Simülasyon Programı ile Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

3.4.1. Boztepe Semtindeki Örnek Konutlar

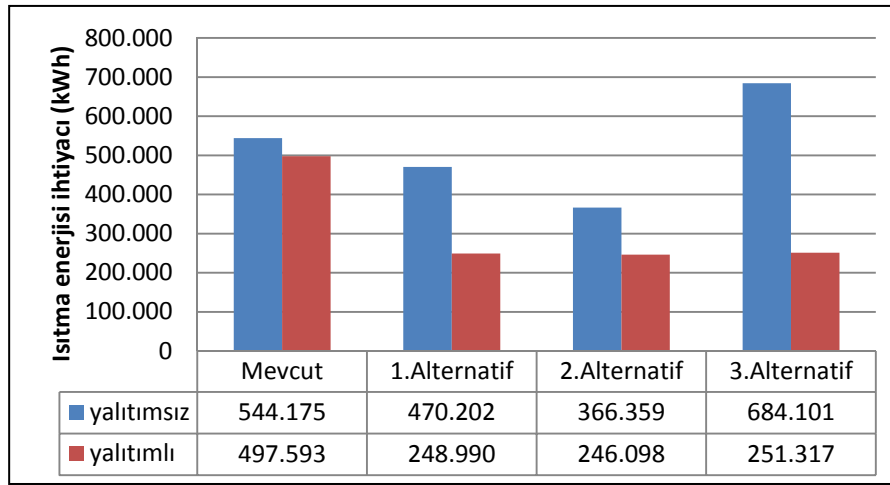
Ülkemizde yürürlükte olan TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının önerdiği 2. Derece gün bölgesinde bulunan Trabzon ilindeki konut bloklarının; mevcut ve alternatif duvar konstrüksiyonları TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programında (1.Hesap Yöntemi) U-değerleri, ısı kaybı ve kazançları, ısıtma giderlerine ait hesaplamalar yapılmış ve incelenen dört siteye göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Trabzon için geliştirilen dış duvar kabuk alternatifleri mevcut durum ile karşılaştırıldığında ortalama %39,2 ısı kayıplarında azalma olduğu hesaplanmıştır. Isı kaybının en az olduğu dış duvar alternatifi, EPS yalıtım malzemesine göre; gazbetonla oluşturulan 2.Alternatif olmuştur. Bu alternatifi tuğla ile oluşturulan 1.Alternatif ve betonarme ile oluşturulan 3.Alternatif takip etmektedir. XPS yalıtım malzemesine göre ısı kaybının en az olduğu dış duvar kabuk alternatifi; betonarme ile oluşturulan 3.alternatif olmuştur. Bu alternatifi tuğla ve gazbetonla oluşturulan alternatifler takip etmektedir. Taş yünü yalıtım malzemesine göre ısı kaybının en az olduğu bina dış duvar kabuk alternatifi; betonarme ile oluşturulan 3.Alternatif olmuştur. Bu alternatifi tuğla duvar ile oluşturulan 1.Alternatif ve gazbeton duvar ile oluşturulan 2.Alternatif takip etmektedir [Şekil 94].



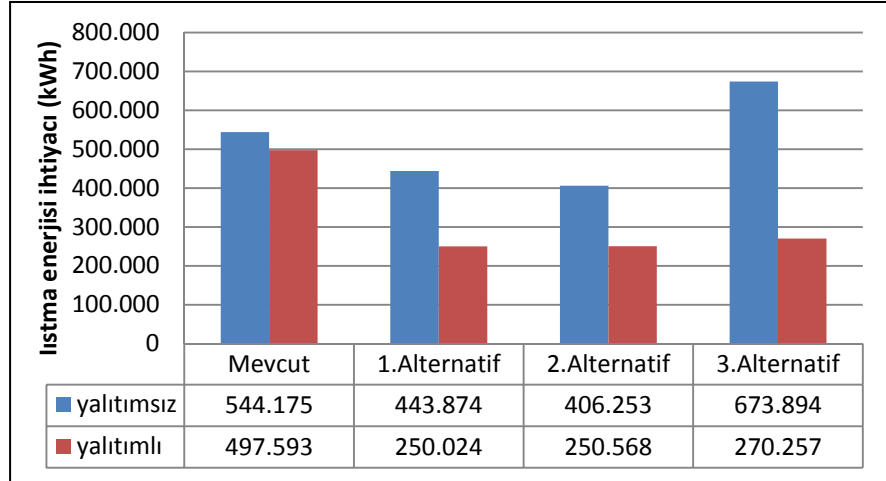
Şekil 94. Toplam ısı kayıpları

• Yapılan tüm hesaplamalarda bulunan sonuçlardan, Trabzon için geliştirilen dış duvar kabuk alternatiflerinin, kullanılan yalıtım malzemelerine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları aşağıdaki şekillerde açıklanmıştır. Şekil 95'te alternatiflerin EPS yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre %50 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerde görülmektedir.



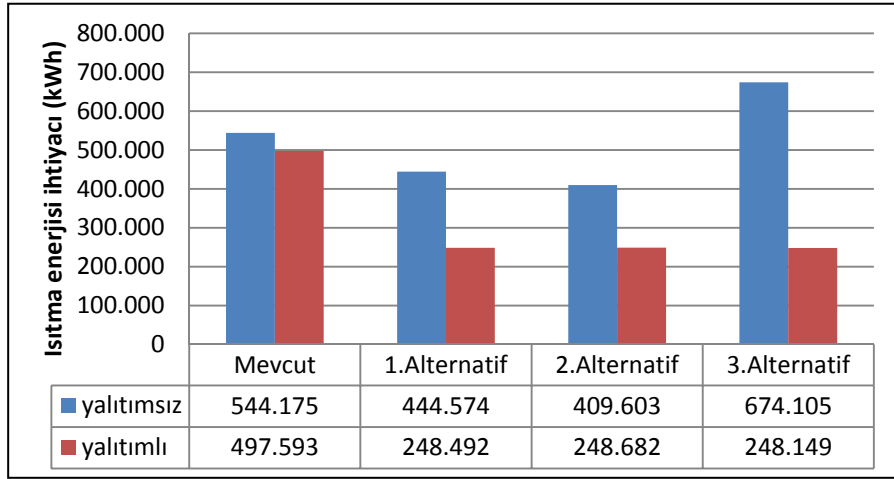
Şekil 95. EPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı

Şekil 96'da alternatiflerin XPS yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre %48,5 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerde görülmektedir.



Şekil 96. XPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı

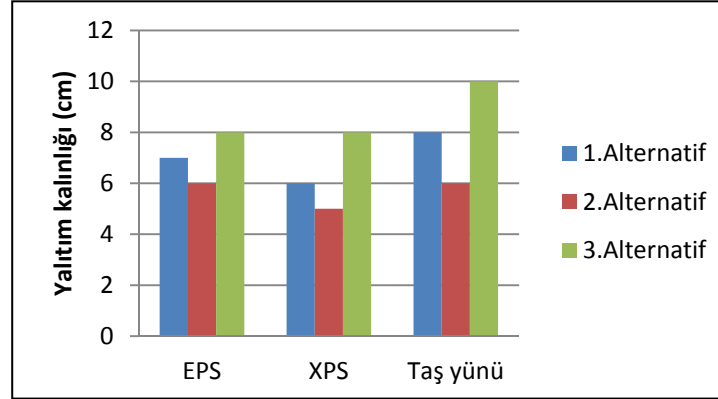
Şekil 97’de alternatiflerin taş yünü yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre %50,1 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerlerde görülmektedir.



Şekil 97. Taş yünü yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı

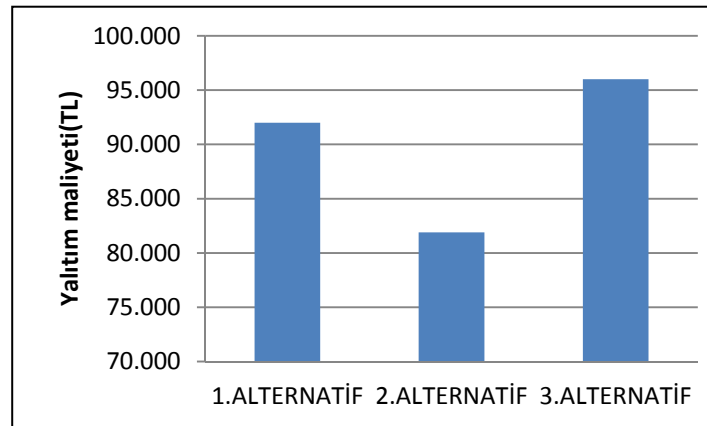
• Konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım kalınlıkları azami $Q < Q_1$ değerini sağlayacak şekilde seçilmiştir. Kullanılan EPS, XPS ve taş yünü yalıtım malzemesine göre, 2. Alternatif uygulamasında kullanılan yalıtım kalınlığı diğer çözümlere göre daha azdır [Şekil 98]. Buna göre; EPS yalıtım malzemesi 1.Alternatifte 7 cm, 2.Alternatifte 6 cm, 3.Alternatifte 8 cm, XPS yalıtım malzemesi 1.Alternatifte 6 cm, 2.Alternatifte 5 cm,

3.Alternatifte 8 cm ve taş yünü yalıtım malzemesi yaklaşık olarak 1.Alternatifte 8 cm, 2.Alternatifte 6 cm, 3.Alternatifte 10 cm olarak kullanılmıştır.



Şekil 98. Yalıtım kalınlıkları

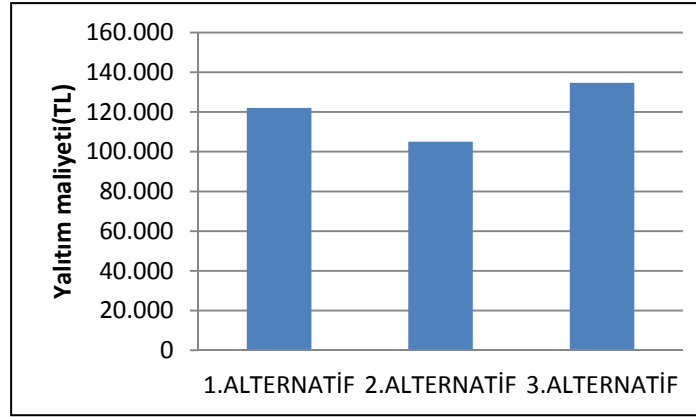
• Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan EPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyetleri birbirleri ile karşılaştırıldığında 2.Alternatif için yapılan yalıtım maliyetinin 1.Alternatife göre %10,5, 3.Alternatife göre ise %15 daha az olduğu görülmektedir [Şekil 99]. Yalıtım maliyetinde alınan değerler, hesaplamaları yapılan binaların her bir alternatif için toplam maliyetin ortalaması alınarak belirlenmiştir.



Şekil 99. EPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti

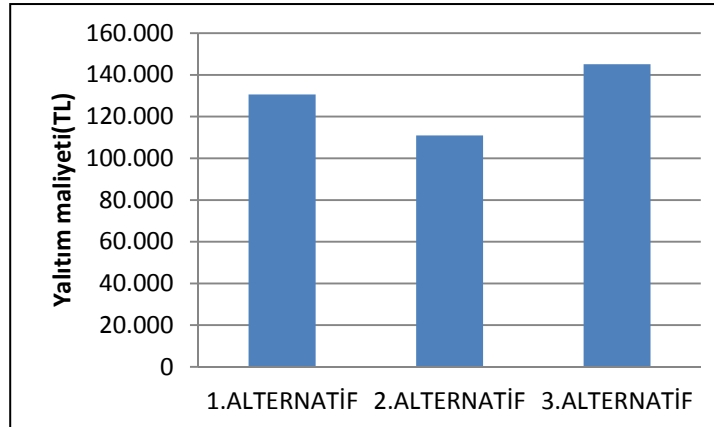
Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan XPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyetleri birbirleri ile karşılaştırıldığında 2.Alternatif için yapılan yalıtım maliyetinin

3.Alternatife göre %22, 1.Alternatife göre ise %14 daha az olduğu görülmektedir [Şekil 100].



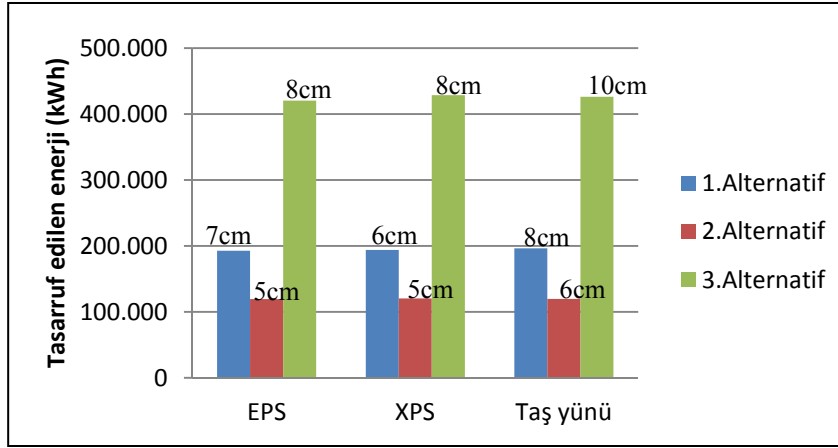
Şekil 100. XPS yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti

Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan taş yünü yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyetleri birbirleri ile karşılaştırıldığında yine 2. Alternatif için yapılan yalıtım maliyetinin 1.Alternatife göre %15, 3.Alternatife göre ise %23,4 daha az olduğu görülmektedir [Şekil 101].



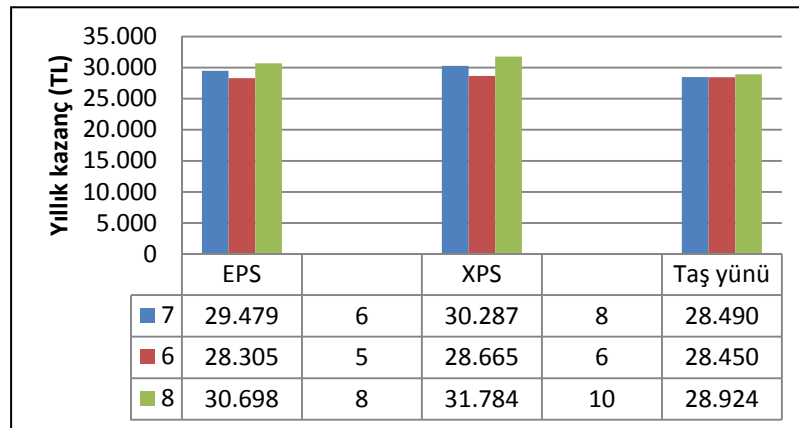
Şekil 101. Taş yünü yalıtım malzemesine göre yalıtım maliyeti

- Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım malzemelerine göre tasarruf edilen enerji miktarları yalıtımın kalınlığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Buna göre 3.Alternatifte tasarruf edilen enerji miktarı 1.Alternatife göre %54,3, 2.Alternatife göre %72 daha fazladır [Şekil 102]. Elde edilen hesaplamalar, yalıtım kalınlığındaki artışın tasarruf edilen enerji miktarı ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir.



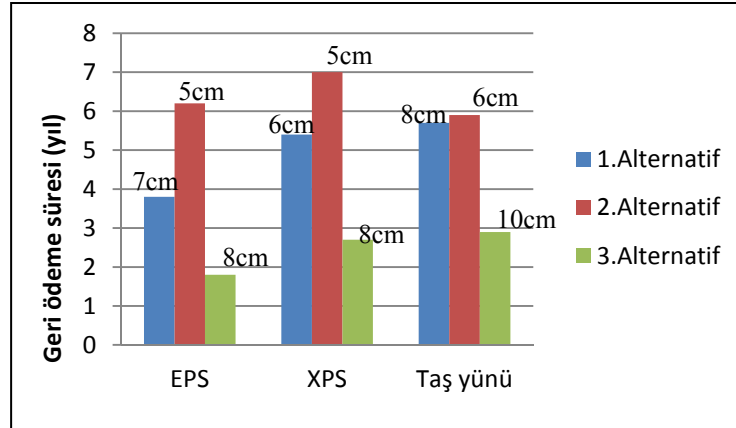
Şekil 102. Yalıtım malzemelerinin kalınlıklarına bağlı olarak tasarruf edilen enerji miktarları

• Dış duvar kabuk alternatifleri olarak oluşturulan 3 farklı duvar tipinin kullanılan yalıtım malzemesi ile kalınlığa bağlı olarak tasarruf edilen yıllık ısıtma enerjisi harcaması arasındaki ilişki aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Şekil 103'e göre yalıtım kalınlığı en az olan gazbeton duvarla oluşturulan 2.Alternatifte tasarruf edilen yıllık ısıtma enerjisi harcaması tuğla duvarla oluşturulan 1.Alternatife göre %3,5, betonarme duvarla oluşturulan 3.Alternatife göre %6,5 daha az olduğu hesaplanmıştır. Şeklin genel değerlendirmesi yapıldığında yalıtım kalınlığı arttıkça yıllık kazanç arttığı görülmektedir [Şekil 103].



Şekil 103. Alternatiflerde kullanılan yalıtım malzemesine göre tasarruf edilen yıllık enerji harcaması ile yalıtım kalınlığı ilişkisi

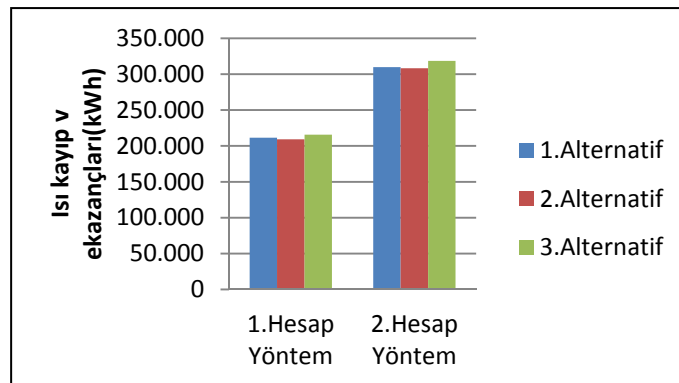
• Trabzon için geliştirilen dış duvar kabuk alternatiflerinde betonarme duvarla oluşturulan 3.Alternatifte kullanılan yalıtım malzemelerine göre yalıtım için yapılan harcamanın geri ödeme süresi daha kısadır. Gazbeton duvarla oluşturulan 2.Alternatife göre ise yalıtım harcamasının geri ödeme süresi ise daha uzundur [Şekil 104]. Geri ödeme süresi optimum yalıtım kalınlıkları ile ters yönde bir değişim göstermektedir.



Şekil 104. Geri ödeme süreleri

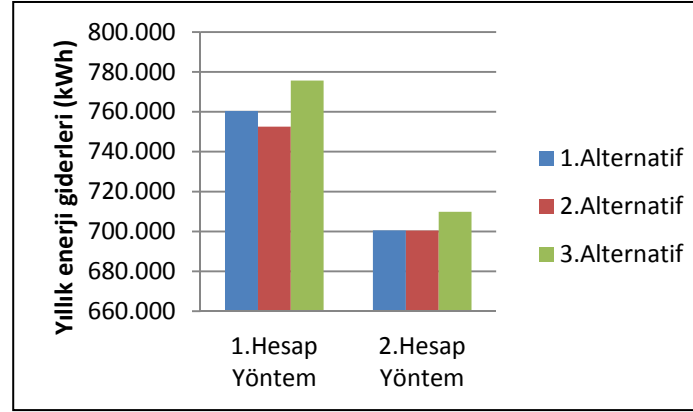
Ayrıca bu çalışmada kullanılan hesap yöntemleri arasındaki farkları irdelemek için örnek bina 4'ün değerlendirmesinde Design Builder Simülasyon programı (2.Hesap Yöntemi) kullanılarak ısı kayıp ve kazançları, ısıtma giderleri ve yalıtım maliyetlerine ait hesaplamalar yapılmış ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

• Toplam ısı kayıp ve kazançları açısından yapılan karşılaştırmada 1.Hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerin 2. Hesap yönteminde yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerden %32 daha az olduğu sonucunu vermiştir [Şekil 105].



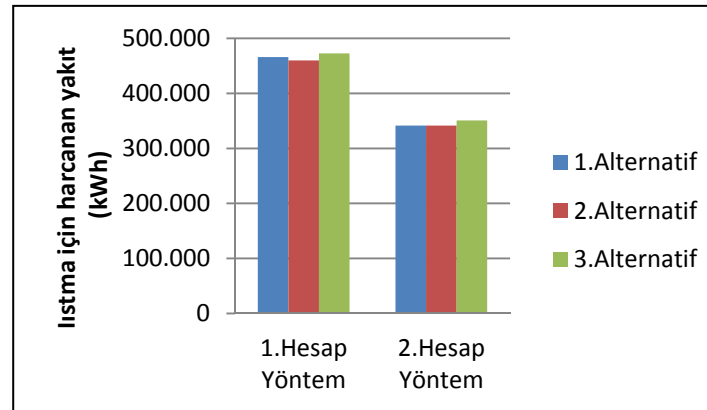
Şekil 105. 1. ve 2. Hesap yönteminde görülen toplam ısı kayıpları

- 1. Hesap yöntemi ile 2. Hesap yöntemi karşılaştırıldığında, alternatif çözümler için 1. Hesap yönteminde yıllık enerji miktarı 2. Hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerden % 8 daha fazla olduğu sonucunu vermiştir [Şekil 106].



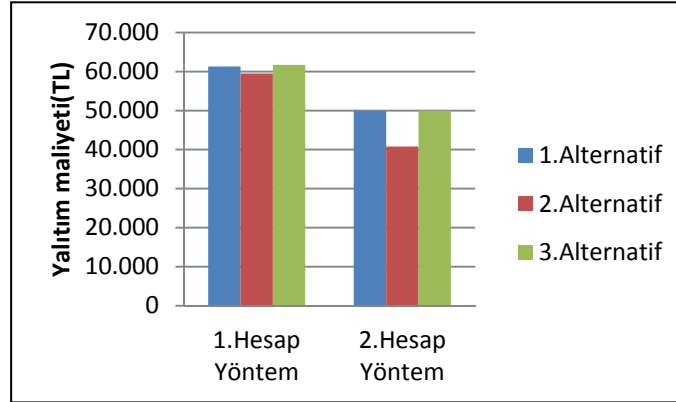
Şekil 106. 1. ve 2. Hesap yönteminde görülen yıllık enerji giderleri

- 1.Hesap yöntemi ile 2. Hesap yöntemi karşılaştırıldığında, alternatif çözümler için 1. Hesap yönteminde ısıtma için harcanan yakıt miktarı 2. Hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen değerlerden %26 daha fazla olduğu sonucunu vermiştir [Şekil 107].



Şekil 107. 1. ve 2. Hesap yönteminde ısıtma için harcanan yakıt miktarı

- 1.Hesap yöntemi ile 2. Hesap yöntemi karşılaştırıldığında, alternatif çözümler için 2. Hesap yönteminde yalıtım için yapılan harcamalar açısından tasarruf edilen miktar 1. Hesap yöntemi ile yapılan hesaplamalardan elde edilen miktardan %23 daha fazla olduğu sonucunu vermiştir [Şekil 108].

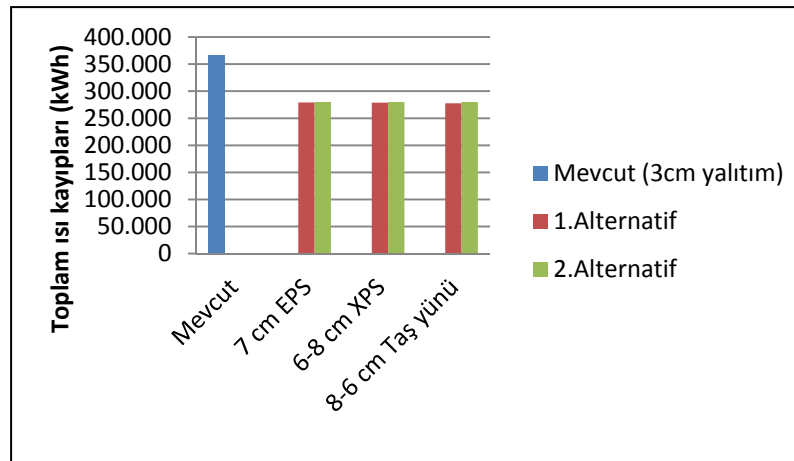


Şekil 108. 1. ve 2. Hesap yönteminde harcanan yalıtımın maliyeti

3.4.2. Bahçecik Sempti TOKİ Konutları

Trabzon ilindeki TOKİ konutlarında; mevcut ve alternatif duvar konstrüksiyonlarının TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı ile U-değerleri, ısı kayıpları, ısıtma enerjisi ihtiyaçları ısıtma giderleri, yalıtım maliyetlerine ait hesaplamaları yapılmış ve incelenen örnek bloğa göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

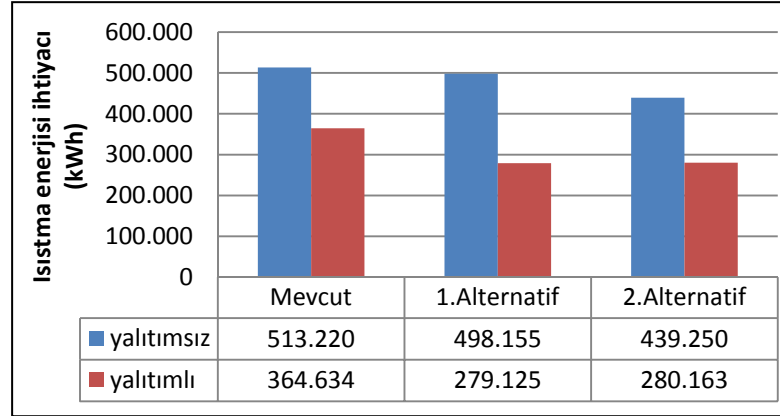
- Yapılan hesaplamalar sonucunda tuğla ve gazbeton duvarda mevcut duruma göre ısı kayıplarında ortalama %24 bir azalma hesaplanmıştır [Şekil 109].



Şekil 109. TOKİ Konutlarında mevcut ve alternatif durumda meydana gelen toplam ısı kayıpları

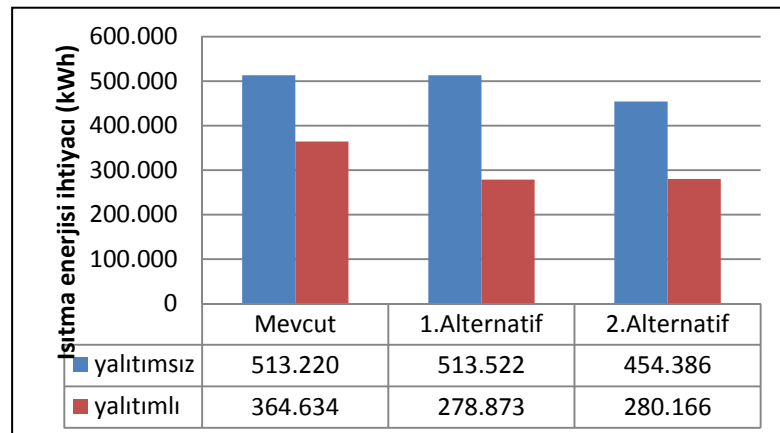
- Yapılan tüm hesaplamalarda bulunan sonuçlardan, Trabzon TOKİ konutları için geliştirilen dış duvar kabuk alternatiflerinin, kullanılan yalıtım malzemelerine göre ısıtma

enerjisi ihtiyaçları aşağıdaki tablolarla birlikte açıklanmıştır. Şekil 110'da alternatiflerin EPS yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçına göre %23,4 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerde görölmektedir.



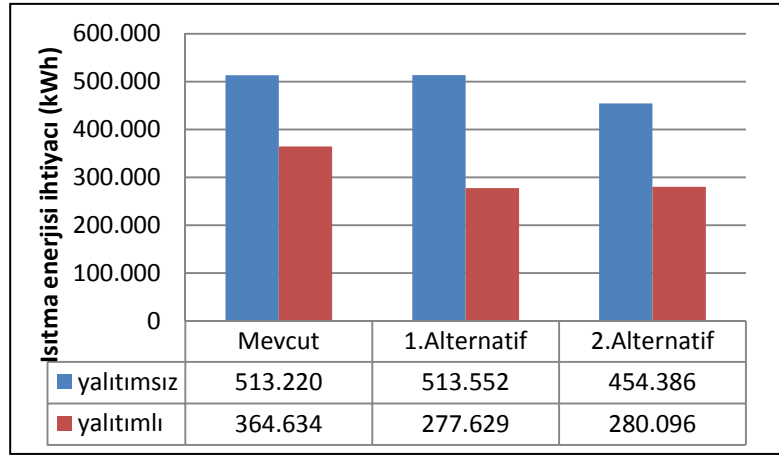
Şekil 110. TOKİ Konutlarında EPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları

Şekil 111'de alternatiflerin XPS yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçına göre %23,3 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerde görölmektedir.



Şekil 111. TOKİ Konutlarında XPS yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları

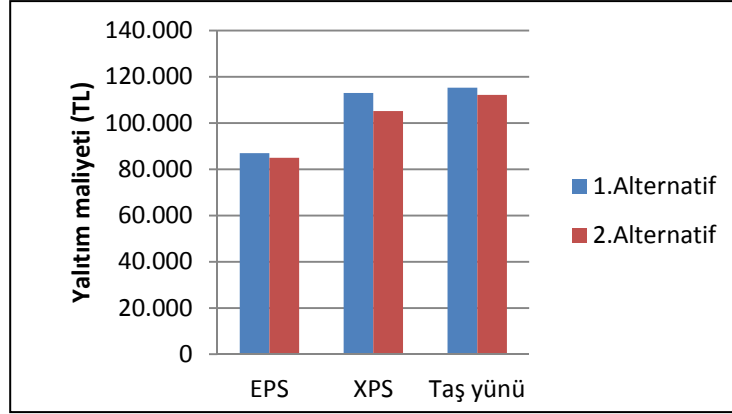
Şekil 112’de alternatiflerin taş yünü yalıtım malzemesine göre, ısıtma enerjisi ihtiyaçları mevcut durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre %23,6 daha az olduğu hesaplanmıştır. Alternatiflerin yalıtımlı durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyaçları seçilen optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak yaklaşık olarak aynı değerde görülmektedir.



Şekil 112. TOKİ Konutlarında Taş yünü yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi ihtiyaçları

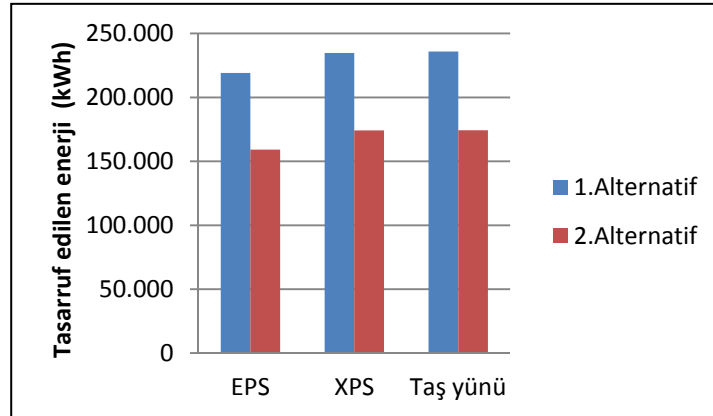
- Konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım kalınlıkları azami $Q < Q_1$ değerini sağlayacak şekilde seçilmiştir. Buna göre tuğla duvarla oluşturulan 1. ve 2. alternatifin betonarme ve taşıyıcı kısımları 7 cm EPS ile yalıtılmıştır. XPS ve taş yünü yalıtım malzemelerine göre; alternatiflerin taşıyıcı olmayan duvar kısımları 6 cm XPS, betonarme kısımları ise 8 cm XPS ile yalıtılmıştır.

- Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan tüm yalıtım malzemelerine göre en az yalıtım harcaması 2. Alternatifte olmuştur. EPS malzemesi kullanımı ile XPS malzemesine göre %21, taş yünü malzemesine göre ise %23 daha az harcama yapılmıştır [Şekil 113].



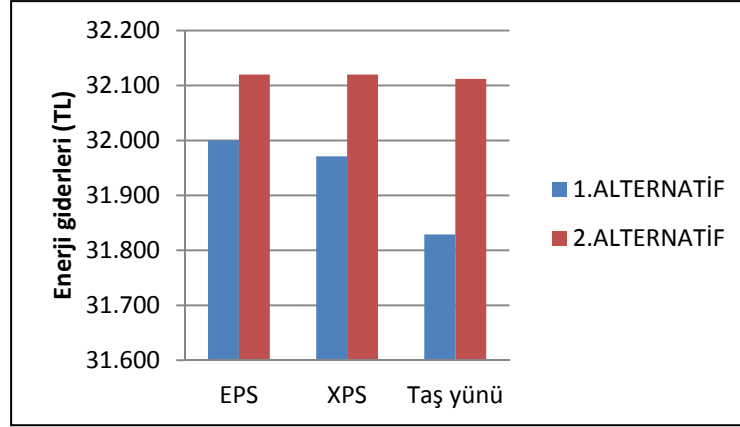
Şekil 113. TOKİ Konutlarında yalıtım maliyeti (TL)

- Tasarruf edilen enerji miktarı yalıtım kalınlığına göre değişim göstermektedir. Buna göre 1. Alternatifte kullanılan malzemelere göre tasarruf edilen ortalama enerji miktarı 2. Alternatife göre %26,2 daha fazladır [Şekil 114].



Şekil 114. TOKİ Konutlarında alternatiflerin tasarruf edilen enerji miktarları

- Alternatif konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım malzemesine göre ısıtma enerjisi giderleri birbirleri ile karşılaştırıldığında 1. Alternatifin 2. Alternatife göre %1,7 daha az ısıtma giderine sahip olduğu görülmektedir. 1. Alternatifte kullanılan yalıtımın kalınlığının artması harcanan enerji miktarını azaltmaktadır [Şekil 115].



Şekil 115. TOKİ Konutlarında alternatiflerin ısıtma enerjisi giderleri

4. İRDELEME

Bu çalışmada Trabzon ilinde son yıllarda yapılan konut blokları incelenip analiz edilmiş ve yıllık ısıtma giderlerini azaltmayı hedefleyen uygun bina kabuğunun tasarımında kullanılacak olan iki hesap yöntemi uygulanmış; sonuçlarına bağlı olarak yapı dış kabuğu tasarımında iklim bölgesine en uygun tasarımın nasıl ortaya konulacağına dair öncelikler ve parametreler saptanmıştır.

4.1. TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı ve Design Builder Simülasyon Programı ile Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi

Bu bölümde çalışmanın TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı ve Design Builder Simülasyon Programı kullanılarak elde edilen veriler irdelenmiştir. Buna göre:

- 1.Hesap yöntemine göre 3 alternatif dış duvar konstrüksiyonunda kullanılan EPS, XPS ve taş yünü yalıtım malzemelerinin optimum kalınlıkları ısıtma enerjisi ihtiyacını minimum seviyede karşılayacak şekilde seçilmiştir. Buna bağlı olarak 3 alternatifinde olması gereken ısı kayıp ve kazançları, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırıldığında ise yıllık ısıtma enerjisinde %50 gibi bir azalma ortaya çıkmıştır.

- TOKİ konutlarında mevcut durumun içten yalıtım uygulamasına alternatif çözüm olarak önerilen duvar kısımlarının tuğla ve gazbeton olması durumunda mevcut duruma göre ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi %23 azalmıştır.

- 1.Hesap yönteminde alternatif dış duvar konstrüksiyonlarında; yalıtım malzemelerinin kalınlığı arttıkça bina için gerekli ısıtma enerjisi ihtiyacının ve buna bağlı olarak da yıllık ısıtma enerjisi giderlerinin azaldığı görülmektedir.

- İki hesap yönteminde de konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım malzemelerinin kalınlıkları karşılaştırıldığında gazbetonla oluşturulan konstrüksiyon tipinde kullanılan tüm yalıtım malzemeleri için kalınlığın daha az olduğu görülmektedir. 1.Hesap yönteminde; 2.Alternatif için 6 cm EPS, 5 cm XPS, 6 cm taş yünü, 1.Alternatif için 7 cm EPS, 7 cm XPS, 8 cm taş yünü, 3. Alternatif için ise 8 cm EPS, 8 cm XPS ve 10 cm taş yünü kullanılmıştır. 2.Hesap yönteminde ise yalnızca EPS yalıtım malzemesi için değerlendirmesi yapılan konstrüksiyon tipleri için 1. Alternatif için 5 cm EPS, 2. Alternatif

için 2 cm EPS ve 3. Alternatif için ise 5 cm EPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Tuğla, gazbeton ve betonarme farklı termal kütlelere sahip oldukları için kullanılan yalıtım malzemesi kalınlıklarının da farklı olduğu görülmektedir. Özellikle gazbetonun ısı performansı yüksek olduğu için uygulamalarda yalıtım malzemesinin kalınlığının en az olduğu görülmüştür.

- 1.Hesap yönteminde alternatif dış duvar konstrüksiyonlarının oluşturulmasında kullanılan yalıtım harcamalarının geri ödeme süreleri yalıtım kalınlığı ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Buna göre yalıtım kalınlığı arttıkça geri ödeme süresi azalmakta, kalınlık azaldıkça geri ödeme süresi artmaktadır.

- 1.Hesap yönteminde konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım için yapılan harcamaların karşılaştırması yapıldığında gazbetonla oluşturulan konstrüksiyon tipinde kullanılan tüm yalıtım malzemeleri için daha az harcama yapılmıştır. Bunu sırası ile tuğla duvarla oluşturulan konstrüksiyon tipi ve betonarme duvarla oluşturulan konstrüksiyon tipi takip etmektedir. Oluşturulan alternatiflere göre yapılan tüm harcamalarda EPS yalıtım malzemesi için en az harcama yapılmıştır. En fazla harcama yapılan malzeme ise taş yünü olmuştur.

- İki hesap yönteminde, yapılan EPS yalıtım harcamaları karşılaştırıldığında ise 2. Hesap yönteminde yapılan harcamanın 1. Hesap yöntemine göre daha az olduğu görülmektedir. Bu kıyaslama yapılırken programların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları söz konusudur. 2. Hesap yöntemi binaya ait tüm ısıtma, soğutma yüklerini, elektrik harcamalarını hesaba katmaktadır. Ancak 1. Hesap yöntemi binaya ait ısıtma yüklerini hesaba katmaktadır. 2. Hesap yönteminde kullanılan hava durumu verileri ASHRAE/IWEC tarafından alınmaktadır.

- 1.Hesap yönteminde oluşturulan alternatif konstrüksiyon tiplerinde tasarruf edilen enerji ve yakıt miktarları karşılaştırıldığında 2. Alternatifin 1. ve 3. Alternatiflere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Termal kütlesi fazla olan gazbeton duvarın bütün yalıtım malzemeleri ile birlikte kullanımı her durumda tasarruf sağlamıştır. Aynı durum 2. Hesap yöntemi ile karşılaştırıldığında ise 2. Hesap yönteminde elde edilen verilere bakıldığında yapılan tasarrufların bu yöntemde daha fazla olduğu gözlenmiştir.

- Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular sonucunda Trabzon ilinde yapılan ve yapılmakta olan konut bloklarında en uygun duvar tipi ve kullanılan yalıtım malzemesini belirleyici birkaç ana unsur ortaya çıktığı görülmektedir. Bunlar;

- Hesaplamalar incelenip başlıkların değerlendirilmesi yapılırsa, duvar elemanını oluşturmak için öncelikle gazbeton ve tuğla duvarın ısının korunumu açısından en iyi çözüm olduğu düşünülmektedir.

- Aynı şekilde bu sistemlerde kullanılan yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının yapıya getirecekleri yükler açısından en uygun olduğu ve yapılan yalıtım harcamalarının da daha az olduğu görülmektedir.

- Türkiye genelinde yapılan konutlar incelendiğinde daha çok kullanılan yalıtım malzemesinin EPS ve XPS olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Özellikle EPS' nin üretiminde kullanılan gazların niteliği ve yoğunluğunun uygun değerlerde seçilmesi ile aynı şartlarda XPS malzemesine göre daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir.

- Alternatif dış duvar konstrüksiyon tiplerinde kullanılan yalıtım malzemeleri karşılaştırıldığında, malzemeler arasında en ekonomik olan malzeme EPS'dir. EPS, değişik yoğunluklarda üretilebilmesi ve yoğunluk değişimi ile teknik özelliklerinin istenilen aralıklarda değiştirilebilmesi sonucu, diğer malzemelerle aynı ısı performansını malzeme israfına sebep olmadan en ekonomik şekilde sunmaktadır [87].

- TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı kullanılarak yapılan TOKİ Konutlarına ait hesapların değerlendirilmesi yapıldığında içten yapılan yalıtım uygulamasının yeterli olmadığı görülmüştür. Taşıyıcı kısımların betonarme, duvar kısımlarının gazbeton olması durumunda dıştan yalıtım uygulaması yapılarak gerekli ısıtma enerjisinin optimum seviyeye çekildiği görülmüştür. Duvar kısımlarının gazbeton ve tuğla olması durumuna göre yalıtım kalınlığının en az olduğu alternatif olarak gazbeton duvarla oluşturulan 2. alternatif olmuştur.

Çalışmada uygulanan hesap yöntemleri sonucunda Trabzon için oluşturulan dış duvar kabuk alternatiflerini değerlendirmek için bir puan tablosu oluşturulmuştur. Puanlamada kriter olarak ısı kayıpları, ısıtma enerjisi ihtiyacı, ısıtma giderleri, yalıtım kalınlığı, yalıtım için yapılan harcamalar esas alınmıştır. Ancak alternatiflerin geri ödeme süreleri, belirtilen kriterlerin çoğu ile ters orantılı olduğu için puanlamaya katılmamıştır. Puanlamada değer aralıkları, örneklere ait verilerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Buna göre puanlamada oluşturulacak sayısal değerlendirme için yalıtım malzemelerinin bu kriterlere göre önce sayısal değerleri verilmiştir. Puanlamada, büyük değerlere az puan, küçük değere fazla puan verilmiştir. Buna göre en fazla puanı alan alternatif daha avantajlı duruma gelmiştir [Tablo 124, 125].

Tablo 124. Puanlama tablosu

Isı kayıpları		Isıtma enerjisi ihtiyacı		Isıtma giderleri		Yalıtım kalınlığı		Yalıtım harcaması	
Değer kWh	Puan	Değer kWh	Puan	Değer TL	Puan	Değer cm	Puan	Değer TL	Puan
245-246	5	246-248	5	28.000-28.500	5	5	5	80.000-90.000	5
246-247	4	248-249	4	28.500-29.000	4	6	4	91.000-100.000	4
247-248	3	249-250	3	29.000-30.000	3	7	3	101.000-110.000	3
248-249	2	250-251	2	30.000-31.000	2	8	2	111.000-120.000	2
249 - ve üzeri	1	251- ve üzeri	1	31.000- ve üzeri	1	10	1	121.000 ve üzeri	1

Tablo 125. Alternatiflerin puanlaması

Değerlendirme kriterleri	Yalıtım malzemesi	1.Alternatif	2.Alternatif	3.Alternatif
Isı kayıpları	EPS	1	4	1
	XPS	1	1	5
	Taş yünü	2	2	3
Isıtma enerjisi ihtiyacı	EPS	4	5	1
	XPS	2	2	1
	Taş yünü	4	4	4
Isıtma giderleri	EPS	3	5	2
	XPS	2	2	1
	Taş yünü	5	5	4
Yalıtım kalınlığı	EPS	3	2	2
	XPS	4	5	2
	Taş yünü	2	4	1
Yalıtım harcaması	EPS	4	5	4
	XPS	1	3	1
	Taş yünü	1	2	1
TOPLAM		38	49	32

Trabzon ili için oluşturulan dış duvar kabuk alternatiflerine göre hazırlanan puan tablosunda gaz beton duvarla oluşturulan 2. Alternatifin kullanılan bütün yalıtım malzemeleri ile birlikte yukarıda belirtilen kriterlere göre 49 puanla sıralamada 1. sırada, tuğla duvarla oluşturulan 1. alternatifin 38 puanla 2. sırada, betonarme duvarla oluşturulan 3. alternatifin 32 puanla 3. sırada yer aldığı görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, yıllık enerji harcamalarını azaltmayı hedefleyen yapı düzey dış kabuğu tasarımında karar aşamasındaki öncelikleri ve tasarım parametrelerini ortaya koyacak bir yol belirlemek ve tasarımda ısı yalıtımının olması gereken yeri ve önemini vurgulayarak enerji tasarrufu odaklı tasarımları teşvik etmek amaçlanmıştır.

Çalışmada, yapılan literatür araştırmasından sonra, verilerin elde edilmesi amacıyla kullanılan yöntemler; alan çalışmasında analizi yapılan binaların seçiminde fotoğraflarla olan saptamalar, anketlerle kullanıcıların yalıtım konusunda farkındalığının ve bilincinin ölçülmesi ve anketlerin değerlendirilmesi olmuştur. Analizi yapılan binaların yapı dış kabuklarının irdelenip değerlendirilmesi için TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı ve Design Builder simülasyon programları kullanılarak elde edilen verilerin değerlendirmesi ve karşılaştırması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar;

- 2.Derece gün bölgesinde Trabzon ili için yapılan çalışmada uygun yalıtım kalınlıkları ile yapı dış kabuğu tasarımında olabilecek avantajlar ortaya koyularak uygun konstrüksiyonda olması gerekenler saptanmıştır.
- Alternatif dış duvar kabuk alternatiflerinin avantaj ve dez avantajları ortaya konmuştur.
- Binaların yıllık enerji harcamalarına ilişkin yapılan hesaplamalarda kabuk elemanlarının ısı depolama kapasiteleri irdelenmiştir. Bu durumda değişik ısı geçirgenlik katsayısına sahip malzemelerin, farklı duvar tiplerinde bina dış kabuğunda farklı kalınlıkta kullanımı ve binaya getirecekleri yükler ve ısı depolama özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.
- Çalışmada gerçekleştirilen alternatif uygulama örneklerinde, yapı sektöründeki farklı yalıtım malzemeleri farklı kalınlıklarda ele alındığından bu çalışmada aynı zamanda yalıtım malzemelerinin de değerlendirmesi yapılmıştır. Hesap yöntemlerinde kullanılan dış duvar kabuk alternatifleri için optimum kalınlıkta yalıtım malzemesi ile oluşturulan alternatifler ile gerekli ısıtma enerjisinin sağlanmasına olanak verilmektedir.

- Ülkemizde yürürlükte olan TS 825 Isı Yalıtım Standardına göre kullanılmakta olan ısı yalıtım kalınlıklarının mevcut durumunun analizi yapıldığında yeterli olmadığı görülmektedir. Buna göre bina için gerekli ısıtma enerjisinin optimum seviyede sağlanması ve yakıt tüketiminin azaltılmasını amaçlamak için standartta belirtilen yalıtım kalınlıklarının yeniden düzenlenmesi gereklidir.
- Yalıtım sistemlerinden çift duvar arası yalıtımın düşük yoğunluklu ısı yalıtım malzemesi kullanımı ile yapılıyor olması ve kolon kirişlerde herhangi bir yalıtımın yapılmaması ısı kayıplarını arttırmaktadır. Uygulamada dıştan yalıtımla beraber uygun yalıtım kalınlıkları ve bina için gerekli ısıtma enerjisi ihtiyacı yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenerek yalıtım uygulaması yapılmalıdır.
- Mimar, mühendis ve uygulayıcılar yalıtım konusunda birbirinden bağımsız düşünmektedirler. İncelenen örneklerde, projede belirtilen yalıtımın uygulama aşamasına gelindiğinde farklı malzeme ve uygulama yapıldığı ve bunun da ısıl konforu ve ekonomik maliyeti olumsuz etkilediği görülmektedir.
- SPSS yöntemine göre ankette yer alan soruların birbirleri ile olan ilişkileri saptanarak anketin geçerliliği ve önemi ortaya konmuştur.
- İncelenen örneklerde yalıtımın kurallara uygun yapılmaması ile binalarda yaşayanların ısıl konfor koşullarından memnuniyeti arasında ilişki olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Kullanıcıların memnuniyetsizlikleri özellikle üst katlar ile zemin ve bodrum katlarında gerekli yalıtımın yapılmaması ya da eksik uygulanmış olması ile ilişkili olduğu söylenebilir.
- Anket çalışmasından çıkan sonuca göre konut kullanıcıların çoğunun yalıtımı bilmediği ve bu konuda neler yapıldığı/yapılabileceği konusunda bilgi sahibi olmadıkları görülmektedir.

5.2. Öneriler

- Tez çalışmasında Trabzon ili için önerilen dış duvar kabuk alternatifleri ve kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlıkları, yapılacak olan uygulamalarda göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmanın yapılabilmesi için TS 825 Isı Yalıtım Standardında, özellikle konutlarda enerji tasarrufunu yüksek tutan uygulamalar için bir takım değişiklikler yapılmalıdır.

- Yüksek katlı yapılar için uygun olmayan çift duvar arası yalıtım uygulamasının kaldırılması ve dıştan yalıtım uygulamasının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

- Konutlarda ısıtma için harcanan enerjinin azaltılması ve ülke ekonomisine katkı sağlanması için doğru detaylandırma, doğru malzeme seçimi ile ısı yalıtımının gerekliliği belirtilmelidir. Bunun için yapılan uygulamaların denetimlerinin yapılması şarttır.

- Dıştan yalıtım uygulamalarında standartta belirtilen sınır değer yalıtım kalınlığının artırılması ile enerji gereksiniminin azaltılması, atmosfere salınan zararlı gazların azalmasına ve uzun dönemde fosil yakıtların kullanımını azaltacaktır.

- Ülkemizin enerji verimliliği konusunda hedefleri arasında düşük enerji tüketimi en önemli amaç olmalı ve yalıtım konusunda yapılacak çalışmalar, devlet ve özel sektör tarafından desteklenmelidir.

Sonuç olarak yalıtım, küresel ısınma ile mücadelede alınacak enerji verimliliği önlemlerinden en ekonomik ve yararı en büyük olan çözümdür. Yalıtım malzemesi tasarrufu sağlayan geri ödeme süresini belirleyen en önemli bileşen olup en önemli etken yalıtım malzemelerinin kalınlıklarıdır. Farklı duvar tiplerinde farklı yalıtım malzeme ve kalınlıkları ile büyük miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Yalıtım maliyetinin yüksek olmasına karşın uzun dönemde ekonomik yarar getireceği bilinmelidir. Ayrıca ülkemizdeki uygulamalar, standartlar, kullanım ve uygulama tercihlerinin yaygınlaşması ve yalıtım kalınlığının artırılması hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Beckert J. ve Mechel F. P., Lamprecht H. O., “Gesundes Wohnen-Wechselbeziehungen Zwischen Mensch und Gebatuer Umwelt” Beton Verlag, Duesseldorf, 1987.
2. Günşar, M.,S., Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamasında İzlenmesi Gereken Esaslar, Yalıtım Dergisi, 1, 34-35.
3. Gölcü, M., Dombaycı, A.ve Abalı, S., Optimization of Insulation Thickness for External Walls Using Different Energy-Sources, Applied Energy, 83 (2006), 921-928.
4. Dombaycı, Ö. A., The Environmental Impact of Optimum Insulation Thickness for External Walls of Buildings, 42 (2007), 3855-3859.
5. Yıldız, A., Konut Dış Duvarlarında Isı Yalıtımı Sürekliliğinin Sağlanması Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.
6. Ok, V., İklimsel Karaktere Bağlı Olarak Optimum Performans Gösteren Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesinde Geliştirilen Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1985.
7. Oral, K., G., Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri Olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1991.
8. Oral, K., G., Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı Araştırma raporu, İTÜ, İstanbul,1995.
9. Manioğlu, G., Isıtmada Enerji Ekonomisi Ve Yaşam Dönem Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
10. Gönül, A., İ., Zeminle Temas Eden Yapı Kabuğu İçin Ekonomik Isıl Yalıtım Kalınlığının Seçilmesinde Kullanılabilecek Bir Model, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.
11. Dilmaç, Ş., ve Eğrican, N., Binalarda Isı Konforu Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Malzeme Seçiminin Etkisi, Energy with All Aspects in 21st. Century Symposium, 1994, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 674-682.
12. Yolaçan, D., Yıllık Harcamalarının Azaltılmasını Hedefleyen Bina Dış Kabuğu Alternatiflerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.

13. Ünalın, H., Gökaltun, E., ve Uğurbilek, R., Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması ve Bir İyileştirme Projesi Örneği, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 2007, İzmir, Bildiriler Kitabı: 401-410.
14. Altun, M.,C., Buhar Difüzyonunun Dış Duvarların Nem İle İlgili ve Isıl Performansına Etkilerinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir yaklaşıım, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
15. Özel, M. ve Pıhtılı, K., Determination of Optimum Insulation Thickness by Using Heating and Cooling Degree-Day Values, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 26 (2008), 191-197.
16. Akıncıtürk N. ve Erbil, Y., Bursa'da Bir Toplu Konut Örneğinin TS 825 Standardı'na Göre İrdelenip İyileştirme Modeli Önerilmesi, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, 2003, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 41-47.
17. Koçu, N. ve Korkmaz, Ş.,Z., Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 74 (2007), 14-20 .
18. Karagözlü, A., B., Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
19. Bedir, M., Konut Yapılarında Enerji Performansının Yükseltilmesine Yönelik Tasarım Aşamasında Energy 10 Programının Kullanılması ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
20. Soyal, S., Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.
21. Hasan, A., Optimizing Insulation Thickness for Buildings Using Life Cycle Cost, Applied Energy, 63 (1999), 115-124.
22. Çomaklı, K. ve Yüksel, B., Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 23 (2003), 473-479.
23. Mohsen, M.,S. ve Akash, B.,A., Some Prospects of Energy Savings in Buildings, Energy Conversion Management, 42 (2001), 1307-1315.
24. Gustafsson, S., Optimisation of Insulation Measures on Existing Buildings, Energy and Buildings, 33 (2000), 49-55.
25. Aksoy, T. ve İnallı, M., Bina Kabuğundaki Yalıtım Uygulamalarının Isıtma Enerjisine Etkisinin Sayısal Analizi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 76 (2003), 34-39.

26. Aytaç, A. ve Aksoy, U. T., Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi, Gazi Üniversitesi, Müh.-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21 (2006), 753-758.
27. Bekar, M., Computer Aided Selection of External Walls For Thermal and Economic Efficiency, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1990.
28. Baysal, B., The Economic Analysis of Thermal Performance of Buildings, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996.
29. Bakos, G. C., Spirou, A. ve Tsagas, N. F., Energy Management Method For Fuel Saving in Central Heating Installations, Energy and Building, 29 (1999), 135-139.
30. Büyükyıldız, S., Konutlarda Yıllık Enerji İhtiyacının Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
31. Anon., ASHRAE Standart 55-81, Thermal Comfort Conditions For Human Occupancy, American Society of Heating Refrigerating and Air Contioning Engineers, Atlanta, 1981.
32. Berköz, E., User Requirements as a Group of National Climatisation Parameters, CIB 7. Kongresi, 1987, Edinburgh.
33. Yılmaz, Z., Kullanıcı Konforu ve Enerji Tasarrufu Açısından Binaların Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi, Doğa Bilim Dergisi, (1989), 105-106.
34. Selamet, S., Tüm Bina Kabuğundan Kaybedilen Isı Miktarının Bina Formuna Bağlı Olarak İrdelenmesi İçin Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., İstanbul, 1995.
35. Ekinci C. E. ve Eminel E., Kalitesiz Yalıtım Uygulamalarının Maliyeti, 1. Isı-Ses ve Su Yalıtımı Sempozyumu, 1995, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 112-124
36. Gürdal, E., Isı İletkenlik Katsayısının Malzeme Özellikleri İle İlişkisi, Yapı Dergisi, 80 (1988), 44-46.
37. Küçükçalı R., Yapılarda Enerji Ekonomisine Bütünsel Bakış, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, 26 (2003), 12-13.
38. Dağsöz, A., K., Enerji Tasarrufu Önerileri, İzocam Yayınları, İstanbul, 2001.
39. Canan, F., Bakır, İ., Enerji Etkin Bina Tasarımı, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, 2003, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 69-75.
40. Toydemir, N. ve Gürdal, E., Tanaçan, L., Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul, 2000.

41. Yücesoy, L., Temeller, Duvarlar, Döşemeler, Yapı Endüstri Merkez Yayınları, İstanbul, 2000.
42. Şenkal, F., Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Müh.-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10 (2005), 2.
43. Cihan M.,T., Şenkal, F. ve Dilmaç, Ş., Ülkemizdeki Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Betonarme Kirişlerin Oluşturduğu Isı Köprülerinin Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2 (2005), 10.
44. Alamut, Ö., ve Dilmaç, Ş., Çift Duvar arası Isı Yalıtım Uygulamaları ve Çözüm Önerileri, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 2004, İstanbul.
45. Brown W.C. and Ruberg K., National Research Council of Canada, Building Science Insight, Window Performance Factors, Canada, 2001.
46. Kulaksızoğlu Z., Isı Yalıtım Sektör Araştırması, Eylül,2006 .
47. A. M. Papadopoulos, State Of The Art in Thermal Insulation Materials and Aims For Future Developments, Energy and Buildings, (2005), 77-78.
48. www.isiyalitiminiz.com/isiyalitimi/zemin.28.07.2009.
49. www.yapi_insaat.com/yalitim.04.09.2008.
50. Dağsöz A. K., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi, Emre Matbaacılık, İstanbul, 1991.
51. www.kingspan.com.10.04.2007
52. Thermal insulation materials, technical characteristics and selection criteria. fao.org/docrep/006/y5013e/y5013e08.htm.10.03.2009.
53. Köse, B., Isıkan, O.ve İnan, A.,T., Isı Yalıtım Uygulamalarının Üç Bölge İçin Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3 (2006),1-9.
54. Özkan E., Tavil A. ve Şahal N., Mevcut Konutlarda Yapı Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenerek Geliştirilmesi, Yalıtım Dergisi, (1997), 24-29.
55. İzoder Araştırma Raporu, İstanbul, 2005.
56. Özkan E., Hücreli Polimer Isı Yalıtımları ve Yaşlanma Sempozyumu, Bildiriler, Isı ve Su Yalıtımında Yenilikler, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, 1994.

57. Altun C., Mevcut Konutların Dış Duvar Opak Bileşenlerinin Enerji Etkin Yenilenmesinde Kullanılabilecek Uygulama Yöntemleri, Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı Semineri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Geliştirme Daire Başkanlığı, 1997, İstanbul.
58. Oymael S., Yapılarda Isı Yalıtımı Sorunları ve Çözüm Yolları, Yalıtım Dergisi 5 (1997), 41-45.
59. Ertaş K., Isı Yalıtım Malzemeleri ve Isı Yalıtım Esasları, İzolasyon Dünyası Dergisi, 33 (2005), 18-23
60. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına Ait Revizyon Standart Taslağı, Ankara, 2008.
61. Buyruk B. H., Binalarda Isı Yalıtım Kurallarında Yapılan Son Yenilikler, İzolasyon Dünyası Dergisi, 18 (1999), 17-21.
62. Onan, C. ve Erdem, S., TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardındaki Değişikliklerin Analizi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, 109 (2009), 51-57.
63. www.mmoistanbul2.org/isi_yalitim/ts825_yenilikler_.24.09.2009
64. Özdemir M., TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve Son Gelişmeler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2005.
65. Ertaş K., TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Metodunun Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Uygulanması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 7 (2000), 53-64.
66. Arınç Ü. D., Isı Yalıtım Projelerinin Hazırlanmasında ve Denetlenmesinde İzlenmesi Gereken Esaslar, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, Şubat, 1997, İstanbul.
67. www.eurima.org.2007.
68. Resmi Gazete.Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (22354 Sayılı Mükerrer), 15 Temmuz 1995.
69. TÜBİTAK, Enerji Ve Doğal Kaynaklar Raporu, Vizyon 2005 Teknoloji Öngörü Projesi, Ankara, 2005.
70. <http://ekutup.dpt.gov.tr/cevre/eylempla/ekincie/havakirl.html>.12.04.2008.
71. Ekinci C. E., Isı Yalıtım İle Ulusal Ekonomi ve Çevre Korunumu, Yalıtım Dergisi, 6 (1997), 30-35.

72. Işık K., Yeni Avrupa Normu EN 832'ye Göre Isı Yalıtım ile Hava Kirliliğini Önleme ve Enerji Tasarrufu Bilgisayar Destekli Çözüm Programı, ENERBED, 1. Isı-Ses- Su Yalıtım Sempozyumu, 1995, Aralık.
73. İzocam Tic. San. A.Ş., Ülkemizdeki Eksik Bina İzolasyonunun Şehirlerimizin Hava Kirliliği ve Ülke Ekonomisi Üzerine Etkileri, İstanbul, 1990.
74. Beyazıtı, T., 1996. Yapılarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu ve Çevre Koruma, Yalıtım Dergisi, 3(1996), 48-49.
75. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2001 Yılına Ait, İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, Ankara, 2001.
76. Dilmaç Ş., 2000. Binalarda Enerji Verimliliğinde Ülkemizdeki Durum ve TS 825'in Katkısı, Yalıtım Dergisi, (2000), 26-31.
77. www.basbakanlik.gov.tr/docs/kkgm/kanuntasarilari.29.02.2009.
78. www.eie.gov.tr.10.09.2007
79. www.resmi-gazete.org/tarih/20100401-5.htm.09.10.2010.
80. www.cindil.net.14.10.2008.
81. TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı Kullanım Kılavuzu, 2009.
82. Yılmaz, Y., Farklı İklim Bölgelerinde Bir İlköğretim Tip Projesinin Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
83. www.gislab.ktu.edu.tr/yayinlar/tez_selcuk/21yapilan1.pdf.22.05.2010.
84. Baş, T., Anket, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.
85. Ardel, A., Trabzon ve Civarının Morfolojisi Üzerine Gözlemler, Türk Coğrafya Dergisi, 1(1943), Ankara.
86. Ellingham I., Fawcett W., New Generation Whole, Life Costing, Taylor&Francis Group, New York, 2006.
87. Dilmaç, Ş., Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırması, Polistiren Üreticileri Derneği, İstanbul, 2007.

7. EKLER

EK 1. Konutlarda Isısal Konfor Koşulları İle İlgili Anket Çalışması

KULLANICI PROFİLİ

İl/ Semt		
Cinsiyet		Bay <input type="checkbox"/> Bayan <input type="checkbox"/>
Yaşınız		
Eğitim Durumu	Okuma yazma bilmeyen	<input type="checkbox"/>
	Okuryazar	<input type="checkbox"/>
	İlköğretim	<input type="checkbox"/>
	Lise	<input type="checkbox"/>
	Üniversite	<input type="checkbox"/>
	Yüksek Lisans	<input type="checkbox"/>
	Doktora ve üzeri	<input type="checkbox"/>
Mesleğiniz		
Çalışıyor/Çalışmıyor/Emekli		
Siz dâhil konutta yaşayan kişi sayısı		
Daha önce oturduğunuz İl / Semt		İl:...../ Semt:.....
Daha önce oturduğu ev tipi		Apartan Mustakil, vb.
Buraya taşınmadan önce oturduğunuz evin ısıtma şekli		Merkezi <input type="checkbox"/> Sobalı <input type="checkbox"/> Kat kaloriferi <input type="checkbox"/>

1.GENEL BİLGİLER

1. Mülkiyet durumunuz nedir?

Ev sahibi	Kiracı

2. Kaç yıldır bu konutta oturuyorsunuz?

.....

3. Yaşadığınız siteyi seçmenizdeki beş nedeni önem derecesine göre en önemliden başlayarak 1,2,3,4,5 şeklinde sıralayınız?

Konutun ihtiyaçları karşılayacak fonksiyonda ve büyükte oluşu	
Sitede açık ve yeşil alanların oluşu	
Yapı yoğunluğunun düşük oluşu	
Nüfus yoğunluğunun düşük oluşu	
Sitede can ve mal güvenliğinin sağlanmış oluşu	

Akraba ve arkadaşlara yakın oluşu	
İş yerine yakın oluşu	
Şehir merkezine yakın oluşu	
Ana ulaşım ağlarına yakın oluşu	
Sosyal statüsü yüksek oluşu	
Sitede çeşitli sosyal etkinliklerin oluşu	
Yatırım için uygun oluşu	

4. Siz kaçınca katta oturuyorsunuz?

.....

5. Konutunuzu hangi mevsimlerde kullanıyorsunuz?

Yaz	Kış	İlkbahar	Sonbahar	Sürekli

6. Konutunuz hangi yön ve/veya yönlere bakıyor? (Yeterli yanıt alınmadığından değerlendirilmede yer almamıştır.)

Yönler	
Kuzey	
Güney	
Doğu	
Batı	
Kuzey-doğu	
Kuzey-batı	
Güney-doğu	
Güney-batı	

7. Konutunuzda mekanlar hangi yöne bakıyor?(Yeterli yanıt alınmadığından değerlendirilmede yer almamıştır.)

Yönler	Gündüz mekanları			Gece mekanları		Diğer
	Salon	Oturma Od.	Mutfak	Çocuk Od.	Yatak Od.	
Kuzey						
Güney						
Doğu						
Batı						
Kuzey-doğu						
Kuzey-batı						
Güney-doğu						
Güney-batı						

8. Evinizin bütün odaları güneş alıyor mu?

Evet	
Hayır	
Kısmen	

9. Evinizin ısısı sizin için yeterli mi?

Evet	
Hayır	
Kısmen	

Cevabınız hayır veya kısmen ise nedenini yazınız

.....

10. Konutunuzda küflenme ve/veya terleme var mı?

	küflenme	terleme
Evet		
Hayır		

11. Aşağıda duvarlarında küflenme, terleme görülen mekanları işaretleyiniz.

Mekanlar	Küflenme	Terleme
Mutfak		
Salon		
Oturma odası		
Yatak odası		
Ç.Odası		
Banyo		
Diğer		

2. ISIL KONFOR HAKKINDA GENEL DEĞELENDİRME

12. Apartmanınızın ısıtma sisteminden memnun musunuz?

Memnun Değilim	Az Memnunum	Orta Derecede Memnunum	Çoğunlukla Memnunum	Memnunum

13. Ek ısıtma araçları kullanıyor musunuz?

Evet	
Hayır	

Cevabınız **Evet** ise bu araçları hangi dönemlerde kullanıyorsunuz?

Mevsimsel Geçiş dönemlerinde (sonbahar-ilkbahar)	
Her zaman(sonbahar-kış-ilkbahar)	
Akşam saatlerinde	
Sabah saatlerinde	
Hava mevsim normallerinden daha soğuk olduğunda	

14. Isıtma işleminin hangi saatlerde yapılması sizin için daha uygundur?

Sabah	
Öğle	
Akşam	
Gece	

15. Yaz ve kış aylarında iç ortam sıcaklığından memnun musunuz?

	Memnun Değilim	Az Memnunum	Orta Derecede Memnunum	Çoğunlukla Memnunum	Memnunum
Sonbahar					
Kış					
İlkbahar					
Yaz					

15.a. Çatı katında oturuyorsanız yaz ve kış aylarında iç ortam sıcaklığından memnun musunuz?

	Memnun Değilim	Az Memnunum	Orta Derecede Memnunum	Çoğunlukla Memnunum	Memnunum
Sonbahar					
Kış					
İlkbahar					
Yaz					

16. Isınma için harcadığınız para için ne söyleyebilirsiniz?

Az veriyorum, ısınmıyorum.	
Az veriyorum çok ısınıyorum.	
Az veriyorum orta derecede ısınıyorum.	
Çok veriyorum, hiç ısınmıyorum.	
Çok veriyorum çok ısınıyorum.	
Çok veriyorum orta derecede ısınıyorum.	

17. Aşağıdaki mekanları en sıcaktan soğuğa doğru derecelendirerek 1,2,3 şeklinde numaralandırınız.

Mekanlar	
Mutfak	
Salon	
Oturma odası	
Yatak odası	
Ç.Odası	
Banyo	
Diğer	

18. Konutunuzun dış duvarlarında gece ısı korunuyor mu?

Isı korunmuyor	
Isı korunuyor	
Kısmen korunuyor	

19. Konutunuzda peteklerin önü her mekanda açık mı, kapalı mı?

Mekanlar	Açık	Kapalı
Mutfak		

Salon		
Oturma odası		
Yatak odası		
Ç.Odası		
Giriş holü/ gece holü		
Diğer		

20. Konutunuzun kalorifer petek boyutlarından memnun musunuz?

Memnun Değilim	Az Memnunum	Orta Derecede Memnunum	Çoğunlukla Memnunum	Memnunum

21. Konutunuzun petek boyutlarında değişiklik yapmayı düşünüyor musunuz?

Evet	
Hayır	
Kısmen	

Cevabınız **Evet** ise petek boyutlarında değişiklik yaptığınız/yapmayı düşündüğünüz mekanlar nelerdir?

Mekanlar	Yaptığım	Yapmayı düşündüğüm
Mutfak		
Salon		
Oturma odası		
Yatak odası		
Ç.Odası		
Banyo		
Giriş holü/ gece holü		
Diğer		

22. Konutunuzda yaşamaya başlamadan önce konutun ısı yalıtım özelliklerini araştırdınız mı?

Evet	
Hayır	

23. Konutunuzda ek ısı yalıtımı yaptınız mı/yapmayı düşünüyor musunuz?

Evet, yaptım	
Hayır, yapmadım	
Yapmayı düşünüyorum	
Yapmayı düşünmüyorum	

Cevabınız **Evet** ise nerelerde ısı yalıtımı yaptınız/yapmayı düşünüyorsunuz?

Duvarlarda	Yaptığım	Yapmayı düşündüğüm
Duvar-pencere birleşimlerinde		
Pencere kanatlarında		
Balkon kapısında		
Sokak kapısında		

3. ISIL KONFOR HAKKINDA GENEL GÖRÜŞLER

24. Konutlarda yapılan ısı yalıtımın aşağıdaki kavramlarla ilişkisini önem derecesine göre 1,2,3,4,5 şeklinde numaralandırınız.

Enerji tasarrufu	
Maliyet	
Isıl konfor	
Hava kirliliği	
Yakıt tüketimi	

25. Hangi ısı yalıtım malzemelerini biliyorsunuz?

.....

26. Isı yalıtımı nerelerde yapılabilir?

Dış duvar	
İç duvar	
Pencere	
Çatı	
Kapı	
Döşeme	

27. Konutunuzda bulunmasını istediğiniz yalıtım türlerini önem derecesine göre 1,2,3,4 şeklinde numaralandırınız.

Isı yalıtımı	
Su yalıtımı	
Ses yalıtımı	
Yangın yalıtımı	

28. Kendinizi konutunuzda *ısıl konfor açısından* memnun hissediyor musunuz?

Memnun Değilim	Az Memnunum	Orta Derecede Memnunum	Çoğunlukla Memnunum	Memnunum

4. Binanın Genel Isıtma Sistemi ile İlgili Olarak Apartman Yöneticisi ile Yapılan Anket Çalışması

1. Apartmanınızın ısıtma sistemi nedir?

Sobalı	
Merkezi ısıtma sistemi	
Kat kaloriferi	
Doğal gaz	

2. Apartmanınızda kullanılan yakıt türü nedir?

Doğal gaz	
Fuel-oil	
Linyit kömürü	
Kok ve maden kömürü	

3. Kaloriferleriniz günde kaç kez yanıyor?

Aylar	Günde 1 defa	Günde 2 defa	Günde 3 defa	Günde 4 defa
Kasım				
Aralık				
Ocak				
Şubat				
Mart				
Nisan				

4. Isıtma işlemi hangi saatlerde yapılıyor?(Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz?)

Sabah 5.00	
Öğle 11.00	
Akşam 17.00	
Gece 22.00	
Diğer	

EK 2. TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programında Örnek Bina 1'e Ait Çizelgeler

TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programında Örnek Bina 1'e ait Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi, Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi ve binanın dış duvar konstrüksiyonuna ait yoğuşma grafikleri EK 2'de verilmiştir.

IZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Ayar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerji İhtiyacı
	Degül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = \rho_v \cdot H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K/°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	\dot{q}_i (W)	\dot{q}_s (W)	$\dot{q}_i + \dot{q}_s + \dot{q}_g$ (W)			
GENL		10,1	114.760	20.000	897	20.897	0,29	0,98	222.106
GENB		14,6	104.098		1.164	20.604	0,29	0,97	194.485
GENC		11,7	83.421		1.502	20.302	0,36	0,94	142.266
GEND		5,2	44.208		1.738	20.538	0,65	0,77	50.602,7
GENE		1,0	7.130		2.125	20.925	4,34	0,05	0
GENF	1.130,00	6,0	0		2.260	21.260	0,00	0,00	0
GENG		0,0	0		2.191	20.991	0,00	0,00	0
GENH		0,0	0		1.996	20.796	0,00	0,00	0
GENI		0,0	0		1.580	20.380	0,00	0,00	0
GENJ		4,0	34.937		1.196	20.696	0,05	0,09	36.808,9
GENK		10,5	74.855		657	20.657	0,40	0,97	129.079,1
GENL		15,2	108.376		777	20.777	0,27	0,98	206.780,1

$Q_{gen} = \sum (H_i - H_e) \cdot \eta_i (\dot{q}_{i,gen} + \dot{q}_{s,gen}) [1/\eta_i]$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$ $Q_{gen} = \sum Q_{gen} = 608.842,4$
 Toplam ısı kaybı $Q_{yit} = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 678.642.490 \text{ (kJ)} = 272.053 \text{ kWh}$
 İç ısı kazancı $\dot{q}_{i,gen} = 5 \cdot A_{i,gen} \text{ (W)}$
 Güneş enerjisi kazancı $\dot{q}_{s,gen} = \sum U_{s,gen} \cdot g_{s,gen} \cdot A_{s,gen} \cdot A$
 Kazanç kayıp oranı $KKO_{gen} = (\dot{q}_{i,gen} + \dot{q}_{s,gen}) / H(\theta_{i,gen} - \theta_{e,gen})$
 Kazanç kullanım faktörü $\eta_{kull} = 1 - 0,1 \cdot KKO_{gen}$
 $A_{i,gen} = 1.885,04 \text{ m}^2$
 $A_{s,gen} = 18008 \text{ m}^2$

Hesaplama yapılan binadaki ısıtma hacmi: Isıtılan hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi
 $Q_{iht} = Q_{yit} \cdot V_{bin} = 15,11 \text{ kWh/m}^3$ $A_{i,gen} = 0,32 \cdot V_{bin} = 1.790 \text{ m}^2$
 $\eta_{kull} = 0,22$ oranı 2 katına için EK A.2'den alınan $Q = 22 \cdot A_{i,gen} \cdot V + 7,8$ formülünde
 ısıtma enerjisi olduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q = 15,12 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.

Bu çizelge (10,11-10,12) sütunlarından bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı çıkarılarak en büyük değeri göstermektedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

İZODER ISI İHTİYAÇ KİMLİK BİLDİRİSİ 09.08.2017

Kısa Adı	Y		
Yapı Türü	Y		
Yapı Yılı			
Yapı Alanı		Konutlar	
Yapı ve Enerji Numarası		Doğalgaz	
Yapı Adı/B		TRASZONMERKEZ	
Yapı Sahibi		Köle ve Maden Kurumu	

		Müşade edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
1000.04	m ²	Q' = 15,1	Q' = 15,11
1000	m ²	Q' =	Q' =
0.32	m ³	Q' =	Q' =
0.70	m ³	Q' =	Q' =

Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg.m⁻³]

$Q_{\text{Yakıt}} = Q' / (\text{Yakıt kalitesi değeri} \times \text{Sistem verimi})$ (Köle [kg.m⁻³]) = 59.982.47 kg/yıl

Bu hesaplama sadece bilgilendirme amaçlıdır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır.

Bu hesaplama sadece bilgilendirme amaçlıdır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır.

Binanın Enerji Verimliliği İndeksi

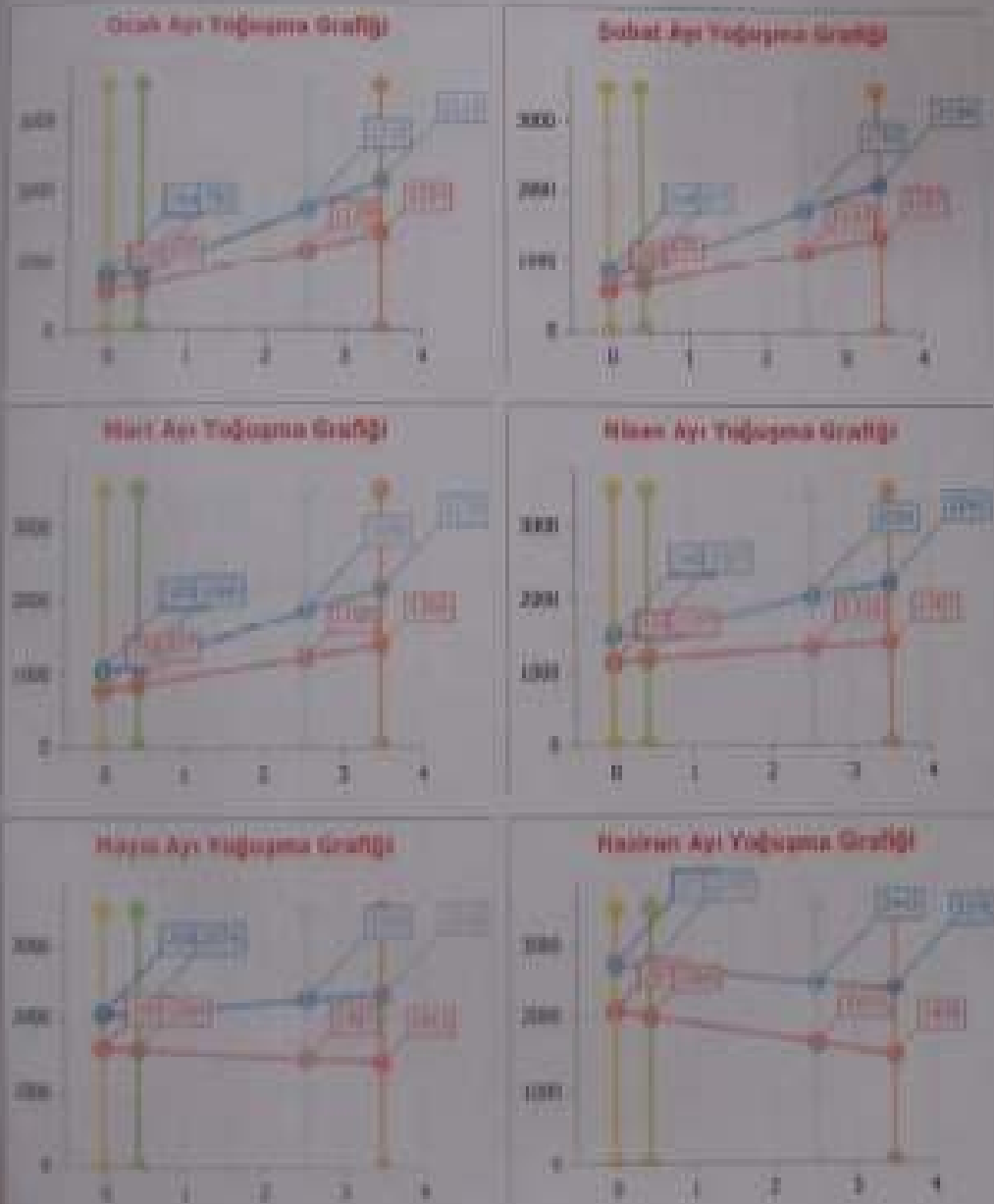
<input type="checkbox"/> C Tipi Bina	<input type="checkbox"/> B Tipi Bina	<input type="checkbox"/> A Tipi Bina
Normal Verimli Bina	Enerji Verimli Bina	Super Enerji Verimli

Bu hesaplama sadece bilgilendirme amaçlıdır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır. Enerji Tüzel Kurumları tarafından belirlenen standartlara göre yapılmıştır.

Bilanço		Onay
Ad Soyad, Unvan	Ad Soyad, Unvan	
İmza	İmza	

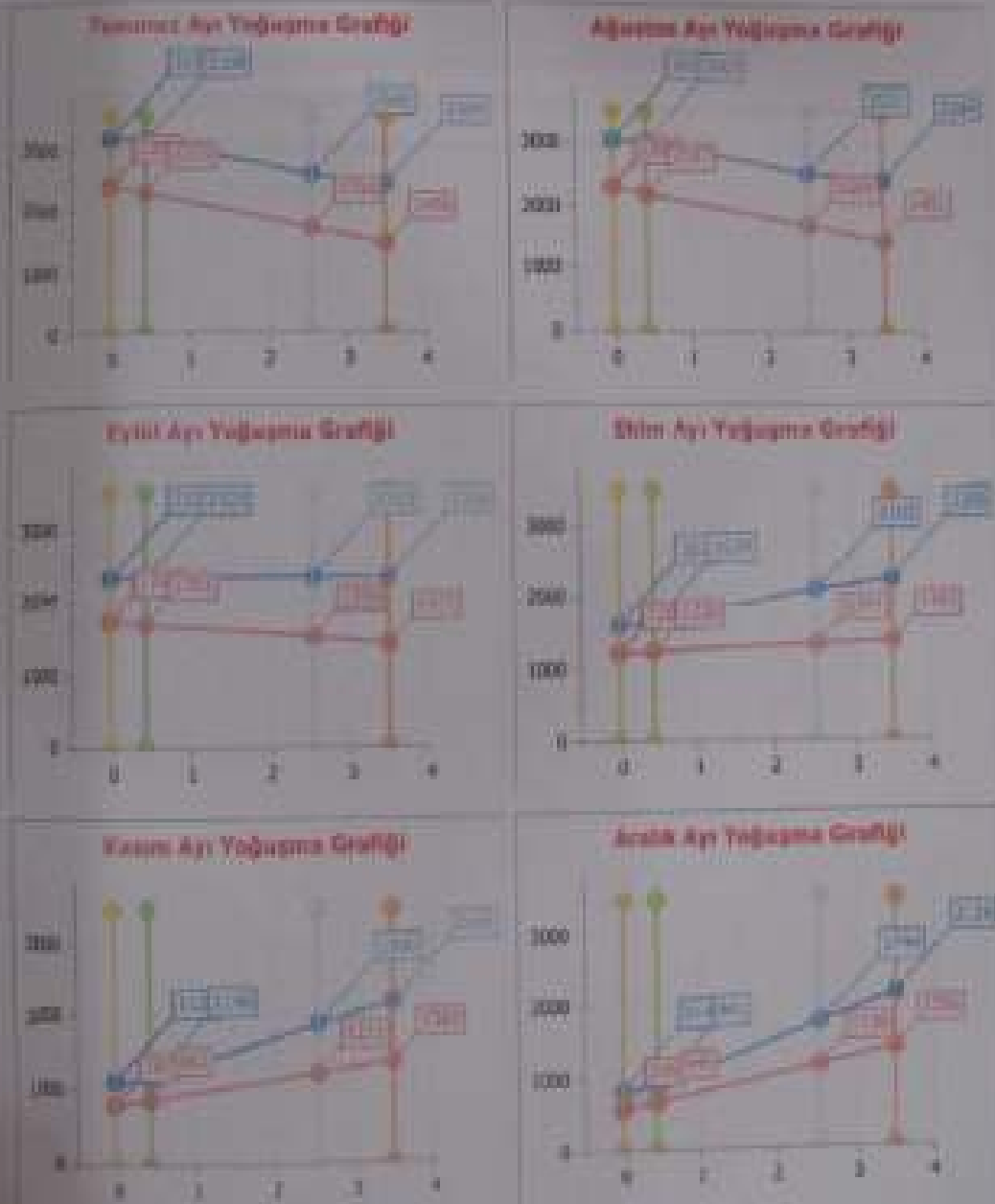
Yoğuşma Grafik ve Matzema Sd Bilgileri

Sunuc / Yarı Dışarıya Yoğuşma Nispetine Gösterdiği Dışarıya Yoğuşma



Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sayı: 1 Yarı Sıcaklıkta yoğuşma meydana gelmemiştir. Standartları uygundur.



Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sö Bilgileri

Not: Tablo başlığında yoğuşma meydana gelmemiştir. Standartta uygundur.

11.1-1.40	4.6.2. Anlaşılabilir kasa-140'ün açıklanmış yüksekliği için hesaplar
11.1.1-1.30	4.1.1.1.3. Polimer-Formaldehid Kasa - TS 2226 EN 12196'e uygun bir malzeme grubu 225
11.1.1-1.3	1.1.1.1.1. Yeni duvar kaplamaları için malzeme (TS EN 171-1)
11.1.1-1.1	4.3. Akışkan geçirmezlik testi

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Trabzon'da doğdu. Liseyi Trabzon Fatih Lisesi'nde okudu. Yüksek öğrenimini (1997-2001) Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde tamamladı. 2001-2004 yılları arasında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını bitirdi. 2004 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. 2005 yılında Fen Bilimleri Enstitüsünce Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. Halen Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk annesi olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.