

**ISI YALITIMINDA İDEAL YALITIM MALZEMESİ
KULLANILMASININ DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

Murat KOCAGÜL

**Yüksek Lisans Tezi
Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın DİKİCİ
EKİM-2013**

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ISI YALITIMINDA İDEAL YALITIM MALZEMESİ
KULLANILMASININ DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat KOCAGÜL

102119102

Anabilim Dalı: Makine Eğitimi

Programı: Enerji

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın DİKİCİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27.05.2013

EKİM-2013

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISI YALITIMINDA İDEAL YALITIM MALZEMESİ
KULLANILMASININ DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat KOCAGÜL
102119102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27.05.2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 03.10.2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Aydın DİKİCİ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Hakan F. ÖZTOP (F.Ü)
Doç. Dr. Ahmet KOCA (F.Ü)



EKİM-2013

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu Yüksek Lisans Tez çalışmamda bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam ve Tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Aydın Dikici'ye ve Arş. Gör. Müjdat Fırat'a eğitim hayatımın başlangıcından bu yana emeği geçen bütün değerli hocalarıma ve hayatım boyunca her türlü fedakârlıkta bulunan sevgili aileme ve Semra Şahin'e teşekkür ediyorum.

Murat KOCAGÜL

ELAZIĞ – 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Isı ve Sıcaklık İlişkisi	7
1.1.1. Isı Geçişinin Esasları	7
1.1.1.1 İletim.....	8
1.1.1.2. Taşınım	9
1.1.1.3. Işınım	11
1.2. Yalıtım	12
1.2.1. Türkiye’de ve Dünyada Yalıtım	12
1.2.1.1. Dünyada Yalıtımın Tarihçesi	13
1.2.1.2. Dünyada Yalıtım Sektörü	13
1.2.1.3. Türkiye’de Yalıtım Sektörü.....	13
1.2.2. Isı Yalıtımı.....	16
1.2.2.1. Isı Yalıtımın Amaçları	19
1.2.2.2. Isı Yalıtımının Önemi Ve Faydaları	19
1.2.2.3. Yalıtımın Enerji Tasarrufuna Etkisi	20
1.2.2.4. Yalıtımın Hava Kirliliğine Etkisi	21
1.2.2.5. Yalıtımın insan sağlığına etkisi	22
1.2.2.6. Yalıtımın ısı konforuna etkisi	23
1.3. Isı Yalıtım Malzemeleri.....	23
1.3.1. Ekspande Polistren (EPS).....	23
1.3.2. Ekstrude polistren (XPS).....	25
1.3.3. Cam Yünü.....	26
1.3.4. Taşyünü	27
1.3.5. Kauçuk Köpük.....	28

1.3.6.Polietilen Köpük	29
1.3.7. Odun Talaşı Levhalar	29
1.4. Duvarlarda Isı Yalıtımı Uygulamaları	30
1.4.1 Dıştan Yalıtım	32
1.4.2. İçten Yalıtım	33
1.4.3. Sandviç Duvarlarda Yalıtım (Ortadan yalıtım)	35
1.5.Matematiksel Hesaplamalar	37
1.5.1.Yıllık Isı Enerjisi	37
1.5.2.Ekonomik Analiz Yöntemi	38
1.5.3.En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti.....	40
1.5.4.Geri Ödeme Süresinin Tespiti	42
1.5.5.Duvar Tipi, Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türlerinin Seçimi.....	42
1.5.5.1.Duvar Tipinin Seçimi	43
1.5.5.2.Yalıtım Malzemesi Seçimi	44
1.5.5.3.Yakıt Türünün Seçimi	44
2. MATERYAL METOT	45
3.BULGULAR	52
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	71
5.ÖNERİLER.....	72
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ÖZET

İnsan nüfusu tüm dünyada giderek çoğalmakta ve enerji tüketimi de hızla artmaktadır. Türkiye de tüketilen enerjinin %31'inin konutlarda kullanıldığı düşünüldüğünde, binalarda enerji tasarrufunu artıracak çalışmaların yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada; Elazığ ilinde kullanılan farklı türden yalıtım malzemelerinin (EPS, XPS, Taş Yünü) ısı transferine etkisi ve kullanılabilirlikleri incelenmiştir. Elazığ Fırat Üniversitesi içerisinde 4 türdeş deney odası yapılmış olup içerisi eşit şekilde soğutulmuştur. Deney odasından biri yalıtımsız olarak diğer üç oda Elazığ ilinde yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemeleriyle kaplanmıştır. Yalıtımsız ve yalıtımlı deney odalarından iç ortam, dış ortam, iç yüzey, dış yüzey ve yalıtımlı profillerde yalıtım ile duvar arasında ölçüm alınmıştır ve ayrıca güneş ışınım şiddeti, nem miktarı ve rüzgar hızı ölçülmüştür ve bu ölçümler sonucunda Elazığ ili için en ideal yalıtım malzemesi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtım malzemeleri, Isı yalıtımı, Isı transferi.

SUMMARY

The Experimental Research of the Ideal Insulation Material Usage in Heat Insulation

Human population is growing all around the world and energy consumption is increasing rapidly. When it is considered that 31% of energy is consumed by housing in Turkey, we can see the importance of studies which will increase energy conservation in the buildings. For this purpose, in this study; different kinds of materials (EPS, XPS, Rockwool) that are used in Elazig usabilities and effects of insulation materials to the heat transfer is examined. 4 congenerus test room was made in Firat University, Elazig and they were equally cooled. One of the rooms was used without insulation material and the other three rooms were covered with insulation materials that are commonly used in Elazig. Internal environment, external environment, inner surface and outer surface measurements were taken from insulated and uninsulated test rooms and in insulated profiles measurements were taken between the wall and insulation. Also solari radiation, moisture amount and wind speed was measured and according to the results of these measurements ideal insulation material for Elazig is determined.

Key Words: Heat insulation materials, Heat insulation, Heat transfer.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Düzlem duvarda bir boyutlu ısı iletimi.	8
Şekil 1.2. Levha üzerindeki akışta hız ve sıcaklık dağılımları.	10
Şekil 1.3. Işınım ile ısı alışverişi (a) bir düzeyde (b) bir yüzey ile daha büyük çevre yüzeyler arasında.	11
Şekil 1.4. Yapılarda yalıtım.	17
Şekil 1.5. Binalarda ısı kayıpları.	18
Şekil 1.6. Yalıtımlı ve yalıtımsız haldeki ısı kayıpları.	20
Şekil 1.7. Yalıtımlı ve yalıtımsız haldeki emisyon miktarları.	21
Şekil 1.8. Ekspandepolistren (EPS).....	24
Şekil 1.9. EkstrüdePolistren (XPS).....	25
Şekil 1.10. Cam Yünü 26	
Şekil 1.11. Taşyünü 27	
Şekil 1.12. Kauçuk Köpük..... 28	
Şekil 1.13. Polietilen Köpük..... 29	
Şekil 1.14. Odun Talaşlı Levhalar 30	
Şekil 1.15. Dıştan yalıtılmış bir duvarın yalıtım detaylarının perspektif görünümü..... 32	
Şekil 1.16. Dıştan yalıtımlı duvarlar..... 33	
Şekil 1.17. İçten yalıtılmış bir dış duvarın yalıtımına ait perspektif. 34	
Şekil 1.18. Dış duvarların içten yalıtım görünümü 35	
Şekil 1.19. Sandviç Duvarların Yalıtımı 36	
Şekil 1.20. Dıştan yalıtımlı tuğla duvar 43	
Şekil 2.1. Anemometre (rüzgar hızı ölçüm cihazı)..... 47	
Şekil 2.2. Solarmetre (güneş ışıınım ölçüm cihazı)..... 47	
Şekil 2.3. Deney odalarının genel görünüşü..... 48	
Şekil 2.4. Deney odalarının arkadan görünüşü..... 48	
Şekil 2.5. Deney odalarının yandan görünüşü..... 49	
Şekil 2.6. Deney odasının soğutma sisteminin görünüşü 49	
Şekil 2.7. Deney odasının içten görünüşü 50	
Şekil 2.8. Deney odasının içten görünüşü, soğutucu sistemi..... 50	
Şekil 2.9. Deney odalarının yalıtımının yapım aşamasının görünüşü 51	
Şekil 2.10. Deney odalarının son halinin görünüşü..... 51	
Şekil 3.1. Duvarlarda ısı geçişi..... 53	
Şekil 3.2. Yalıtımsız deney odası için soğutma yükü ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı grafiği 55	
Şekil 3.3. EPS kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı grafiği 55	
Şekil 3. 4. XPS kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı grafiği 56	

Şekil 3.5. Taşyünü kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı grafiğı	56
Şekil 3.6. Yalıtımsız deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümleri.....	58
Şekil 3.7. EPS Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümler.....	59
Şekil 3. 8. XPS Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümler.....	60
Şekil 3.9. Taşyünü Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümler.....	61
Şekil 3. 10. Yalıtımsız iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi	63
Şekil 3.11. EPS kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi	63
Şekil 3. 12. XPS kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi	64
Şekil 3.13. Taşyünü kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi	64
Şekil 3. 14. Yalıtımsız ve Yalıtımlı durumlar için iç ortam sıcaklığının ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi	66
Şekil 3. 15. Yalıtımsız ve Yalıtımlı durumlar için iç ortam iç yüzey sıcaklığının zamana bağlı değişimi	67
Şekil 3. 16. Yalıtımlı durumlar için duvar ile yalıtım arasındaki sıcaklığının zamana bağlı değişimi	68
Şekil 3. 17. Dış ortam sıcaklığının ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi.....	69
Şekil 3. 18. Güneş ışıınım şiddetinin gün içinde geliş yönlerinin zamana bağlı değişimi ...	70

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Isı yalıtım malzemesi tüketimi değerleri	15
Tablo 1.2. Isı Yalıtım Malzemeleri Ürün Standartları.....	30
Tablo 1.3. Dış duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri.	43
Tablo 1.4. Yalıtım malzemelerinin özellikleri.....	44
Tablo 1.5. Yakıt türüne ait özellikler.....	44
Tablo 2.1. Isı yalıtım malzemesi özellikleri	46
Tablo 3.1. Elazığ Merkezine Ait 1 Ağustos 2013 Yılı için Saatlik Güneş ışı nım şiddeti, nem ve rüzgar hızı tablosu.....	57

SEMBOLLER LİSTESİ

E	:Yüzeyin yayma gücü (W/m^2)
h	:Isı tasınım katsayısı (W/m^2K)
k	:Yalıtım malzemesinin ısıl iletim katsayısı (W/mK)
q	:Isı akısı (W/m^2)
Q	:Birim zamanda geçen ısı miktarı (W)
T_a	:Akışkan sıcaklığı (K)
T_y	:Yüzey sıcaklığı (K)
σ	:Stefan-Boltzman Sabiti ($5,67.10^{-8} W/m^2K^4$)
ε	:Isınım neşretme katsayısı
C_A	: Yıllık enerji maliyeti (yalıtımsız)
C_{Ain}	: Yıllık enerji maliyeti (yalıtlımlı)
C_{At}	: Yıllık toplam enerji maliyet kazancı
C_f	: Yakıt maliyeti
C_i	: Yalıtım malzemesi maliyeti
C_{in}	: Yalıtım maliyeti
C_T	: Toplam ısıtma maliyeti (yalıtımsız)
C_{Tin}	: Toplam ısıtma maliyeti (yalıtlımlı)
DD	: Derece gün sayısı
E_A	: Yıllık ısıtma maliyeti
g	: Enflasyon oranı
H_u	: Yakıtın alt ısı değeri
i	: Faiz oranı (%)
PP	: Geri ödeme süresi (Yıl)
PWF	: Peşin değer faktörü
q	: Birim alandan olan ısı kaybı
q_A	: Yıllık ısı kaybı
r	: Reel faiz oranı
R	: Isı iletkenlik direnci
R_i	: İç yüzey iletim direnci
R_{in}	: Yalıtım malzemesi iletim direnci

R_o	: Dış yüzey iletim direnci
R_w	: Duvar iletim direnci
R_{wt}	: Toplam duvar iletim direnci (yalıtım hariç)
S_{Ain}	: Yıllık enerji tasarrufu
U	: Isı taşınım katsayısı
x	: Yalıtım kalınlığı (m)
x_{opt}	: Optimum yalıtım kalınlığı (m)
TEP	: Ton eşdeğer petrol
N	: Çalışma ömrü
η	: Isıtma sistemi verimi
μ	: Buhar difüzyon direnç faktörü

1.GİRİŞ

İnsanlığın var oluşundan bu yana, yaşam gereksinimlerinin karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkelerin hızla kalkınması ve üçüncü dünya ülkelerinin de modern enerji kaynaklarına ulaşması sonucunda dünya toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve nihayetinde enerji, çağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir [1].

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 karşılar; 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. Görülmektedir ki, enerji kullanımının en yoğun olduğu binalar konutlardır. Bu nedenle ısıtmanın istendiği dönemde ısı kayıplarının minimize edilmesi; konutlarda ısı yalıtımı kullanarak enerji tasarrufunu gerçekleştirmek ile mümkündür [2].

Türkiye için tüketim miktarlarımız, Avrupa ve Amerika ile karşılaştırıldığında bu konuda oldukça geride olduğumuz ve bu sorumluluğu ulus olarak sahiplenmemiz gerektiği ortaya çıkmaktadır. Örneğin aynı metrekareye sahip Türkiye’deki bir konut, daha kuzey enlemlerde yer alan Almanya’daki ya da Amerika’daki bir konut ile karşılaştırıldığında 2.5–3 kat daha fazla enerji tüketiminin olduğu görülmektedir. Almanya’da 100 m²’lik bir konutun kışlık yakıt tüketimi 280 m³ doğalgaz iken, ülkemizde 1800 m³ doğalgazdır. Bu karşılaştırmalardan da görebileceğimiz gibi, konutlarımızda çok daha az enerji tüketerek konfor şartlarını sağlamamız mümkün iken, bize gerekli enerji miktarının yaklaşık 5 katını israf etmekteyiz. Aynı şey yazın soğutma giderlerimizi de kontrol edememize yol açmakta ve çok fazla elektrik tüketimine neden olmaktadır [3].

İnsan nüfusu tüm dünyada giderek artmakta ve enerji tüketimi de hızla çoğalmaktadır. Türkiye de tüketilen enerjinin % 31'i konutlarda kullanıldığı düşünüldüğünde, binalarda enerji verimliliğini artıracak çalışmaların yapılmasının önemi ortaya çıkmıştır ve enerji tasarrufu yapılmadığı takdirde ülkemizde ekonomi ve çevre sorunlarının yoğun olarak yaşanacağı açıktır.

Enerji giderlerinin önemli bir bölümünün bina sektöründe gerçekleştirildiği ülkemizde, enerji verimliliği çözüm geliştirilmesi gereken en önemli konulardan biridir. Avrupa Birliğine katılmayı hedefleyen ülkemiz, teknolojik ve sosyo-ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerin seviyesine ulaşmak için yoğun bir çaba harcamakta, bu çabada en önemli engellerden biri de enerji tüketimindeki açık olmaktadır. Ülkemizde nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme gibi olgular enerji tüketimini geçmişe göre hızla arttırmaktadır. Ancak, ülkemizde verimlilik kavramına yeterince önem verilmediğinden, enerjinin verimli kullanılmaması bir yandan enerji israfına ve ithalata yol açmakta diğer taraftan da çevre kirliliğine neden olmaktadır [4].

Binalarımızda ısı kayıpları her yönden olmaktadır. 4 katlı bir binayı incelediğimizde ısı kayıplarının yaklaşık % 25'i çatıdan, % 60'ı duvarlardan, % 15'i de döşemeden kaçmaktadır. Binalarda kat yüksekliğinin artması, duvar yüzey alanını büyüteceğinden, duvardan kayıpları oran olarak arttırmaktadır. TS825'in yeni projelerde uygulanmaya başlanması, faydalarının yalıtımsız binalarda yaşayan kişilerin sıkıntı çektikleri konulara çözüm olduğunun görülmesi, ısı yalıtımının da kendisini 3–4 sene içinde amorti edeceğinin bilinmesi yaşanan konutlardaki yalıtım taleplerini her geçen gün arttırmaktadır [5].

Görüldüğü üzere binalarda ısı kayıplarının yüzdelik değerleri verilmiştir ve bu değerlerden yarıdan fazlasını duvarlardan oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmam da Elazığ ilinde yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemelerinden EPS, XPS, Taşyünü kullanılarak farklı yalıtım malzemelerinin aynı şekillerde uygulanarak en uygun yalıtım malzemesinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bina duvarlarındaki ısı kayıplarının temel konularında olan yalıtım malzemelerinin çeşitliliği ve en uygun olanını tespiti ile ilgili literatürde ulusal ve uluslararası birçok yayın mevcuttur. Aralarında Elazığ ilinin de bulunduğu ülkemizde birçok il için yalıtım kalınlığıyla ve çeşitliliği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların çoğunda derece gün yöntemi, ömür maliyet analizi başta olmak üzere sayısal yöntemler kullanılmıştır. Binalardaki ısı

kayıplarının deneysel çalışması ile ilgili olarak ve farklı yalıtım malzemelerinin aynı ortamda aynı şartlarda kullanılarak gerekli deneysel ölçüm ve analizleri yapmak ve kıyaslama yapıldıktan sonra Elazığ ili için uygun yalıtım malzemesinin tespit yöntemi hesaplanmamıştır. Bu alandaki deneysel çalışmaların eksikliği ve Elazığ ilinde böyle bir uygulamanın bulunmayışı proje çalışmalarımızı bu yönde geliştirmiştir.

Yalçın [4] Elazığ ilinde kullanılan farklı duvar tipleri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve ekonomi analizi üzerinde çalışmalarda bulmuştur. Üç farklı yakıt türü (elektrik, kömür, doğalgaz) , Üç farklı duvar tipi (yatay delikli tuğla duvar, sandviç duvar ve gaz beton duvar) ve üç farklı yalıtım malzemesi (EPS, XPS, Taşyünü) üzerinde enerji tasarrufu, yıllık net kazanç ve geri ödeme süreleri üzerinde hesaplamalar yapmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda Elâzığ ili için en ideal duvar tipi gaz beton en uygun yalıtım malzemesi taşyünü ve en karlı yakıt türünün doğalgaz olduğunu tespit etmiştir.

Çay [6] Çalışmasında Düzce iline ait optimum yalıtım kalınlığını hesaplamak için bina dış duvarlarında yaygın olarak kullanılan iki yapı malzemesi (gazbeton ve yatay delikli tuğla) kullanmıştır. Ve ısıtmada yaygın olarak kullanılan beş farklı yakıtın (kömür, doğalgaz, fuel-oil, LPG ve elektrik) kullanıldığı hesaplamalarda, yalıtım malzemesi olarak XPS (ekstrude polistren) kullanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, yapı malzemesi olarak yatay delikli tuğla kullanıldığında, en düşük optimum yalıtım kalınlığının 0.06 m olduğu hesaplamıştır. Bu durumda enerji tasarrufunu % 52 olarak belirlerken geri ödeme süresini 1.91 yıl olarak bulmuştur. Yapı malzemesi olarak gaz beton kullanıldığında bu değerleri sırasıyla 0.05m, % 30 ve 3.39 yıl olarak hesaplamıştır.

Öztuna ve Dereli [7] Ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak Edirne ilinde 6 farklı yakıt (yerli ve ithal kömür, doğalgaz, LPG, elektrik, fuel-oil) türü için bina dış duvarına genişletilmiş polistren (EPS) ve taşyünü yalıtım malzemesi ile sandviç duvar da EPS yalıtım malzemesinin uygulanması durumlarında yapılması gereken optimum yalıtım kalınlığını derece gün sayısını esas alarak hesaplamışlardır. Bu hesaplamalar sonucunda 5 farklı duvar modelinde, 2 farklı yalıtım maddesi uygulamaları ve her bir yakıt için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıklarının geri ödeme süreleri ile yıllık yakıt ve enerji tasarruflarını incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucunda en iyi yakıtın yerli kömür ve EPS yalıtım maddesinin uygulanmasında

optimum yalıtım kalınlığını 0.028 ile 0.039 m aralığında, geri ödeme sürelerini 2.1 ile 4.2 yıl aralığında ve enerji tasarrufunu ise % 24 ile % 47 aralığında elde etmişlerdir.

Kaynaklı [8] Çalışmasında bursa ili için ömür maliyet analizini kullanarak farklı yalıtım malzemeleri ile (camyünü, polistren, taşıyünü) optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Bu hesaplamalar sonucunda Bursa ili için optimum yalıtım kalınlığının farklı yakıt türlerine (LPG, elektrik, fuel-oil, kömür, doğalgaz) bağlı olarak 5.3 cm ve 12.4 cm arasında değiştiğini belirlemiştir.

Gürel ve Daşdemir [9] Türkiye’de dört farklı iklim bölgelerinden seçilen dört ilde (Aydın, Edirne, Malatya ve Sivas) ısıtma ve soğutma yükleri için oluşan optimum yalıtım kalınlıkları ve enerji tasarrufları hesaplamıştır. Dış duvarda yalıtım malzemesi olarak XPS ve EPS seçilmiştir. Yakıt olarak ısıtma için doğalgaz, soğutma için ise elektrik kullanmışlardır. Çalışmanın ekonomik boyutunu (P_1 - P_2) yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak yalıtım malzemesi ve seçilen ile bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 0.036 ve 0.1 m arasında, enerji tasarruflarının 12.08 ve 58.28 TL/m² arasında ve geri ödeme sürelerinin ise 1.5 ve 2.52 yıl arasında değiştiğini göstermişlerdir.

Dombaycı vd. [10] Denizli ili için yaptıkları çalışmada optimum yalıtım kalınlığını ve ömür maliyet analizi (LCCA) kullanarak, sandviç duvar tipi üzerinde yalıtım malzemesi olarak EPS ve Taşıyünü seçerek kömür, doğalgaz, fue-loil, LPG ve elektrik olmak üzere 5 farklı türden enerji kaynağına bağlı olarak hesaplamışlardır. Bu hesaplamalar sonucunda ise yakıt olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak ta EPS seçerek hesapladıkları optimum yalıtım kalınlığı için geri ödeme süresini ve yıllık kazanç sırasıyla 14.09 \$/m² ve 1.43 yıl olarak hesaplamışlardır.

Gürel ve Cingiz [11] Çalışmalarında gaz beton duvarı ve yatay delikli tuğla duvarını kullanmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları duvar tiplerindeki yalıtım şekilleri ise sandviç yalıtım ve dıştan yalıtım olmak üzeredir. Çalışmada söz konusu duvarlardan gerçekleşen ısı kaybını mevcut hesaplamalar yoluyla belirlemiş ve ömür maliyet analizine göre (LCCA) optimum ısı yalıtım kalınlıklarının 0.033 ile 0.132 m aralığında, geri ödeme sürelerinin 1.31 ile 4.5 yıl aralığında ve enerji tasarruflarının ise 6.41 ile 189.7 TL/m² aralığında değişim gösterdiklerini hesaplamışlardır.

Balo ve Uçar [12] Çalışmalarında Sivas iline ait binalarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve değişik enerji kaynakları (kömür, fuel-oil, doğalgaz) kullanarak, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji sürelerini ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. İthal kömür, fuel-oil ve doğalgaz kullanıldığında; 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.028 m, 0.026 m ve 0.048 m olarak elde etmişlerdir. Bu üç yakıt türü için yıllık tasarrufunun ise 28,5 ve 35,5 TL/m² arasında ve 10 yıllık ömür süresi için geri ödeme sürelerinin yakıt türüne bağlı olarak, 2,58 ile 2,22 yıl arasında değiştiğini hesaplamışlardır.

Özel [13] Çalışmalarında bina duvarlarında EPS yalıtım malzemesi kullanıldığında Elazığ ili için optimum yalıtım kalınlığını, enerji tasarrufunu ve geri ödeme süresini üç farklı türden yakıt için dinamik yaklaşım metodu (implicit sonlu farklar metodunu) ile hesaplamıştır. Sonuç olarak doğal gaz, ithal kömür ve fuel-oil için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.04 m, 0.045 m ve 0.075 m olarak elde etmiştir. Yıllık tasarrufu ise sırasıyla 21.98 YTL/m², 24.91 YTL/m² ve 71.15 YTL/m² olarak elde etmiştir. Geri ödeme sürelerini ise sırasıyla 1.89 yıl, 1.83 yıl ve 1.47 yıl olarak hesaplamıştır.

Gölcü vd. [14] Çalışmalarında Denizli iline ait bina dış duvarlarında yalıtım malzemesi olarak taşıyıcı ısıtmada ise iki farklı türden enerji kaynaklarını (İthal kömür ve fuel-oil) kullanarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Hesaplamalarda ömür maliyet analizi (LCCA) kullanmışlardır. İthal kömür ve fuel-oil kullanıldığında 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.048 m ve 0.082 m elde etmişlerdir. Benzer şekilde yıllık tasarruf ise sırasıyla 12 YTL/m² ve 38.91 YTL/m² ve geri ödeme sürelerini 2.4 yıl ve 1.6 yıl olarak hesaplamışlardır.

Deque F., Ollivier F. ve Roux J.J., [15] Çalışmalarında binalarda enerji verimliliği üzerinden yaptığı incelemede bilgisayar ortamında ısı köprülerinin etkilerinin değerlendirilmesini incelemişlerdir. Çalışmanın başlangıcında duvar kesişimlerinde ki ısı transferini Sisley adlı bilgisayar programında modellemiş ve bu çalışma sonucunda bu modelleri Clim 2000 adlı programa uyarlamışlardır. Ve bu modelleme sonuçlarını ısı yasalarından elde edilen modellerle kıyaslama yaparak standart duvar modellerinde, binaların ısı kayıplarının değerlendirilmesindeki çalışmalarda ısı kayıplarının modellenmesinde %5'lik ilave bir hassasiyet sağlamıştır.

Altınılık [16] Çalışmalarında, binaların ömrünü uzatmak ve değerini korumak için, binaların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması gerektiğini belirtmiştir. Bu hususta dikkat edilmesi gerekenlerin başında, yalıtım ve doğru malzeme seçimi gelmektedir. Binalarda iç ve dış ortamı birbirinden ayıran ve bina zarfı olarak tanımlanan duvarlar, pencereler, kapılar, tavan, çatı ve döşemelerden oluşan yapı elemanlarını dış etkilerden korunması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Irgat [17] Çalışmasında Kütahya ilinde kullanılan ısıtma amaçlı kullanılan enerji kaynakları (doğalgaz, ithal kömür ve Seyit Ömer kömürü) ve farklı ısı yalıtım malzemeleri (XPS, EPS) için optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji tasarruflarını ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. Optimum yalıtım kalınlığı hesabı; faiz ve enflasyon oranları dikkate alınarak, ömür maliyet analizine göre yapılmıştır. Bu hesaplamalarda 2 adet dıştan yalıtımlı (delikli tuğla ve yton kullanılarak) ve diğerinde sandviç duvar olmak üzere 3 farklı duvar modeli baz alınmıştır. Enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanıldığında; optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi sırasıyla sandviç duvar için; 0.059 m, % 54 ve 1.8 yıl, dıştan yalıtımlı duvar için; 0.060 m, % 57 ve 1.8 yıl, yton ile yapılmış dıştan yalıtılmış duvar için 0,054 m, % 46 ve 2.2 yıl olarak elde edilmiştir. Enerji kaynağı olarak ithal kömür kullanıldığında ise; sandviç duvar için, 0.072 m, % 60 ve 1.6 yıl, dıştan yalıtımlı duvar için, 0.074 m, % 62 ve 1.6 yıl, yton ile yapılmış dıştan yalıtımlı duvar için, 0.068 m, % 53 ve 1.9 yıl Olarak elde edilmiştir. Enerji kaynağı olarak Seyit Ömer kömürü kullanıldığında ise; sandviç duvar için, 0.046 m, % 47 ve 2.1 yıl, dıştan yalıtımlı duvar için, 0.047 m, % 50 ve 2 yıl, yton ile yapılmış dıştan yalıtımlı duvar için, 0.042 m, % 40 ve 2.6 yıl olarak elde edilmiştir. Ayrıca Kütahya'daki doğalgaz kullanan yaklaşık 2600 konutta optimum yalıtım kalınlığı uygulaması yapılması halinde 1 yılda yaklaşık 3.106 TL'lik bir tasarruf sağlanabileceği yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenmiştir.

Şişman [18] Çalışmalarında, üç farklı yalıtım malzemesi kullanarak Türkiye'nin tüm illeri için en uygun yalıtım kalınlığı, tasarrufun mali karşılığı, yalıtım yatırım tutarı ve geri ödeme sürelerini hesaplamıştır.

1.1 Isı ve Sıcaklık İlişkisi

Isı bir enerjidir ve genellikle olduğu ortamda kullanılması pek uygun değildir. Bu nedenle, enerjinin çeşitli yollarla başka bir bölgeye taşınması istenir. Isı enerjisi, ortam moleküllerinin hareketi nedeniyle çevreye etkisini gösterir. Enerji kaynağı olduğu sürece, moleküllerin hareketi durdurulamaz ve sürekli olarak çevreye yayılır. Isının transferi ancak iki sistem arasında veya bir sistemle çevresi arasında bir sıcaklık farkı bulunduğu zaman gerçekleşir [19]. Sıcaklık ise bir cisimdeki moleküler hareketin artmasıyla yükselen skaler bir büyüklüktür. Bir cismi oluşturan atomlar ya da moleküller, ortam sıcaklığının artışına bağlı olarak titreşimlerini artırır ya da ortam sıcaklığının azalışına bağlı olarak titreşimlerini azaltır. Başka bir deyişle, bu titreşimin artması fiziksel olarak cismin sıcaklığının artması şeklinde kendini gösterir [20].

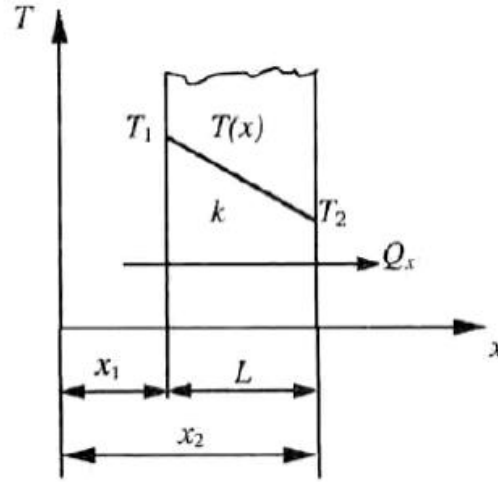
Bu tanımlardan yola çıkılırsa; Kışın konfor şartlarını sağlamaya çalıştığımız daha sıcak iç mekânlardan dış ortamlara doğru. Yazın ise daha sıcak dış ortamlardan konfor şartlarını sağlamaya çalıştığımız iç mekânlara doğru bir ısı geçişinin olması kaçınılmazdır [21].

1.1.1. Isı Geçişinin Esasları

Isı geçişi bilim dalı; termodinamiğin birinci ve ikinci, kütlenin korunumu ve Newton'un ikinci hareket kanunlarına ilave üç özel kanun yardımı ile ısı geçişi olayının yapısını inceleyerek, ısı geçişini etkileyen büyüklükleri belirler ve bu büyüklükler arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade eder. Çözüm yöntemi olarak da analitik, sayısal, deneysel ve benzeşim yöntemlerini kullanır. Isı geçişi üç şekilde; iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ısınım (radyasyon) olarak gerçekleşmektedir. Isı geçişi hangi yolla gerçekleşirse gerçekleşsin herhangi bir zorlama olmadığı zaman yönü yüksek sıcaklıktaki ortamdan, düşük sıcaklıktaki ortama doğru olmaktadır [22-24].

1.1.1.1 İletim

İletim: Bir maddenin daha yüksek enerjili parçacıklardan daha düşük enerjili parçacıklarına, bu parçacıklar arasındaki etkileşimler sonucunda enerjinin aktarılması olarak düşünülebilir. Isı geçişi; doğrultuya, yöne ve şiddete sahip olduğundan vektörel bir büyüklüktür. Basit geometrilerden, iki yüzeyi farklı sıcaklığa sahip olan düzlem duvarda geçen ısı miktarı, Fourier ısı iletim kanununa göre hesaplanabilmektedir. Düzlem duvarda ısı geçişinin fiziksel yapısı Şekil 1.1’ de gösterildiği gibidir [23-24].



Şekil 1.1. Düzlem duvarda bir boyutlu ısı iletimi [23].

Düzlem duvarda, x yönünde geçen ısı akısı aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$q_x = -k \frac{dT}{dx} \quad (1.1)$$

Isı akısı q_x (W/m²), ısı geçişi doğrultusuna dik birim yüzeyden, birim zamanda x doğrultusunda geçen ısıdır ve bu doğrultudaki sıcaklık gradyanı (dT/dx) ile doğru orantılıdır. Orantı katsayısı k, ısı iletim katsayısı (W/mK) olarak adlandırılan bir aktarım özelliğidir ve duvar malzemesi ile ilişkilidir. Eksi işareti, ısı geçişinin, sıcaklığın azaldığı yönde gerçekleşmesinin bir sonucudur [23-24]. Şekil 1.1.’de gösterildiği gibi, sıcaklık dağılımının doğrusal olduğu sürekli rejimde, sıcaklık gradyanı,

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (1.2)$$

Olarak ifade edilebilir ve ısı akısı da;

$$q_x = k \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (1.3)$$

veya,

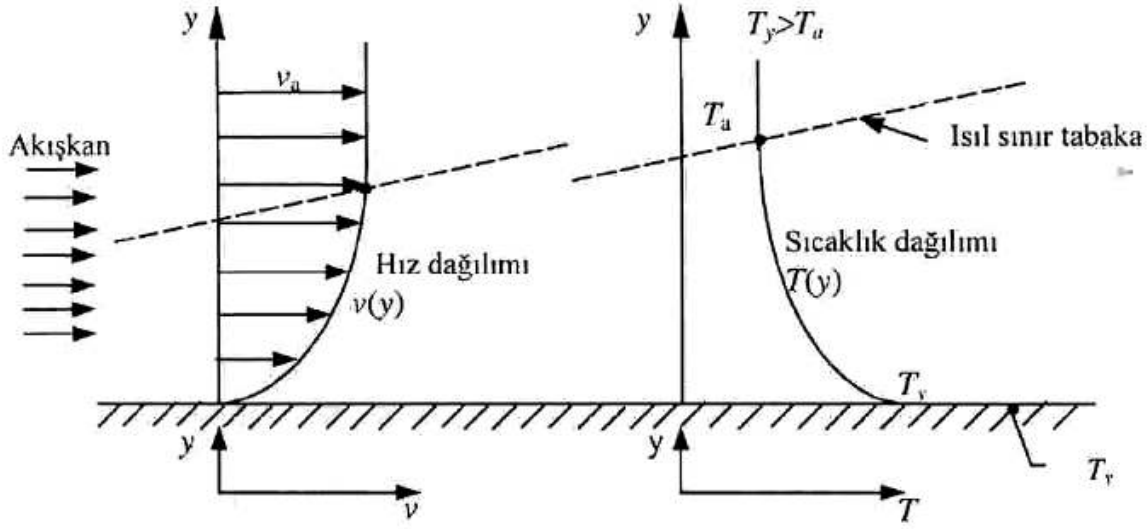
$$q_x = k \frac{T_1 - T_2}{L} = k \frac{\Delta T}{L} \quad (1.4)$$

Olarak yazılabilir. Bu eşitliğin, ısı akısını, yani birim yüzeyden, birim zamanda geçen ısıyı verdiğine dikkat edilmelidir. Böylece, yüzey alanı A olan düz bir duvardan birim zamanda geçen ısı, akı ile alanın çarpımına eşittir [23-24].

$$Q = q_x \cdot A \quad (1.5)$$

1.1.1.2. Taşınım

Taşınım; katı bir yüzeyle onun temas ettiği akışkan bir ortam arasında gerçekleşen ısı geçiştir. Taşınım ile olan ısı geçişi, sıcaklığın değişken olduğu ısıl sınır tabaka içinde gerçekleşmektedir.



Şekil 1.2. Levha üzerindeki akışta hız ve sıcaklık dağılımları [25].

Sekil 1.2.'de görüldüğü gibi T_y sıcaklığındaki yüzey ile temasta bulunan T_a sıcaklığındaki akışkan arasındaki ısı geçişi ifadesi 1701 yılında Newton tarafından verilmiştir. Bu ifade;

$$q = h(T_y - T_a) \quad (1.6)$$

Seklinde gösterilir. Burada, taşınım ile ısı akısı q (W/m^2), yüzey ve akışkan sıcaklıkları arasındaki fark ($T_y - T_a$) ile doğru orantılıdır. Bu ifade; Newton'un Soğutma Yasası olarak bilinir ve orantı katsayısı h ($\text{W/m}^2\text{K}$) da ısı taşınım katsayısı olarak adlandırılır. Bu değer, yüzey geometrisine, akışkan hareketinin türüne ve akışkanın bazı termodinamik ve aktarım özelliklerine göre belirlenen sınır tabakadaki koşullara bağlıdır [23-24].

1.1.1.3. Işınım

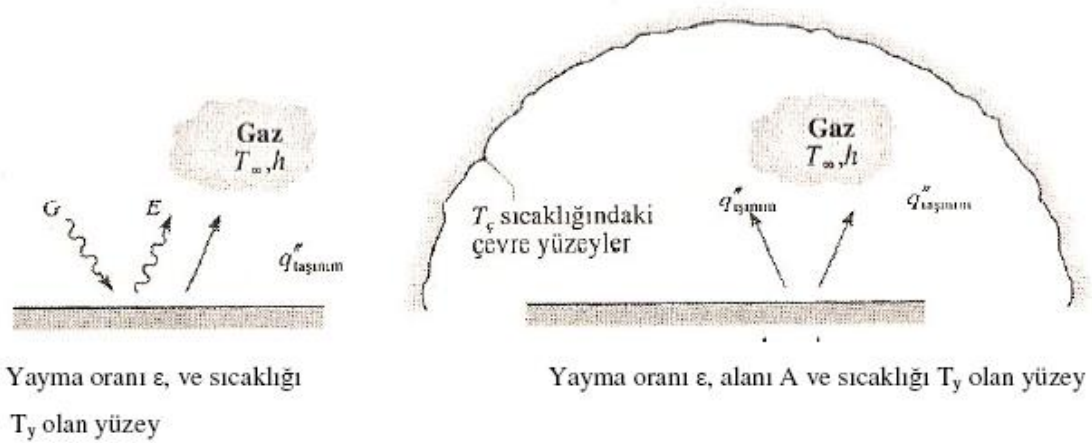
Isınım; maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişmeler sonucunda yayılan elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığı ile gerçekleşen ısı geçişidir [23-24]. İletim veya taşınım ile enerji aktarımı, bir maddi ortamın varlığını şart kılarken, ısınım için bu şart yoktur. Hatta ısınımla aktarım, boşlukta daha etkin olarak gerçekleşir.

Sekil 1.3a'daki yüzey için ısınımla ısı geçişi göz önüne alınsın. Yüzeyin yaydığı ısınım, yüzeyin sardığı cismin ısı enerjisinden kaynaklanır ve birim zamanda birim yüzeyden serbest bırakılan enerji (W/m^2) yüzeyin yayma gücü E olarak adlandırılır. Yayma gücünün, Stefan-Boltzmann yasası ile tanımlanan bir üst sınırı vardır;

$$E_b = \sigma T_y^4 \quad (1.7)$$

Burada, T_y , yüzeyin mutlak sıcaklığı (K) olup σ , Stefan-Boltzmann sabitidir

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$). Böyle bir yüzey, ideal ısınım yayıcı veya siyah cisim olarak adlandırılır.



Şekil 1.3. Isınım ile ısı alışverişi (a) bir düzeyde (b) bir yüzey ile daha büyük çevre yüzeyler arasında [26].

Gerçek bir yüzeyin yaydığı ısı akısı, aynı sıcaklıkta bulunan bir siyah cismin yaydığından daha azdır ve aşağıdaki eşitlik ile verilir;

$$E = \epsilon \sigma T_y^4 \quad (1.8)$$

Burada ϵ , gerçek yüzeyin yayma gücünün, aynı sıcaklıktaki siyah yüzeyin yayma gücüne oranı olup; ısıtım yayma oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu katsayı siyah cisimler için “1”, beyaz cisimler için ise “0” kabul edilir [23-24].

Alanı A olan T_1 sıcaklığındaki bir siyah yüzey, T_2 sıcaklığındaki diğer bir siyah yüzeye çevrilmişse ısıtım ile ısı geçişi,

$$Q = A \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (1.9)$$

şeklindedir. Eğer yüzeylerden birisi siyah yüzey değilse ($\epsilon \neq 1$)

$$Q = \epsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (1.10)$$

bağıntısı geçerli olur.

$$q_x = \frac{(T_{\infty 1} - T_1)}{\left(\frac{1}{h_1 A}\right)} = \frac{(T_1 - T_2)}{\left(\frac{L_1}{k_1 A}\right)} = \frac{(T_2 - T_3)}{\left(\frac{L_2}{k_2 A}\right)} \quad (1.11)$$

$$q_x = \frac{(T_{\infty 1} - T_{\infty 2})}{\left(\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_2 A}\right)} \quad (1.12)$$

1.2. Yalıtım

1.2.1. Türkiye’de ve Dünyada Yalıtım

İklim değişikliği nedeniyle enerji fiyatlarında gözlenen artış, yalıtım sektörünün hem dünyada hem de ülkemizde büyüme eğilimi göstermesinde önemli rol oynamaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede uluslararası işbirliği programlarının dünya gündemindeki önemini koruması sektörün büyümesinin devamlılığına dair tahminleri güçlendirmektedir. Yalıtım pazarındaki bu büyümeden pay alabilmek açısından dünyada ve ülkemizde yalıtım sektörünün dün, bugün ve geleceği hakkında bilgi edinilmesinde fayda vardır.

1.2.1.1. Dünyada Yalıtımın Tarihçesi

Dünyada ilk yalıtım malzemesi patenti 19. yüzyılın başlarında alınmıştır. Yansıtıcı metal yüzeye sahip bu malzeme, günümüzün önemli sektörleri arasında yer alan yalıtım sektörünün başlangıcı demektir. Yalıtım sektörü ürün yelpazesine daha sonraları; 1910'lu yıllarda, levha ve rijit yalıtım ürünleri, 1920'li yıllarda elyaf yalıtım ürünleri, 1930'lu yıllarda cam lifi eklenmiştir. İkinci dünya savaşı esnasında Amerikan ordularının nehirlerden kolay geçişini sağlamak üzere geliştirilen yüksek dirençli ekstrude polistiren (XPS), takip eden yıllarda önemli bir yalıtım malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yine 1948 yılında Almanya'da ilk kez geliştirilmiş polistiren köpüğü üretilmiştir.

1973 yılında gerçekleşen petrol kriziyle birlikte enerji sektörü maliyetleri artmış ve ülkelerin alternatif enerji kaynakları arayışının yanı sıra enerjiyi daha verimli tüketme anlayışına itmiştir. Bu bağlamda yalıtım sektörü de petrol krizi sonrası dönemde önemli rol üstlenmiştir. Yalıtım denince akla her ne kadar ısı yalıtımı geliyor olsa da; özellikle gelişmiş ülkelerde su ve ses yalıtımı ile yangın güvenliği unsuru da yaşam kalitesinin artırılması adına ön planda tutulmaktadır. Örneğin; Dünya Sağlık Örgütü (WHO – World Health Organization), rahat bir uyku için odadaki ses düzeyinin 30 – 35 desibel aralığında gerektiğini belirtirken; Hollanda'da ses düzeyi 50 desibelin üzerinde olan bölgelerde inşaat yapılmasına izin dahi verilmemektedir [27].

1.2.1.2. Dünyada Yalıtım Sektörü

1994 yılında dünyada kişi başına düşen Yalıtım Malzemesi Tüketimi 2.07 m² iken; 2004 Yılında bu miktarın, % 16 arttığı gözlemlenmektedir. Kişi başına yalıtım Malzemesi kullanımının 2014 yılında, 2004 yılına oranla % 30 artacağı öngörülmektedir.

1.2.1.3. Türkiye'de Yalıtım Sektörü

Yalıtım sektörünün dünyada 200 yıla ulaşan geçmişine karşın Türkiye'de ilk yalıtım malzemesi (camyünü) üretimi, 1967 yılında İzocam tarafından Gebze'deki tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonraları ülkemizde sanayileşmenin gelişimi doğrultusunda plastik esaslı malzemeler, köpükler, lifli malzemeler, sürme esaslı malzemelerin üretimine başlanmıştır. Günümüzde yalıtım sektörü, dünyadaki gelişimine paralel olarak ülkemizde de her geçen gün daha da büyümektedir.

Türkiye’de ısı yalıtımı pazarı, son 10 yılda yıllık ortalama % 20 büyürken küresel ekonomik krizin baş gösterdiği 2008 yılının ikinci yarısında dahil % 15 ile büyümesini sürdürmüştür. 2009 yılı içinde büyüme rakamlarının % 20 dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir.

70 milyon nüfusa sahip ülkemizde yalıtım pazarı, 7 milyon m³ dolaylarındadır. Bu pazarın ekonomik göstergesi yaklaşık 2 milyar dolardır. Türkiye’de 0.1 m³ olan Yalıtım Malzemesi Tüketimi bazı Avrupa ülkelerinde 1.3 m³’ü bulmaktadır [27].

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 [28].

Türkiye’de 1990’lı yılların başında kendini iyice göstermeye başlayan enerji tasarrufu bilincinin yapı sektöründeki ilk aşamalarının, konutların doğramalarındaki tek cam ünitelerinin çift cama dönüştürülmesi ile başladığını söylemek mümkündür. Bu süreçle birlikte, çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin ithali ve ülkemizde üretilmeye başlanması, diğer yalıtım uygulamalarını da beraberinde getirmiştir.

1995 yılı itibariyle Türkiye’de tüketilen ısı yalıtım malzemeleri miktarı yaklaşık 1.500.000 m³’tür. Buna karşılık aynı yılda Almanya’da 30.200.000 m³, Fransa’da ise 20.100.000 m³ ısı yalıtım malzemesi tüketilmiştir. Tablo 1.1.’de Türkiye’de ve bazı ülkelerde kişi başına düşen ısı yalıtım malzemelerinin tüketim oranları verilmiştir. Bu sıralamada Türkiye en az yalıtım kalınlığı uygulayan ülkeler arasında yer almaktadır.

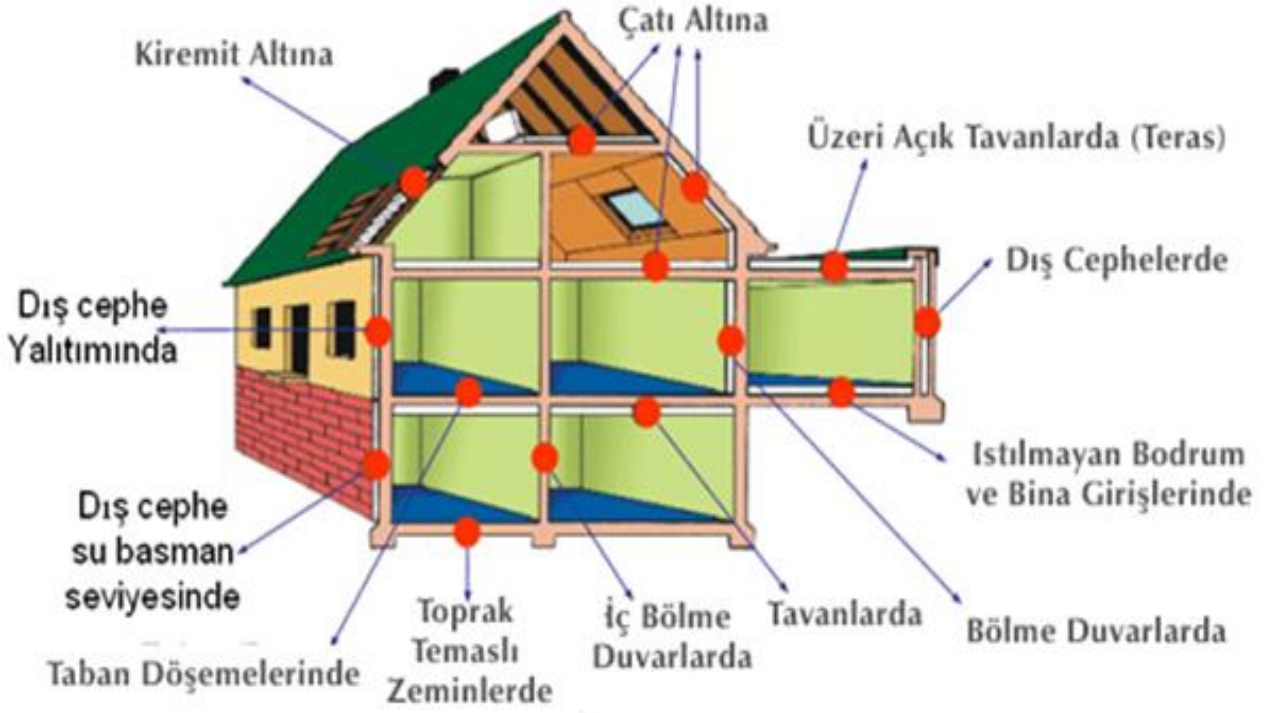
Tablo 1.1.Isı yalıtım malzemesi tüketimi değerleri [29].

Bölge	Ülke	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi (m³/Kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	0.66
	İsveç	0.35
	Danimarka	0.63
	Norveç	0.84
Kuzey Amerika	Kanada	0.78
	ABD	0.49
Orta Avrupa	Almanya	0.4
	İsviçre	0.31
	Fransa	0.29
	Avusturya	0.37
	Hollanda	0.24
	Belçika	0.24
	İngiltere	0.18
Akdeniz Ülkeleri	İtalya	0.06
	İspanya	0.06
	Yunanistan	0.05
	Türkiye	0.04
Tropik Bölgeler	Avustralya	0.17
	Kuveyt	0.12
	Arjantin	0.02
	Güney Afrika	0.016
	Brezilya	0.008

1.2.2. Isı Yalıtımı

İnsanların konforlu bir yaşam sürebilmeleri; 20-22°C sıcaklık ve yüzde 50 bağıl nem değerine sahip olan ortamlarda mümkün olabilir. Kış aylarında dış ortam sıcaklıkları 20°C'nin oldukça altında seyrederek. Yaz aylarında ise hava sıcaklıkları 20°C'nin oldukça üstündedir. Isı bir enerji türüdür ve Termodinamiğin 2. Yasası gereği ısı; yüksek sıcaklıklı ortamdan düşük sıcaklıklı ortama transfer olur. Bu nedenle yapılarda; kışın enerji kayıpları, yazın ise istenmeyen enerji kazançları meydana gelir. Bina içerisinde istenen konfor ortamının sağlanabilmesi için kış mevsiminde kaybolan ısıнын bir ısıtma sistemiyle karşılanması ve yaz aylarında kazanılan ısıнын bir soğutma sistemiyle iç ortamdan atılması gerekir. Gerek ısıtma gerek soğutma işlemleri için enerji harcanır. Bir yapıda ısı kazanç ve kayıplarının sınırlandırılması; ısıtma ve soğutma amaçlı olarak tüketilmesi gereken enerji miktarının azaltılması anlamına gelir. Isıtma ve soğutma prosesleri; çoğunlukla sıcak veya soğuk akışkanların ilgili tesisatlar aracılığıyla taşınmasını gerektirir. Termodinamiğin 2. Yasası gereği sıcak olan akışkandan ortama doğru veya ortamdan soğuk akışkana doğru enerjinin niteliğini azaltan bir ısı transferi meydana gelmesi kaçınılmazdır.

Isıtma ve soğutma sistemlerinin istenen performansla işletilebilmeleri için; bu kayıp ve kazançların miktarı göz önüne alınarak, akışkanın olması gerekenden daha sıcak veya soğuk olarak kullanılması gerekir. Bu durum ilave bir enerji tüketimine neden olur. Yapılarda ve tesisatlarda ısı kayıp ve kazançlarının sınırlandırılması için yapılan işleme “Isı Yalıtımı”denir. Teknik olarak, ısı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için uygulanır [27]. Yapılarda uygulanan yalıtımlar Şekil 1.4 ‘de uygulama bölgeleri ile genel olarak verilmiştir [30].



Şekil 1.4. Yapılarda yalıtım [31].

Yapılardaki toplam ısı kayıplarının; % 10'u döşemelerde (temeller), % 10-15'i pencerelerde, % 25'i tavanlarda, % 15-25'i dolgu duvarlarda, % 20-50'si ısı köprülerinde oluşmaktadır. Şekil 3.2.'de yapıdaki ısı kayıpları gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Binalarda ısı kayıpları [32].

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde göz önünde alınması gereken başlıca özellikler şunlardır [33].

- Isı geçişine karşı yüksek direnç (Düşük ısı iletkenlik katsayısı).
- Yeterli basınç mukavemetine sahip olması, zamanla çökme yapmaması.
- Yeterli çekme mukavemetine sahip olması.
- Kullanılan sıcaklıkta bozulmaması.
- Özelliklerini zaman içinde kaybetmemesi ve çürümemesi.
- Birlikte kullanılan malzemelerle reaksiyona girmemesi ve bozulmaması. (Kimyasal kararlılık ve dayanıklılık).
- Yanmazlık ve alev geçirmezlik.
- Suya ve neme karşı yüksek dayanım.
- Uygulama ve işçilik kolaylığı.
- Boyutsal kararlılık.
- Kokusuz olması.
- İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi, kaşıntı ve alerji yapmaması.
- Detay bazında ekonomik olması.
- Hafiflik.
- Küf tutmaması

olarak sayılabilir.

1.2.2.1. Isı Yalıtımın Amaçları

- Yazın aşırı sıcaktan ve kışın soğuktan rahatsız olmamak, daha az yakıt tüketimi ile daha az yakıt harcaması yapmak.
- Konforlu yaşam şartlarında yaşamak.
- Gerek ısıtma gerekse soğutma amacı ile kullanılan enerjinin boşa harcanmaması, verimli kullanılması ve bunun sonucunda işletme giderlerinden tasarruf sağlamak.
- Isı yalıtımı ile binadaki ısı kaybı azalacağından, daha küçük ısıtma-soğutma cihazları ve armatürleri kullanarak ilk yatırım maliyetlerini azaltmak.
- Hava kirliliğini ve ozon tabakasının tahribatını önlemek, doğal kaynakların tüketimini azaltarak gelecek nesillere de fayda sağlayabilmek.
- Bina içinde ve duvar yüzeyinde soğuk noktaları önleyebilmek, dolayısıyla rutubet ve yoğuşmayı önlemek, homojen bir sıcaklık ve konfor elde etmek, bina içi yoğuşma ve rutubetin neden olduğu romatizmal hastalıklara tedbir oluşturmak.
- Binaların dış kabuğunu ve yapı elemanlarını büyük ısısal gerilimlerin ve rutubetin tahribatından korumak, boya bakım giderlerinden tasarruf sağlamak böylelikle bina ömrünü uzatabilmek.
- Zararlı madde emisyonunu azaltarak, sağlıklı çevre oluşturulmasına imkan vermek.

Ahşap yüzeylerde mantarlaşmayı önlemektir [4].

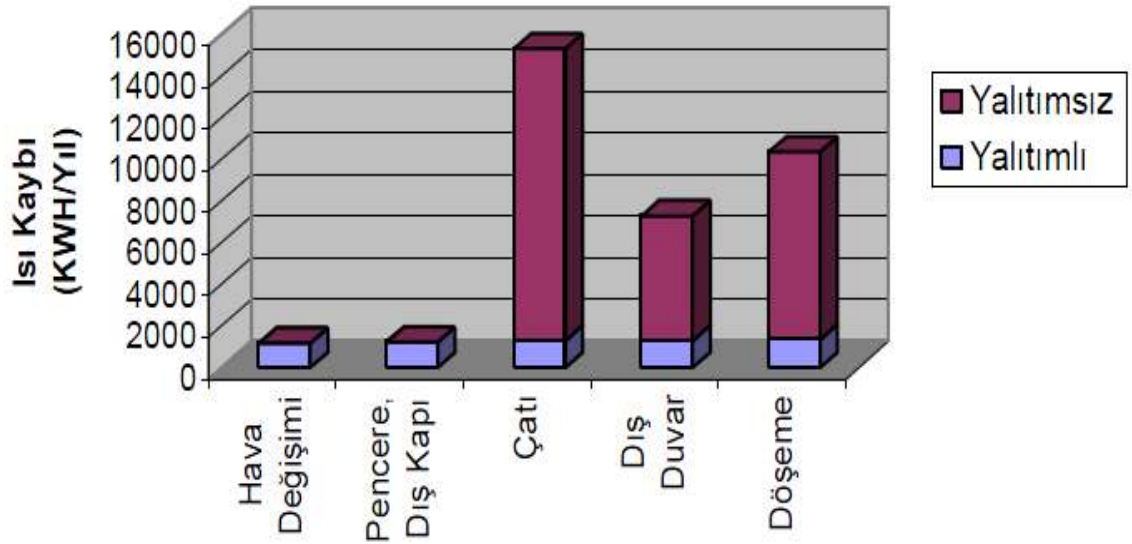
1.2.2.2. Isı Yalıtımının Önemi Ve Faydaları

Isı yalıtımı yaparak binanın ömrünü uzatmak, kullanıcıya sağlıklı, konforlu mekanlar sunabilmek ve bina kullanım aşamasında yakıt ve soğutma giderlerinde büyük kazanım sağlamak mümkündür. Binaların ısıtılması amacıyla büyük oranda fosil yakıtlar kullanılır. Fosil yakıtların yakılması sonucu yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olur. Isı yalıtımı uygulamaları ile konfor koşullarının oluşturulmasında kullanılan enerji miktarının azalması, küresel ısınma ve hava kirliliğinin artmasını önler. Yapılarda kurallara uygun şekilde gerçekleştirilen ısı yalıtımının bireyler ve ülkeler açısından pek çok yararı vardır [34].

Yapılarda ısı yalıtımı enerjiden tasarruf sağlayarak gaz, kurum ve toz emisyonunu azaltıp çevre kirliliğini önler. Duvar, ısı köprüleri, zemin ve tavan yüzey sıcaklıklarının iç konfora olduğu kadar yapı kabuğu üzerinde de önemli etkileri vardır. Yeterli yalıtım, yaşam kalitesine katkıda bulunur ve bina dokusunun korunmasına yardımcı olur. Sağlıklı ve rahat yaşam, sadece uygun ısı ve nem şartlarına sahip olan mekanlarda mümkündür [35].

1.2.2.3. Yalıtımın Enerji Tasarrufuna Etkisi

Termodinamiğin ikinci yasasına göre ısı yüksek sıcaklıklı ortamdan düşük sıcaklıklı ortama doğru gitmektedir. Yani ısınan iç ortamdan dış ortama doğru bir ısı akışı söz konusudur. İçeride yeterli konfor ortamının sağlanabilmesi için kaybolan ısının, bir ısıtma sistemi ile karşılanması gerekmektedir. Kaçan ısı en aza indirebilmek için çeşitli yollarla yalıtım yapılması gerekmektedir. Binalarda en uygun yalıtım kalınlığını belirleyerek yalıtım yapılması ısınma için harcanan enerjiyi büyük oranda azaltır. Yalıtım malzemesi kalınlığı, bölgedeki ortalama hava sıcaklığı, nem oranı, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve fiyatı dikkate alınarak belirlenir. Yalıtım malzemesi kalınlığı artırılarak, enerji kayıpları ve hava kirliliği azaltılabilir. Yalıtımsız binanın yalıtımlı hale getirilmesi ile ısı kayıpları değişimi Şekil 1.6.'da verilmiştir.



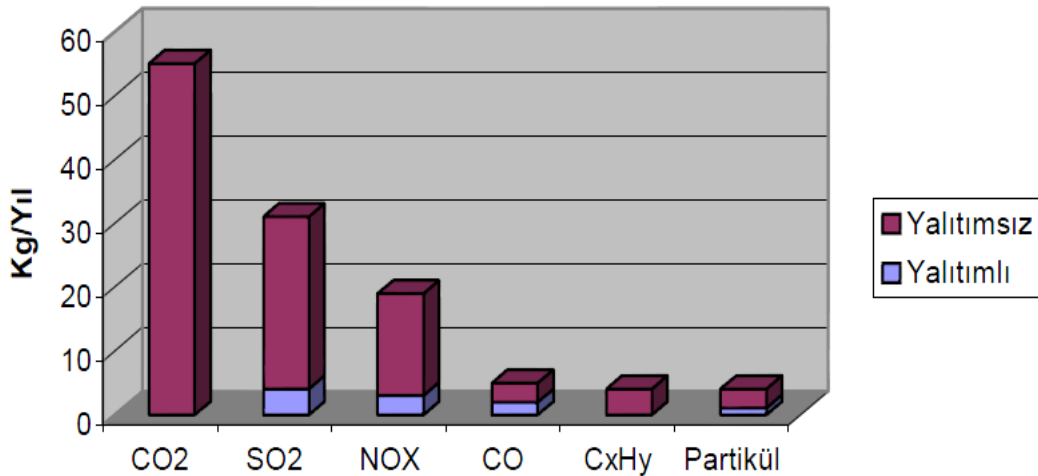
Şekil 1.6. Yalıtımlı ve yalıtımsız haldeki ısı kayıpları [36].

1.2.2.4. Yalıtımın Hava Kirliliğine Etkisi

Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların yanması sonucu karbondioksit (CO_2) ve kükürt dioksit (SO_2) gibi büyük miktarlarda atık gaz hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu atık gaz (özellikle CO_2) dünyanın geri yansıttığı güneş ısınlarını da tutarak (sera etkisi) dünya sıcaklığının artmasına yol açmaktadır. Bunun uzantısında gelecek yıllarda iklim değişiklikleri beklenmektedir.

Kükürt esaslı baca gazı atıkları havadaki su ile birleşerek sülfürik asit yağmurlarına neden olmaktadır. Asit yağmurları da bitki örtüsü ve yapıları tahrip etmektedir. Çevre Bakanlığı'ndan sağlanan bilgilere göre 1981 yılından itibaren 9 yılda CO_2 'den kaynaklanan emisyonlarda % 52'lik bir artış meydana gelmiştir. 1988 yılından itibaren 2 yıllık SO_2 emisyonu artışı % 20 civarında olmuştur. 1989 yılında ısınmadan kaynaklanan SO_2 emisyonları İstanbul'da 200.000 ton Ankara'da ise 100.000 ton civarındadır.

Dünya geleceğini tehdit eden zararlı emisyonları azaltmak amacıyla bu konuda çeşitli kararlar alınmaktadır. Ülkemizde bu emisyonları azaltıcı önemli bir önlem, ısı yalıtım yönetmeliğinin uygulanmasıdır. Gerekli yalıtım tedbirlerinin alınması binanın ısı ihtiyacını azaltarak, dışarıya atılan baca gazı miktarını azaltacak dolayısıyla hava kirliliğini azaltacaktır. Yalıtımsız binanın yalıtımlı hale getirilmesi ile ısı kayıpları değişimi Şekil 1.7.'de verilmiştir [4].



Şekil 1.7. Yalıtımlı ve yalıtımsız haldeki emisyon miktarları [36].

1.2.2.5. Yalıtımın insan sağlığına etkisi

Isı yalıtımsız mekânlarda, nem oluşumundan kaynaklanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Çünkü nemli ortamlar, mikroorganizmaların üremesi için uygun ortam yaratır ve bu da ortamdaki havanın solunum yolları ile alınmasından dolayı sağlığa zarar vermektedir. Yapılan araştırmalar, nemli ortamların ve bu ortamlardan kaynaklı küf oluşumu, özellikle küçük çocukların astım hastalığına yakalanma riskini büyük ölçüde artırmaktadır. Standartlara uygun olarak yapılmış ısı yalıtımı, tüm bu sorunların oluşmasını önler. Binalarda kullanılan enerjinin hava kirliliğine katkısının oranı ise % 21'dir. Yapılan araştırmalar, hava kirliliğinin yoğun yaşandığı bölgelerde göğüs hastalıkları hasta sayısında belirgin oranda artış yaşandığını göstermektedir. Hava kirliliği nedeniyle nefes darlığı, astım, bronşit, üst solunum yolu enfeksiyonu ve zatürree gibi göğüs hastalıklarına yakalanma oranını doğrudan artırmaktadır. Hava kirliliğinin sağlık açısından en önemli etkisi ise, uzun dönemde görülüyor. Uzmanlar, akciğer kanserinin hazırlayıcı etkenleri arasında ilk sırayı hava kirliliğine veriyor.

Hava kirliliği insanların psikolojik olarak olumsuz etkilenmesine de yol açıyor. Hava kirliliğinin en görünür psikolojik etkisi, iç sıkıntısı olarak yaşanıyor. Hava kirliliğinin, bunun yanında diğer psikolojik rahatsızlıkları tetiklediği de biliniyor. Ayrıca, hava kirliliğinin kalp ve damar hastalıkları, mide ve bağırsak rahatsızlıkları böbrek ve beyne olumsuz etkilerinin olduğu da uzmanlar tarafından sıkça vurgulanıyor. Hava kirliliğinin ve küresel ısınmanın trajik sonuçlarını yakınımızda hissetmiyor olabiliriz.

Yalıtımın sağlık açısından bir başka boyutu, ses ve titreşimin sebep olduğu gürültüdür. Gürültü insanda, işitme bozukluğuna, kan basıncının artmasına, çalışma veriminin düşmesi, uykusuzluk ve sinirlilik gibi psikolojik etkilere neden olmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte özellikle kentlerde gürültüde artmıştır. Gürültünün sebep olduğu bu etkileri azaltmak için gürültüye karşı önlem almak gerekir. Yapı elemanlarında alınacak önlemler ile bina içerisinde istenen ses seviyesinin sabit tutulması, ses veya gürültü yalıtımı olarak tanımlanabilir. Yaşanılan ortam, dışarıdaki gürültülere karşı yalıtılırsa sağlıklı bir ortam oluşturulur. Ayrıca çok katlı konutlarda katlar arasında ve iç duvarlar arasında yapılacak ses yalıtımı ise komşuluk ilişkilerinin sağlıklı yürümesine ve böylece toplumun sağlıklı bir yapıya kavuşmasına yardımcı olacaktır [37].

1.2.2.6. Yalıtımın ısıl konfora etkisi

Isıl konforu etkileyen en önemli faktörler ortam sıcaklığı ve duvar iç yüzey sıcaklığıdır. Oda içerisinde sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamın sağlanması için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasında en fazla 2–3 °C’lik bir sıcaklık farkı olmalıdır. Ortam sıcaklığının 20 °C olduğu düşünülürse duvar iç yüzey sıcaklığı 17 °C’nin altına düşmemelidir. Sıcaklık farkının büyük olması durumunda içeride bir hava hareketi olacağından, bu hareket ile birlikte oda içerisinde gözle görülmeyen toz parçacıkları da hareket edecektir. Bu durum insan sağlığını etkileyecektir. Duvar iç yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığına yakın tutmanın tek yolu ise ısı yalıtımıdır [38]. Binanın karşı karşıya kalacağı dış etkenler; coğrafyaya, iklim koşullarına, bina yapılacak arsanın konumuna, imar bilgilerine, yapılacak binanın işlevine, kullanıcıların istek ve beklentilerine bağlı olarak değişir. Yapıların yalıtım gereklilikleri, bu etkenlere göre belirlenir. Örneğin, otoyol yakınındaki bir arsada yapılacak binada ses yalıtımına özellikle önem vermek gerekecektir. Yağışların bol olduğu veya basınçlı yer altı sularının bulunduğu bir bölgede ise, binayı hem su hem de neme karşı koruyacak yalıtım uygulamaları ön plana çıkacaktır.

1.3. Isı Yalıtım Malzemeleri

1.3.1. Ekspande Polistren (EPS)

- Polistiren hammaddesinin, su buharı ile teması sonucu, hammadde granüllerinin içinde bulunan pentan gazının granülleri şişirmesi ve birbirlerine yapıştırması sonucu meydana gelmektedir.
- Kullanım yeri amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha ve kalıp olarak üretilbilmektedir.
- Isı yalıtımı ve ambalaj maksadıyla kullanılmaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040$ W/mK’dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu = 20-100$ ’dür.

- Kullanım sıcaklığı $-50/+75^{\circ}\text{C}$ aralığındadır. Kapiler emiciliği yoktur.
- Asit ve baz kimyasallara dirençli olmasına karşın, baca gazları, metan grubu gazları, benzin grubu, eter, ester ve amin grubu kimyasallara karşı hassastır.
- Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı hassastır.
- TS EN 13501-1'e göre E ve F sınıfındadır.
- BVQI tarafından verilen ISO 9001 Kalite Güvence Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahip tesislerde üretilmektedir.
- TS 7316 EN 13163 Standardına tabi İzocam EPS ürünler, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/EEC) çerçevesinde CE işareti taşımaya haizdir.



Şekil 1.8.Ekspande Polistren (EPS)

1.3.2. Ekstrude polistren (XPS)

- Polistiren hammaddesinden ekstrüzyon yolu ile üretilmektedir.
- Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve basma mukavemetinde, değişikkenar ve yüzey şekillerinde levha olarak üretilmektedir.
- Isı yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,035$ W/mK'dır.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=90-100$ 'dür.
- Kullanım sıcaklığı $-50/+75^{\circ}\text{C}$ aralığındadır.
- %100 kapalı gözenekli homojen hücre yapısına sahip olup bünyesine su almamaktadır.
- Kapiler emiciliği yoktur.
- Basma dayanımı çok yüksektir.
- TS EN 13501-1'e göre E sınıfındadır.
- OwensCorning USA Hydrovac Lisansı ile üretilmektedir.
- BVQI tarafından verilen ISO 9001 Kalite Güvence Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahip tesislerde üretilmektedir.



Şekil 1.9. Ekstrüde Polistren (XPS)

1.3.3. Cam Yünü

- Yerli olarak temin edilen, inorganik hammadde olan silis kumunun 1200°C – 1250°C’de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır.
- Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilmektedir.
- Isı yalıtım, ses yalıtımı ve akustik düzenleme ile birlikte yangın güvenliği de sağlamaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040/\text{mK}$ ’dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ ’dir.
- Kullanım sıcaklığı -50 / +250°C aralığındadır. Bağlayıcısız cam yünü ürünler 500°C’ye kadar kullanılabilir. Ayrıca -200 / +400°C aralığında kullanılan özel cam yünü ürünler de üretilebilmektedir.
- Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmaz.
- Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve pas yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilmez.
- Higroskopik ve kapiler değildir.
- Alman Normu olan DIN 4102’ye ve Türk Standardı TS EN 13501-1’e göre ”yanmaz malzemeler” olan A sınıfındandır.
- BVQI tarafından verilen ISO 9001 Kalite Güvence Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetimi Sistemi ve OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahip tesislerde üretilmektedir.
- TS 901 – 1 EN 13162 Standardına tabi İzocam Camyünü ürünler, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/ EEC) çerçevesinde CE işareti taşımaya haizdir.



Şekil 1.10. Cam Yünü

1.3.4. Taşyünü

- Yerli olarak temin edilen inorganik hammadde olan bazalt taşının 1350°C-1400°C’de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır.
- Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilmektedir.
- Isı yalıtımı, ses yalıtımı, akustik düzenleme ve yangın yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040$ W/mK’dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ ’dir.
- Kullanım sıcaklığı -50/+600, -50/+650°C aralığındadır.
- Sıcağı ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmaz.
- Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez.
- Higroskopik ve kapiler değildir.
- TS EN 13501-1’e göre “yanmaz malzemeler olan A sınıfındandır.
- Saint-Gobain Isover Grönzweig + Hartmann Almanya Sillan Lisansı ile üretilmektedir.
- BVQI tarafından verilen ISO 9001 Kalite Güvence Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahip tesislerde üretilmektedir.
- TS 901-1 EN 13162 Standardına tabi İzocam Taşyünü ürünler, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/EEC) çerçevesinde CE işareti taşımaya haizdir.



Şekil 1.11.Taşyünü

1.3.5. Kauçuk Köpük

- Kullanım yeri amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde boru ve levha olarak üretilmektedir.
- Isı yalıtımı ve yoğuşma kontrolü maksadıyla kullanılmaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,038$ W/mK'dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu > 3000-7000$ 'dir.
- Kullanım sıcaklığı $-60/+1050^{\circ}\text{C}$ aralığındadır.
- Esnektir.
- Kapalı gözeneklidir.
- Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı hassastır.
- İngiliz Normu BS 476'ya Class 0 ve Class 1 sınıfındadır.
- Armacell GmbH lisansı ile üretilmektedir.
- BVQI tarafından verilen ISO 9001 Kalite Güvence Sistemi, OHSAS 18001 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahip tesislerde üretilmektedir.



Şekil 1.12. Kauçuk Köpük

1.3.6. Polietilen Köpük

Kullanım yeri amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde boru ve levha olarak üretilmektedir.

- Isı yalıtımı ve yoğuşma kontrolü maksadıyla kullanılmaktadır.
- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040 \text{ W/mK}$ 'dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu > 5000$ 'dir.
- Kullanım sıcaklığı $-45/+80^\circ\text{C}$ aralığındadır.
- Esnektir.
- Kapalı gözeneklidir.
- Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı hassastır.
- İngiliz Normu BS 476'ya Class 0 ve Class 1 sınıfındadır.



Şekil 1.13. Polietilen Köpük

1.3.7. Odun Talaşı Levhalar

Ahşap talaşının bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

- Isı iletkenlik hesap değeri : $0,09 - 0,15 \text{ W/mK}$
- Kullanım sıcaklığı : max. $+110^\circ\text{C}$
- Yanma sınıfı : BS476 standardına göre Class1
- Yoğunluk : $360-570 \text{ kg/m}^3$
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: $2 - 5$
- Su emme: $\sim \% 10$
- Basma dayanımı: 200 kPa (20 ton/m^2) basma dayanımı



Şekil 1.14.Odun Talaşlı Levhalar

Tablo 1.2. Isı Yalıtım Malzemeleri Ürün Standartları [39].

Camyünü	TS 901 EN 13162
Taşyünü	TS 901 EN 13162
Ekspande Polistren (EPS)	TS 7316 EN 13163
Ekstrude Polistren (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

1.4. Duvarlarda Isı Yalıtımı Uygulamaları

Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek oluşu, üzerine doğrudan sıva uygulanabilirliği, basınç ve darbeye karşı dayanımın yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yoğuşma sorununun önlenmesi için gerekli hesapların mutlaka yapılması gerekir.

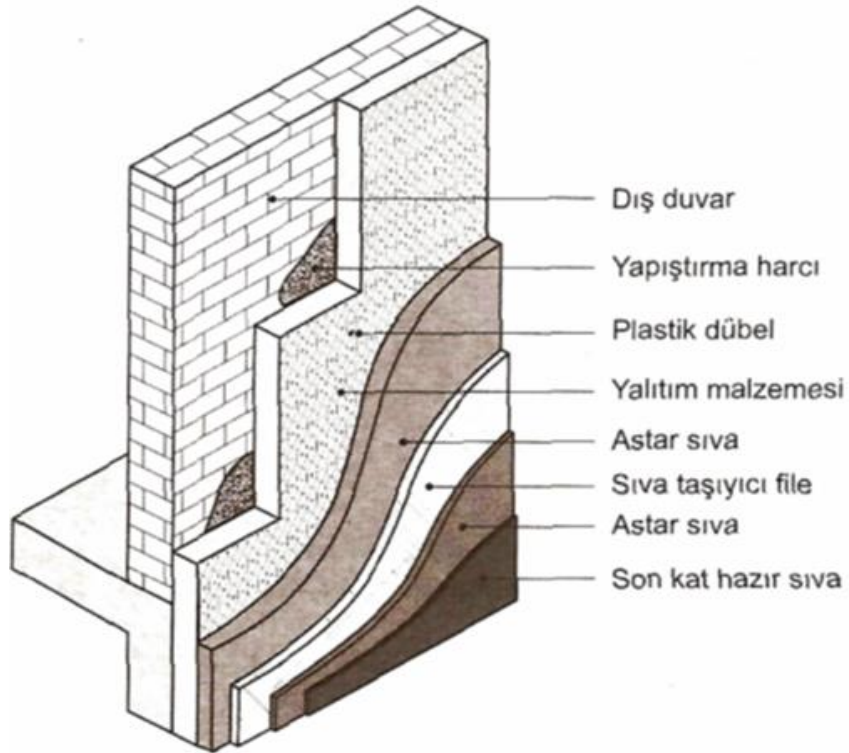
Duvarlarda ısı yalıtımı temel prensipleri ise şunlardır;

- Duvarlarda dışarıdan ısı yalıtım tercih edilmelidir. Böylece hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütlenin 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 basınç dayanımlı olmalıdır.
- Isıtılmayan bodrumların dış duvarlarında ısı yalıtım malzemesi, zeminden itibaren yer altı 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.
- Isı yalıtım malzemesinin cepheye kaplanması, cepheye dikine istikamette aralıklı tutturulmuş latalar arasına da yapılabilir. Lata aralıkları yalıtım malzemesi genişliği ile uyumlu olmalıdır. Lataların duvara tutturulmaları, duvara daha önce çimento harcı ile özel yerleştirilmiş takozlarla olabileceği gibi B.A. elemanlara dübel ile de yapılabilir.
- Dış duvarda ısı yalıtım değeri yüksek olan bloklarla duvar örülüp üzerine sıva yapıldığında, döşeme alını ile kolon ve giriş 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 çıkacaktır. Bunu bertaraf etmek için yalıtım yüzeyleri rabbitz tel veya sıva filesi ile kaplanıp üzerine özel çimento esaslı sıva yapılmalıdır.
- Duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve yalıtım malzemesinin kalınlığının hesaplanmasında hava tabakası da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iç mekândaki su buharı da hava tabakası yoluyla dışarı atılır. Hava sirkülasyonunun sağlanması için tuğla örgüde döşeme ve tavan hizasında bazı düşey derzler boş bırakılır [40].

1.4.1 Dıştan Yalıtım

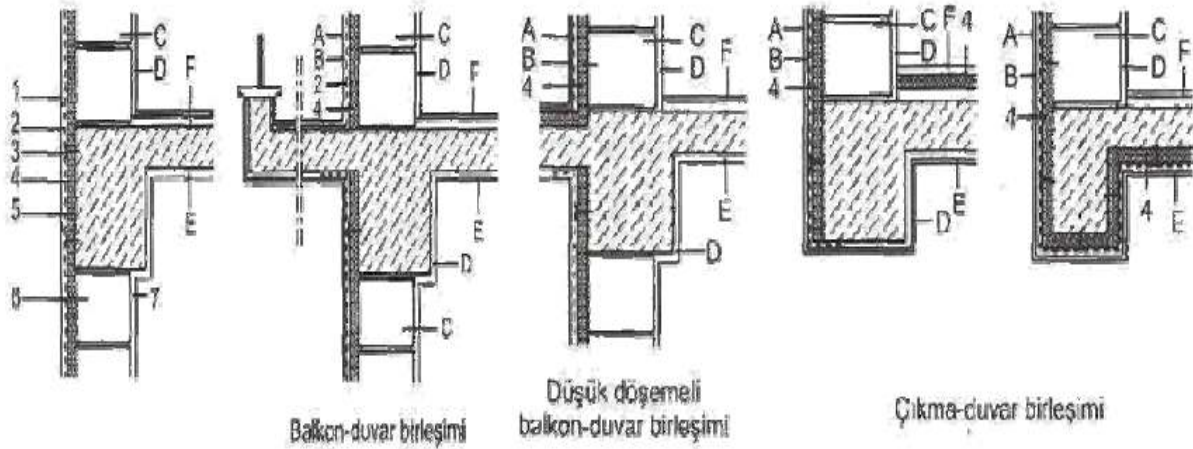
Isı yalıtımı, binayı çevreleyen kabuk yani dış duvarın dış yüzeyine uygulanır. Bina dış kabuğunu ısıl gerilimlerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor şartlarının devamını sağlar [40].

Yalıtım levhaları, yüzeye yapıştırıcı sürüldükten sonra aralarında boşluk kalmayacak şekilde duvara tespit edilir. Yapıştırma harcı genel olarak yaklaşık 24 saatte kurur. Harç kuruduktan sonra yalıtım levhalarını sağlamlaştırmak için özel yalıtımlı dübellerle m²'ye 6 adet gelecek şekilde levhalar dübellenir. Yalıtım levhası üzerine çok ince astar sıva yapılır. Astar sıva üzerine cam kumaşı esaslı 145-160 gr/ m² olan file, kenarları 10 cm birbirinin üzerine girebilecek şekilde yerleştirilir. File üzerine yine astar bir sıva atılır. Bu katmanlar kuruduktan sonra son kat sıva yapılarak yalıtım uygulaması tamamlanır.



Şekil 1.15.Dıştan yalıtılmış bir duvarın yalıtım detaylarının perspektif görünümü [31].

Dış duvarların yalıtımında duvar yüzeyleriyle birlikte kolon, kiriş, lento, hatıl ve perde duvar gibi yapı elemanlarını da yalıtılmak gerekir. Bu elemanların yalıtılmasıyla, ısı köprüleri ortadan kalkar ve yapı elemanları atmosferik şartlara karşı korunur. Dıştan yalıtılmış bir dış duvarın yalıtım detayı Şekil 1.16.'de verilmiştir. Şekilde düşük döşemeli balkon-duvar birleşimi(a), balkon duvar birleşimi(b), ve çıkma-duvar birleşimi(c) detayları gösterilmiştir.



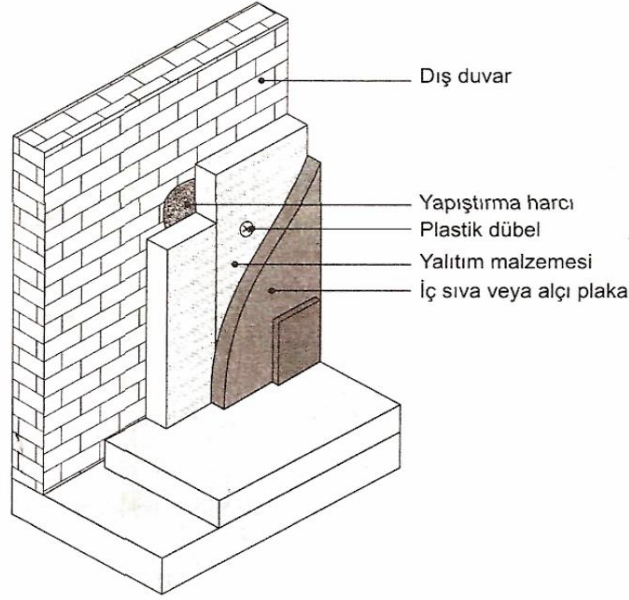
Şekil 1.16. Dıştan yalıtımlı duvarlar

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Dış cephe kaplaması | A. Dış cephe kaplaması |
| 2. File taşıyıcılı ince sıva veya Rabitz telli normal dış sıva | B. Sıva |
| 3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur) | C. Duvar konstrüksiyonu |
| 4. Isı yalıtımı | D. İç sıva |
| 5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur) | E. Tavan sıvası |
| 6. Duvar konstrüksiyonu | F. Döşeme kaplaması |
| 7. İç sıva [21]. | |

1.4.2. İçten Yalıtım

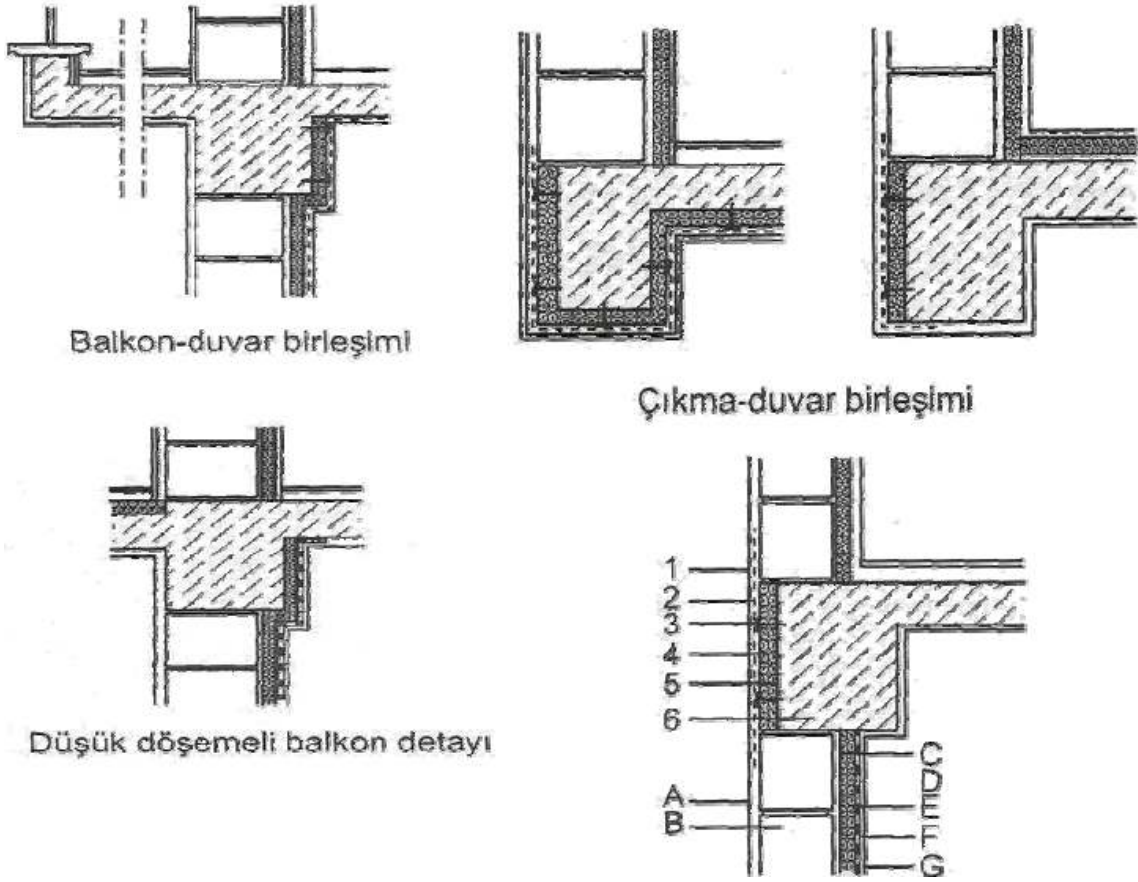
Dış duvarların içten yalıtımı, ancak dış taraftan ısı yalıtımı tercih edilemeyen durumlar için uygulanabilir. Dış duvarlara bağlı olan kolon, kiriş ve perde gibi yapı elemanları, ısı köprüsü oluşmaması için yalıtılmalıdır.

Dış duvarların dıştan veya içten yalıtılmasının avantaj ve dezavantajları vardır. Dıştan yalıtım yapı elemanların atmosferik şartlara karşı korur. Sıcaklık farkı nedeniyle, yapı elemanlarında meydana gelen genleşme ve büzülme gibi fiziksel değişimleri minimum seviye tutar veya tamamen önler. Bu durum binaların daha uzun ömürle olmasını sağlar. İçten yalıtımda yapı eleman atmosferik şartlara karşı korunamaz. Bu nedenle, binaların ömrü ve güvenilirliği daha az olur. Fakat içten yalıtım dıştan yalıtıma göre daha kolay ve işçiliği daha azdır.



Şekil 1.17.İçten yalıtılmış bir dış duvarın yalıtımına ait perspektif [31].

Dış duvarların içten yalıtımı, ancak dış taraftan ısı yalıtımı tercih edilemeyen durumlar için uygulanabilir. Dış duvarlara bağlı olan kolon, giriş ve perde gibi yapı elemanları, ısı köprüsü oluşmaması için yalıtılmalıdır. Şekil 1.17.'de iç duvarların içten yalıtılması ile ilgili olarak detayları göstermektedir. Şekilde asmolen döşeme (a), çıkma duvar birleşimi (b) Balkon-duvar birleşimi (c) ve düşük döşemeli balkona ait yalıtım detayı verilmiştir.



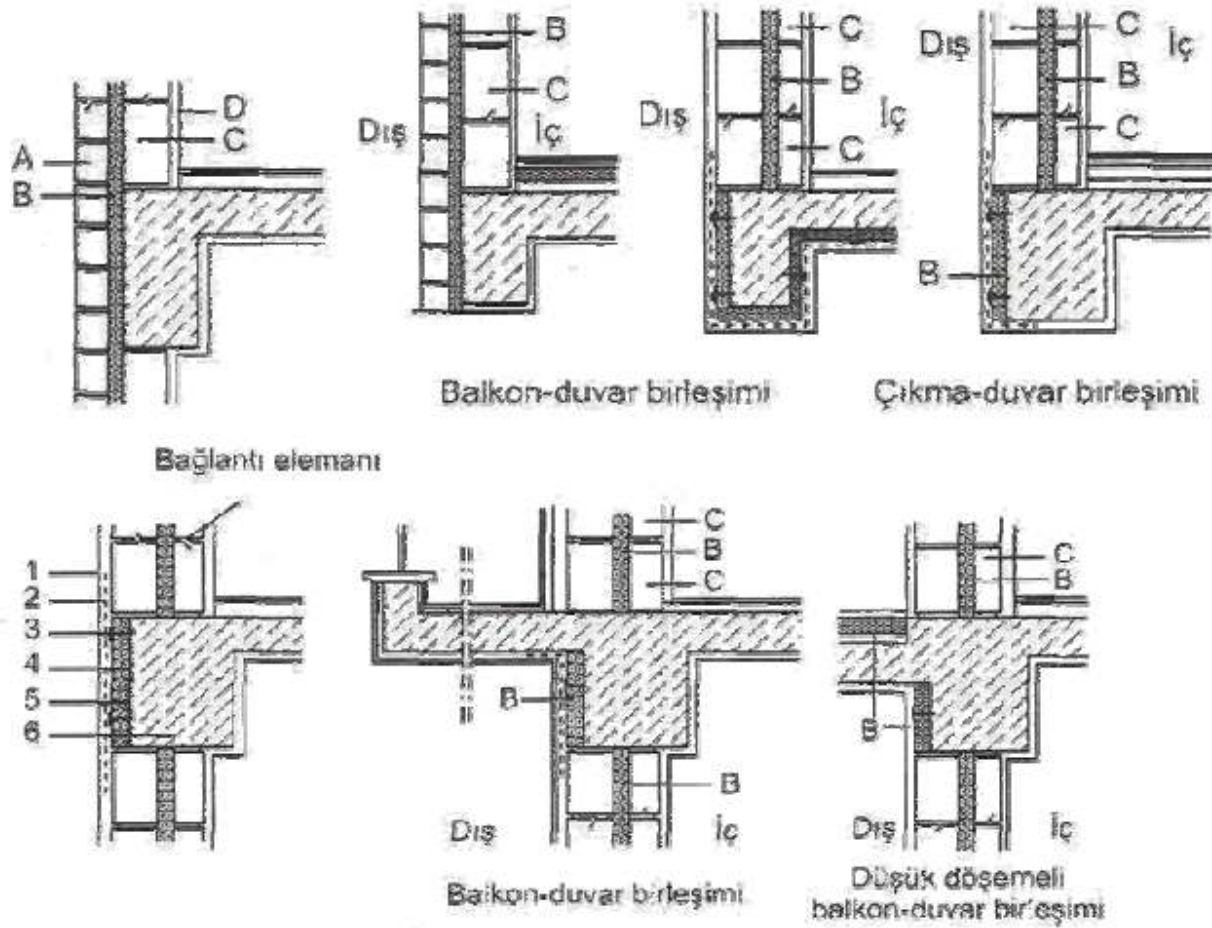
Şekil 1.18.Dış duvarların içten yalıtım görünümü

1. Dış cephe kaplaması
2. Rabitz telli sıva
- Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
3. Isı yalıtımı
4. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
5. Betonarme kiriş alçı plaka

- A. Dış cephe kaplaması
- B. Duvar kontrüksiyonu
- C. Yapıştırıcı
- D. Isı yalıtımı
- E. Buhar kesici membran (yoğuşma kontrolüne göre gerekiyorsa)
- F. Alçı sıva (donatı filesi ile) ve ya (ek yerlerine file bandı kullanılmalıdır)
- G. Saten alçı ve iç kaplama [21].

1.4.3. Sandviç Duvarlarda Yalıtım (Ortadan yalıtım)

Sandviç duvarlarda duvar malzemesi arasında yalıtım malzemesi koymak üzere boşluk bulunur. Bu boşluğa yalıtım malzemesi levha halinde koyulabileceği gibi, sıvı halde de atılabilir. Sıvı halde atıldığı zaman iki tarafta bulunan duvar malzemesi Yalıtım malzemesiyle birlikte rijit kala gelir. Şekil 1.19’da sandviç duvarların yalıtım detayları gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Sandviç Duvarların Yalıtımı

1. Dış cephe kaplaması
2. Rabitz telli sıva
3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisinde konursa gerek yoktur)
4. Isı yalıtımı
5. Yapıştırıcı(ısı yalıtımı kalıp içerisinde konursa gerek yoktur.)
6. Betonarme kiriş veya döşeme alanı

- A. Pres tuğla
- B. Isı yalıtımı
- C. Duvar malzemesi(gaz beton, tuğla, bims, vb)
- D. İç sıva

Şekilde balkon-dubar birleşimi (a), düşük döşemeli balkon-duvar birleşimi (b), farklı balkon-duvar birleşimi (c) ve düşük döşemeli balkona ait yalıtım detayları verilmiştir [16].

1.5. Matematiksel Hesaplamalar

Ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmak ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu belirlemek için öncelikle mevcut binaların ısıtma enerji tüketimlerini belirlemek gerekir.

1.5.1. Yıllık Isı Enerjisi

Dış duvarın birim yüzeyinde meydana gelen ısı kaybı,

$$q = U \times \Delta t \quad (1.13)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Burada, U ısı geçiş katsayısını ifade etmektedir. Birim yüzeyde meydana gelen yıllık ısı kaybı ise U ve Derece gün sayısı (PP) kullanılarak hesaplanabilir .

$$q = U \times 86400 \times DD \quad (1.14)$$

Yıllık enerji ihtiyacı ise, yıllık birim ısı kaybının sistem verimine bölünmesiyle elde edilir [63]. Bir binaya ait ısıtmadaki yıllık enerji ihtiyacı E_A , derece gün değeri DD , duvarın toplam ısı taşınım katsayısı U (W/m^2K) ve ısıtma sisteminin verimi η olmak üzere denklem (1.15) ile bulunur.

$$E_A = \frac{86400 \times DD \times U}{\eta} \quad (1.15)$$

Duvarın toplam ısı taşınım katsayısı U , duvarı oluşturan katmanların dirençleri dikkate alınarak Denklem (1.14) ile hesaplanır .

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_{in} + R_o} \quad (1.16)$$

Denklem (2.4)'de R_i iç yüzey ısı direncini, R_o dış yüzey ısı direncini, R_w bileşim duvarın iletim ısı direncini, R_{in} yalıtım tabakasının iletim ısı direncini ifade etmektedir.

Yalıtım tabakasının iletim ısı direnci R_{in} , x/k ifadesi ile de verilebilir. Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği k (W/mK), yalıtım kalınlığı x (m) olup, toplam ısı taşınım katsayısı U (W/m²K) olmak üzere Denklem (1.16)'ü Denklem (1.17)'gibi yazabiliriz.

$$U = \frac{1}{R_{wt} + \frac{x}{k}} \quad (1.17)$$

Denklem (1.17) ile verilen eşitlikte R_{wt} yalıtım tabakası iletim ısı direnci hariç diğer ısı iletim dirençlerinin toplamını göstermektedir. Buna göre ısıtma için gerekli olan yıllık ısı enerjisi Denklem (1.18)'daki gibi hesaplanır.

$$E_A = \frac{86400 \times DD}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right) \times \eta} \quad (1.18)$$

1.5.2.Ekonomik Analiz Yöntemi

Yatırımların değerlendirilmesinde temel amaç, yatırımın ekonomik olup olmadığını belirlemektir. Değerlendirmede öncelikle, yatırımın ekonomik ömrü boyunca yatırımla ilgili tüm parametrelerin belirlenmesi gerekir. Bu parametreler; yatırım tutarı, faiz oranı, devrelik gelirler, devrelik giderler, ekonomik ömür ve hurda değerdir. Yatırımların değerlendirmesinde kullanılacak birçok ekonomik analiz yöntemi vardır. En iyi yalıtım kalınlığının hesaplaması için de, ekonomik analiz yöntemlerinden biri olan bugünkü değer yöntemi kullanılmıştır. Bugünkü değer yöntemi, bir yatırımın ekonomik olup olmadığını belirleyen bir yöntemdir. Yatırımın

ekonomik ömrü boyunca, tüm gelirler ile giderlerin belirli bir faiz oranı üzerinden peşin değerleri toplamının belirlenerek mukayese yapılması esasına dayanır. Yatırımla ilgili tüm parametreler belirlendikten sonra, yatırıma ilişkin nakit akışları oluşturulur. Daha sonra yatırımın ekonomikliği belirlenir. Yöntemin sakıncalı yönü ise, başlangıçta belirlenen faiz oranının, projenin ekonomik ömrü boyunca sabit olarak dikkate alınmasıdır. Belirlenen bu faiz oranının izlenen yıllardaki değişimi, en uygun yatırım seçimini etkiler.

Gelecekteki yıllık faiz oranı, sadece geçmiş yıllardaki faiz oranlarından faydalanarak tahmin edilemez. Faiz oranı, ülke ve dünya ekonomisinin içinde bulunduğu şartlarla yakından ilgilidir. İç ve dış borç miktarı, ihracat-ithalat dengesi, kamu açıkları gibi pek çok faktör enflasyonu dolayısıyla faiz oranını dolaylı ya da direkt olarak etkiler. Gelecekteki faiz oranlarının değişken kabul edilmesi halinde, bir yatırımı değerlendirirken, bir nakit akışının peşin (gelecek) değeri, o yılın faiz oranı dikkate alınarak hesaplanır.

Bugünkü değer faktörü hesaplanırken, enflasyon etkisi giderilmiş yıllık faiz oranı (reel faiz oranı) r kullanılır.

$$r = \frac{i-g}{1+g} \quad (1.19)$$

Toplam ısıtma maliyeti; ısıtım malzemesinin N yıllık ekonomik ömrü için yıllık ısıtma maliyetlerinin peşin değerleri toplamıdır. Bu değer, yatırımların değerlendirilmesinde kullanılan Bugünkü Değer yöntemiyle hesaplanabilir.

N yıl boyunca yıllık enerji maliyetlerinin toplamı Denklem (1.20) ile bulunur. Denklem (1.18)'deki ifade Şimdiki Değer Faktörü olup PWF ile .

$$PWF = \frac{(1+r)^N - 1}{r \times (1+r)^N} \quad (1.20)$$

1.5.3.En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti

En iyi yalıtım kalınlığını; dış ortam sıcaklığı, ısıtma periyodunun uzunluğu, çalışma süresi, ısıtma sistemi verimi, yalıtım malzemesi özellikleri (ısı iletim katsayısı, fiyat, ömür) etkileyen parametrelerdir. Yalıtımlı bir binada birim alanı ısıtmak için kullanılan yıllık enerji (yakıt) maliyeti C_{Ain} Denklem (1.21) kullanılarak elde edilir. Bu denklemde C_f yakıtın birim fiyatını, H_u yakıtın ısı değerini ifade eder .

$$C_{Ain} = \frac{86400 \times DD \times C_f}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right) \times H_u \times \eta} \quad (1.21)$$

$$C_{in} = C_i \times x \quad (1.22)$$

C_{in} TL/m² cinsinden, yalıtım (yatırım) maliyeti olup formüldeki x yalıtım malzemesinin kalınlığını (m) ve C_i ise TL/m³ cinsinden yalıtım malzemesinin maliyetini gösterir.

Böylece yalıtımlı bir binada N yıllık toplam ısıtma maliyeti Denklem (1.22)'de olduğu gibidir.

$$C_{Tin} = C_{Ain} \times PWF + C_i \times x \quad (1.23)$$

Denklem (1.19)'dan C_{Ain} alınıp Denklem (1.23)'de yerine yazılırsa, Denklem (1.24) elde edilir.

$$C_{Tin} = \frac{86400 \times DD \times Cf \times PWF}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right) \times H_u \times \eta} + C_i \times x \quad (1.24)$$

Yalıtım malzemesi kullanımının ekonomik olup olmadığı, yalıtım malzemesi kullanıldığında sağlanan enerji tasarrufu ile yalıtım yatırım maliyetlerinin mukayesesi ile belirlenebilir.

$$S_{Ain} = C_T - C_{Tin} \quad (1.25)$$

$$C_T = \frac{86400 \times DD \times Cf \times PWF}{R_{wt} \times H_u \times \eta} \quad (1.26)$$

Denklem (1.26) yalıtım malzemesinin kullanılmadığı durumda ki ısıtmada kullanılan yakıt maliyetini ifade etmektedir. Denklem (1.24) ve Denklem (1.26) alınıp Denklem (1.25)'de yerine yazılırsa N yıllık toplam yakıt maliyet kazancı Denklem (1.27)'de olduğu gibi hesaplanır.

$$S_{Ain} = \frac{86400 \times DD \times Cf \times PWF}{R_{wt} \times H_u \times \eta} - \frac{86400 \times DD \times Cf \times PWF}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right) \times H_u \times \eta} - C_i \times x \quad (1.27)$$

Denklem (2.15)'deki ilk terim yalıtım malzemesi kullanılmadığı durumda ($x = 0$), ikinci terim ise yalıtım malzemesi kullanıldığında ($x \neq 0$) ortaya çıkan toplam yakıt maliyetini ifade etmektedir.

Belirtilen iki maliyet arasındaki fark sağlanan enerji tasarrufunu verir. Son terim, yalıtım (yatırım) maliyeti olup; enerji tasarrufu ile yalıtım maliyetinin farkı kazancı ifade eder. Dolayısıyla $S_A(x)$ konkav bir fonksiyon olup,

$$\frac{dS_{Ain}}{dx} = 0 \quad (1.28)$$

Koşulunu sağlayan x (m), toplam kazancı en büyük yapan yalıtım malzemesi kalınlığını verir.

1.5.4. Geri Ödeme Süresinin Tespiti

Faiz oranlarının değişkenlik gösterdiği durumlarda, uzun süreli faiz oranı tahmini mümkün olmadığı için geri ödeme süresi ile değerlendirme önem kazanır. Faiz oranları en fazla 2-3 yıl için duyarlı tahmin edilebilir. Dolayısıyla, yatırımın geri ödeme süresinin de 2.5-3 yıl olması gerekir. Daha uzun olması halinde, faiz oranlarının tahminindeki riski nedeniyle, yatırım riske girer. Geri Ödeme Süresi (PP) yöntemi, yatırımın ekonomikliğini ölçen bir yöntem olmayıp, kaç yıl içerisinde gelirlerin giderleri karşılayacağını hesaplayan bir yöntemdir. Bu yöntem ile yatırımın nakit girişlerinin kaç devre içinde nakit çıkışlarının karşılayacağı Denklem (1.29) kullanılarak hesaplanır. Yapılan yatırımlar içinde, en kısa sürede geri dönen yatırım tercih edilir.

$$PP = \frac{C_{in}}{C_{At}} \quad (1.29)$$

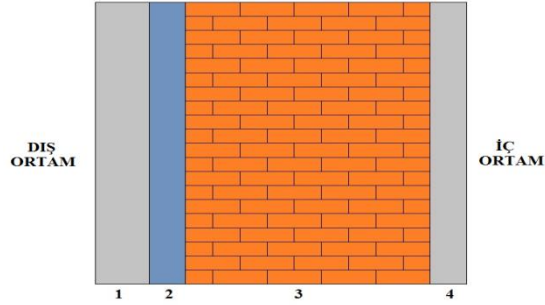
C_{At} yıllık toplam ısıtma maliyeti kazancı olup $(C_A - C_{Ain})$ şeklinde hesaplanır. C_A , yalıtım malzemesi kullanılmadığında bir binada birim alanı ısıtmak için kullanılan yıllık enerji (yakıt) maliyetidir.

1.5.5. Duvar Tipi, Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türlerinin Seçimi

Prensip olarak yapı fizikine uygun çok katmanlı yapı elemanlarında sıcak taraftan soğuk tarafa doğru, her malzemenin ısı iletkenlik değeri gittikçe azalacak bir sistem oluşturulmalıdır. Bu kurala uyulmadığı zaman söz konusu düzlem ve bölgede su yoğunlaşma riski artar. Bu sebepten dolayı yapılan çalışmada yalıtım uygulaması seçmiş olduğumuz duvar tipi dıştan yalıtım duvardır enerji tipi elektrikle ısınma, yalıtım malzemesi ise EPS, XPS, Taş yünü olarak belirlenmiştir.

1.5.5.1. Duvar Tipinin Seçimi

Elazığ ilinde genellikle kullanılan duvar tipleri Yatay Delikli Tuğla Duvar, yapacağımız fiyat analizinde örnek tuğla duvarın şekli görülmektedir.



Şekil 1.20. Dıştan yalıtımlı tuğla duvar

Şekil 1.20.'de görüldüğü gibi Dıştan Yalıtımlı Tuğla Duvarı oluşturan bileşenler dıştan içe doğru aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Dış Sıva (çimento esaslı) 0.03 m
2. Yalıtım Malzemesi
3. Duvar Yapı Malzemesi (yatay delikli tuğla) 0.135 m
4. İç Sıva (kireç esaslı) 0.02 m [4].

Tablo 1.3. Dış duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri [4].

Malzemeler	Kalınlık (m)	k (W/mK)	R (m²K/W)
Dış Sıva (çimento esaslı)	0.030	1.40	0.021
Yatay Delikli Tuğla	0.135	0.45	0.300
İç Sıva (kireç esaslı)	0.020	0.87	0.022
Taş Yünü		0.040	
XPS		0.038	
EPS		0.035	
R _i			0.13
R _o			0.04
Yalıtım malzemesi hariç toplam duvar			0.51

1.5.5.2. Yalıtım Malzemesi Seçimi

Seçmiş olduğumuz Duvar Tiplerinde kullanacağımız Yalıtım Malzemesi türleri ise; EPS, XPS ve Taş yünü olmak üzere üç türden yalıtım malzemesidir. Hesaplamalarda kullanacağımız, seçmiş olduğumuz yalıtım malzemelerine ait bilgiler Tablo 1.4.'te verilmiştir.

Tablo 1.4. Yalıtım malzemelerinin özellikleri

	Taş Yünü	XPS	EPS
Isı İletkenliği (W/mK)	0.040	0.035	0.038
kalınlık	7 cm	7 cm	7 cm
Birim Fiyatı (TL/m ³)	540	380	300

1.5.5.3. Yakıt Türünün Seçimi

Seçmiş olduğumuz duvar tipleri ve yalıtım malzemeleriyle birlikte kullanacağımız bir diğer parametre ise yakıt türüdür. Yapacağımız çalışmada Elazığ ilinde yaygın olarak kullanılan yakıt türlerinden elektrik enerjisi ile maliyet analiziniz yapacağım Bu nedenle çalışmamızda ekonomik analizimizi elektriğe göre duvar cinsini tuğla duvara göre alacağız.

Tablo 1.5. Yakıt türüne ait özellikler

YAKIT	FİYAT	Hu	η (%)
Elektrik	0.362 TL/kWh	3.599x10 ⁶ J/kWh	0.99

2. MATERYAL METOT

Isı yalıtımında ideal yalıtım malzemesi kullanılmasının deneysel araştırılması projemizde Elazığ ilinde yaygın olarak kullanılan üç farklı yalıtım malzemesi (EPS, XPS, Taşyünü) arasında en uygununun deneysel tespiti yapılacaktır. Bunun için öncelikle Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi kuzey tarafında açık alan üzerine kurulmuş olan herhangi bir gölgeleme olmayan boş bir alana 4 türdeş deney odası kurulmuştur.

Kurulan deney odalarından biri yalıtımsız diğerleri farklı yalıtım malzemeleri ile kaplanmıştır. Deneyde temmuz-ağustos aylarında ölçümler alındığından içerisi dış ortamdan daha düşük sıcaklığa düşürülmesi planlanmıştır. Bu şekilde bina yalıtımının soğutmaya etkisi incelenmiş olacaktır. Bunun için içlerine yerleştirilen soğutucu sistem dört farklı deney odası için aynı soğutucu motor ile eşit miktarda soğutulmuştur. Ve daha sonra kullandığımız ısı yalıtım malzemeleri binamızın dış yüzeyine şekil 2.10-11’de gösterildiği gibi kaplanmıştır (mantolama). Yalıtım malzemeleri kaplama işlemi sırasıyla şu şekilde yapılmaktadır bina dış yüzeyi yalıtım malzemesi ile kaplanmadan (mantolama) önce uygulama yapılacak yüzey, toz ve yağ gibi yapışmayı engelleyici maddelerden arındırılır. Döküntülü ve kabarmış yüzeyler fırçalanarak temizlenir. Isı Yalıtım levhalarının yapışacağı yüzey düzgün hale getirilir. Isı Yalıtım plakalarının yapıştırılacak yüzüne, tamamen kaplayacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Daha sonra bu yüzey taraklı mala ile taranır. Yapıştırma harcı uygulanmış plakalar, arasında boşluk kalmayacak ve şaşırtmalı bir şekilde duvara yapıştırılır. Muhtemel ısı köprülerinin oluşmaması için boşluk bırakılmamalıdır. Köşelerde, rüzgar ve su etkileri ile plakalar arasında zamanla oluşabilecek ayrılma risklerini önlemek ve düzgün bir köşe oluşturmayı kolaylaştırmak için köşe profilleri uygulanır. Yapıştırma işlemine ilave olarak, levhaların sürekliliğini ve performansını uzun ömürlü bir şekilde sürdürmesi için, ısı Yalıtım plakaları bina duvarlarına dübel yardımı ile sabitlenir. Dilatasyon, damlalık ve denizlik profilleri gerekli bölgelerde kullanılır. Isı plakalarının üzerine ilk kat sıva atılır. İlk kat sıvayı hemen takiben donatı filesi birbirlerinin üzerine 10’ ar cm geçmek şartıyla, sıvanın üzerine hafifçe gömülerek yerleştirilir. Sıva kurumadan, ikinci kat kapama sıvası yapılır. Ve astar çekilir astar boyanacak yüzey ile son kat sıva arasında köprü vazifesi görerek, yüzey emiciliğini azaltıp, son kat boyanın yüzeye daha kuvvetli yapışmasını sağlayan maddedir.

Yalıtım malzemeleri belirlenmeden önce Elazığ TMMOB, Elazığ Belediyesi Yapı Kontrol Müdürlüğü ve Elâzığ ilinde üretim yapılan yalıtım fabrikası müdürüyle görüşmüş olup TS825 standartlarına uygun ve Elâzığ ilinde kullanılan 7 cm kalınlıklarındaki ısı yalıtım malzemeleri (EPS, XPS, Taş yünü) kullanılmıştır.(Şekil 2.1)

Kullandığımız ısı yalıtım malzemeleri kalınlık yoğunluk ve ısı iletkenlik gibi temel bilgileri Tablo 2.1. de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Isı yalıtım malzemesi özellikleri

	Kalınlık	Yoğunluk	Isı iletkenlik değerleri
EPS	7 cm	20 kg/m ³	0.038 W/mK
XPS	7 cm	28-32 kg/m ³	0.035 W/mK
Taşyünü	7 cm	30-180 kg/m ³	0,040 W/mK

Deneylerde sabit soğutmayı sağlamak için, ısı kontrolü oldukça hassas olan bir soğutucu sistem kullanılmıştır. Grafiklerin elde edilmesini sağlayan sıcaklıklar ise K tipi ısı çiftler (Thermocouple) vasıtasıyla ölçülmüştür. Isıl çiftler 0.01 °C hassasiyetle ölçüm yapmakla birlikte okuma süreleri oldukça hızlıdır. Zaman bağılı olarak istenilen anda anlık sıcaklık değeri bu şekilde okunmuştur. Ve zamana bağılı olarak dış ortam sıcaklığı, güneş ışıyım şiddeti, nem miktarı ve rüzgâr hızı ölçümleri alınmıştır.



Şekil 2.1. Anemometre (rüzgar hızı ölçüm cihazı)



Şekil 2.2. Solarmetre (güneş ışıınım ölçüm cihazı)



Şekil 2.3. Deney odalarının genel görünüşü



Şekil 2.4. Deney odalarının arkadan görünüşü



Şekil 2.5. Deney odalarının yandan görünüşü



Şekil 2.6. Deney odasının soğutma sisteminin görünüşü



Şekil 2.7. Deney odasının içten görünüşü



Şekil 2.8. Deney odasının içten görünüşü, soğutucu sistemi



Şekil 2.9. Deney odalarının yalıtımının yapım aşamasının görünüşü



Şekil 2.10. Deney odalarının son halinin görünüşü

3.BULGULAR

Hesaplamalar

Isı geçiş hesaplarında duvarın toplam ısı taşınım katsayısı U değerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle duvarı oluşturan katmanların dirençleri belirlenir. Daha yapı bileşeninin toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanır.

Duvarın iletimle ısı geçiş direnci hesaplanmasında kullanılan duvar tipinin (Yatay delik tuğla) , i sıvanın ve dış sıvanın kalınlıklarının ısı iletim katsayılarına oranı ile hesaplanır.

Duvarın Isı Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanması

Yapı bileşenin iletimle toplam ısı geçiş direnci R_w ;

Duvar için R_w ;

$$R_w = 0.03/1.4 + 0.135/0.45 + 0.02/0.87 = 0.344 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Yapı bileşeninin toplam ısı geçiş direnci, R_{wt} ;

Duvar için R_{wt} ;

$$R_{wt} = 0.13 + 0.344 + 0.04 = 0.51 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Yalıtım yatırım maliyeti hesabı

Yalıtım yatırım maliyeti denklemi kullanılarak;

$$C_{in} = 540 \text{ TL/m}^3 \times 0.07 \text{ m}$$

$$C_{in} = 37.8 \text{ TL/m}^2$$

Yıllık Toplam Isıtma Maliyeti Kazancı Hesabı

Taş yünü malzemesine göre hesaplarsak;

$$C_{At} = \frac{86400 \times 2653 \times 0.362}{0.51 \times 3599000 \times 0.99} - \frac{86400 \times 2653 \times 0.362}{\left(0.51 + \frac{0.07}{0.040}\right) \times 3599000 \times 0.99}$$

$$C_{At} = 35.359 \text{ TL/m}^2\text{yıl}$$

Geri Ödeme Süreleri Hesabı

Taş yünü malzemesinin geri ödeme süresi;

$$PP = 37.8/35.359 = 1.07 \text{ yıldır.}$$

Bu işlem EPS ile XPS yalıtım malzemeleri içinde uygulanacak olsa ;

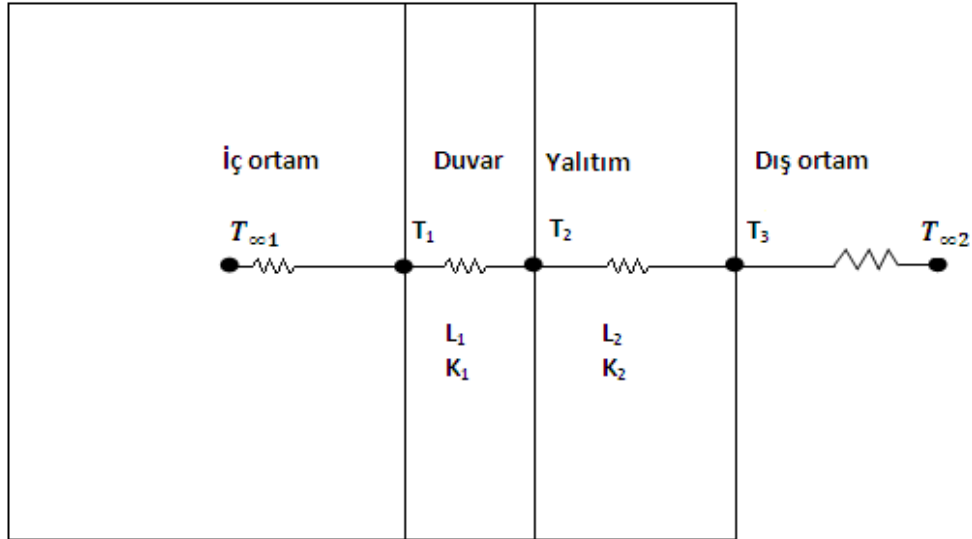
EPS malzemesinin geri ödeme süresi;

$$0.62 \text{ yıldır.}$$

XPS malzemesinin geri ödeme süresi;

$$0.73 \text{ yıldır.}$$

Duvarlar arasında ısı geçişi;



Şekil 3.1. Duvarlarda ısı geçişi

$T_{\infty 1}$ = İç ortam sıcaklığı

T_1 = İç ortam iç yüzey sıcaklığı

T_2 = Duvar ile yalıtım arasındaki sıcaklık

T_3 = Dış ortam dış yüzey sıcaklığı

$T_{\infty 2}$ = Dış ortam sıcaklığı

Yalıtımsız ortam için soğutma yükü hesaplama;

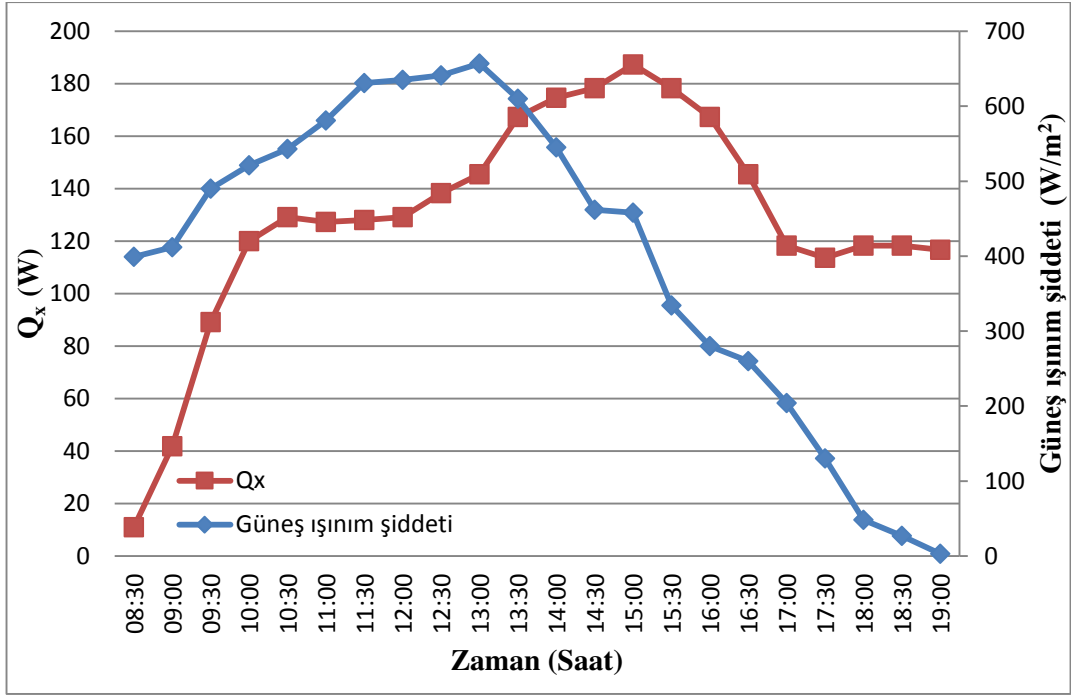
$$q_x = \frac{(17.88 - 15.12)}{\left(\frac{1}{h_1 * 5.4}\right)} = \frac{(20.35 - 17.88)}{\left(\frac{0.01}{0.14 * 5.4}\right)} = \frac{(40.35 - 32.79)}{\left(\frac{1}{h_2 * 5.4}\right)}$$

$$h_1 = 7.68 \text{ w/m}^2\text{k}$$

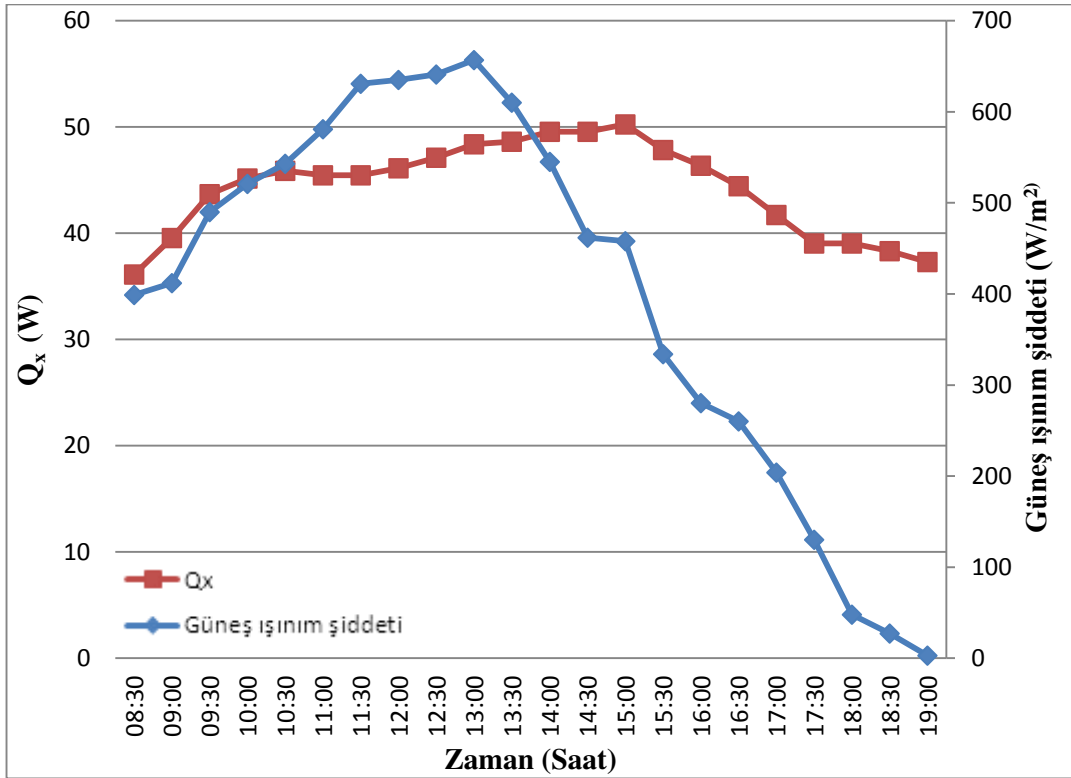
$$h_2 = 10.5 \text{ w/m}^2\text{k}$$

$$q_x = \frac{(32.79 - 26.1)}{\left(\frac{1}{7.68 * 5.4} + \frac{0.01}{0.14 * 5.4} + \frac{1}{10.5 * 5.4}\right)} \quad q_x = 124.97 \text{ W}$$

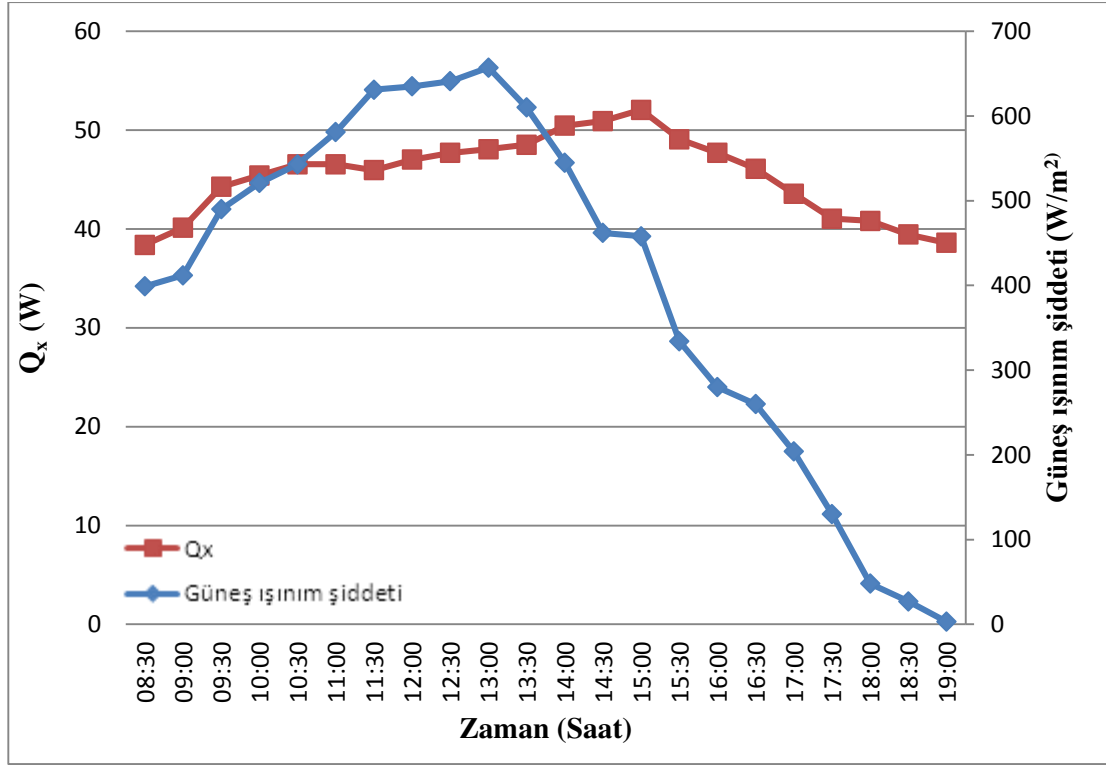
Çalışmamızda yapmış olduğumuz yalıtımlı ve yalıtımsız ölçümler sonucunda aldığımız verilere göre sıcaklık zamana bağlı olduğundan sürekli değişmektedir. Isı taşınım katsayısı sıcaklığa bağlı değiştiğinden ortalama ısı taşınım katsayısı hesaplandı ve hesaplamamızda yalıtımsız ortamlardaki soğutma yükü ortalama 120 -180 W arasında yalıtımlı ortamlarda ise bu soğutma yükü ortalama 40 - 65 W arası değişmektedir. Şekil 3.2-5 yalıtımlı ve yalıtımsız ortamların zaman göre soğutma yükü grafiklerde gösterilmiştir.



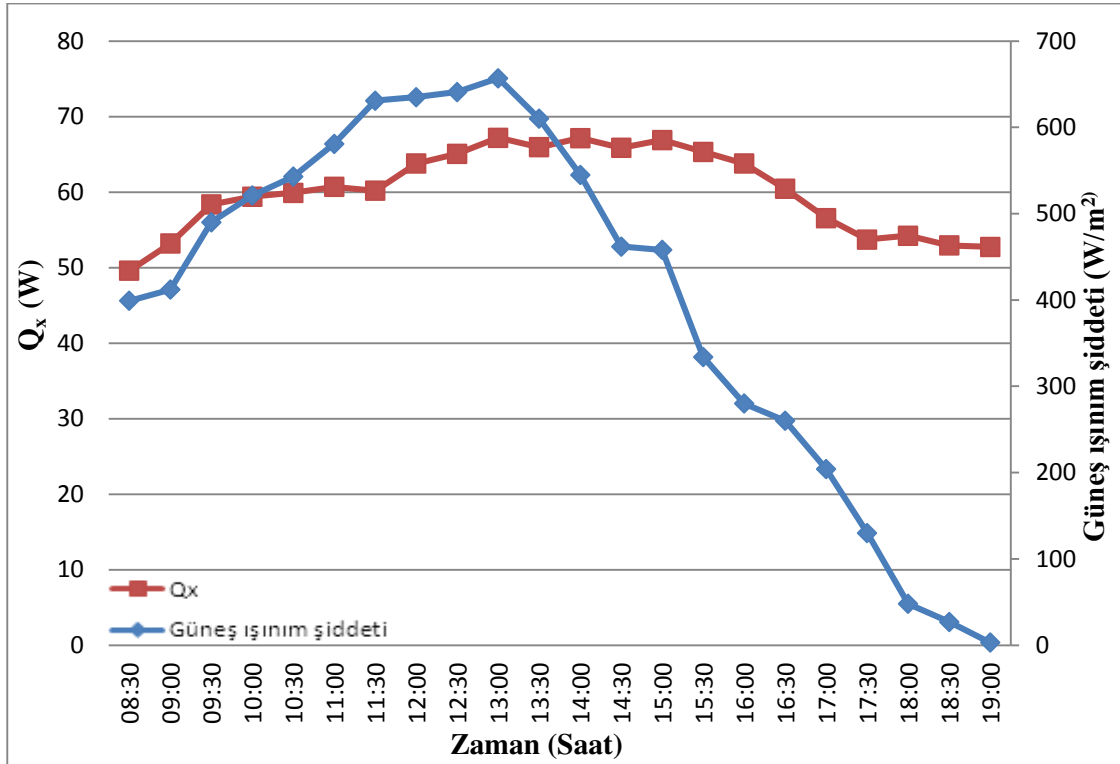
Şekil 3.2. Yalıtımsız deney odası için soğutma yükü ve güneş ışınlm şiddetinin zamana bağlı grafiğı



Şekil 3.3. EPS kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışınlm şiddetinin zamana bağlı grafiğı



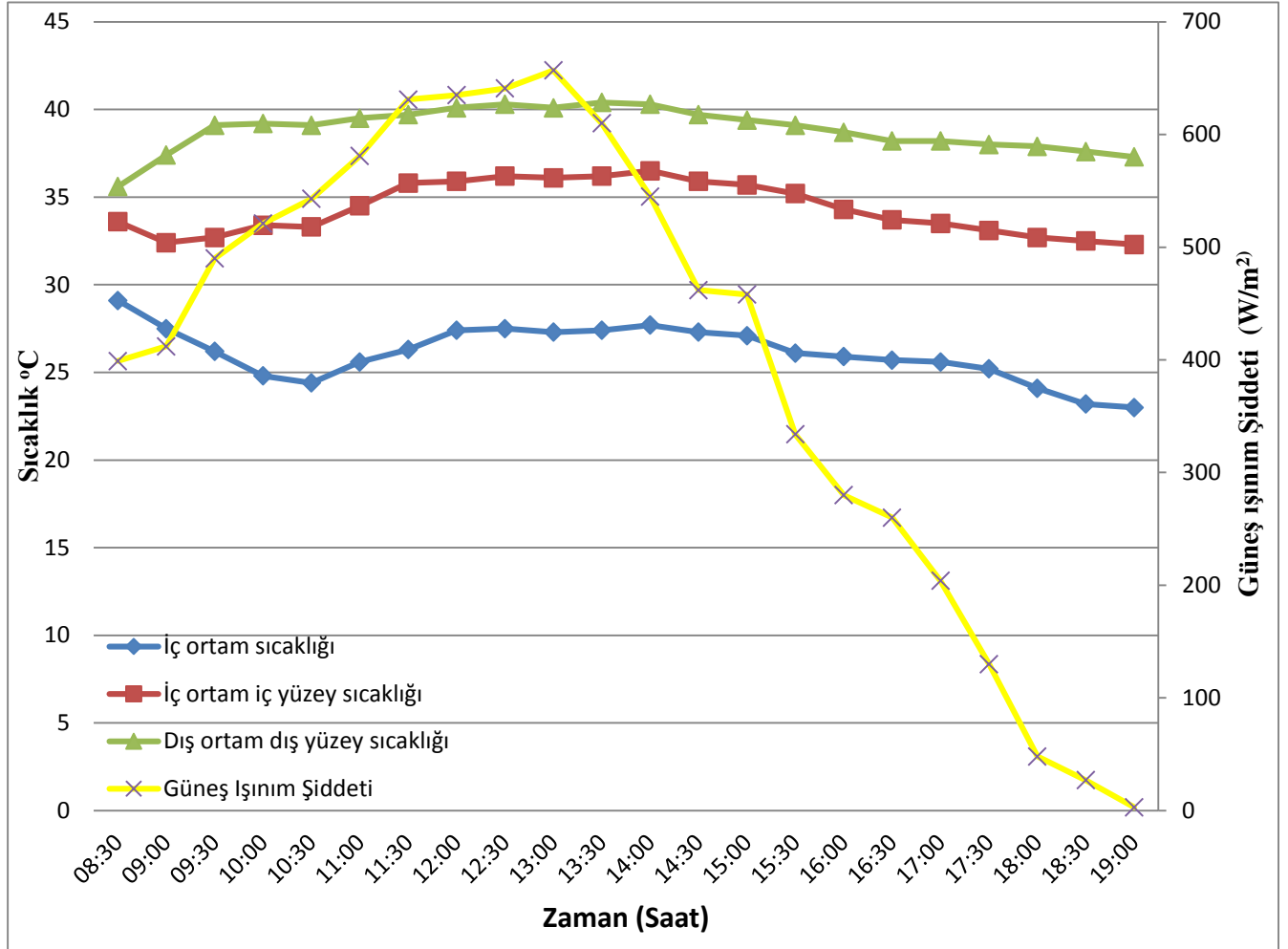
Şekil 3. 4. XPS kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışınlm şiddetinin zamana bağlı grafiğı



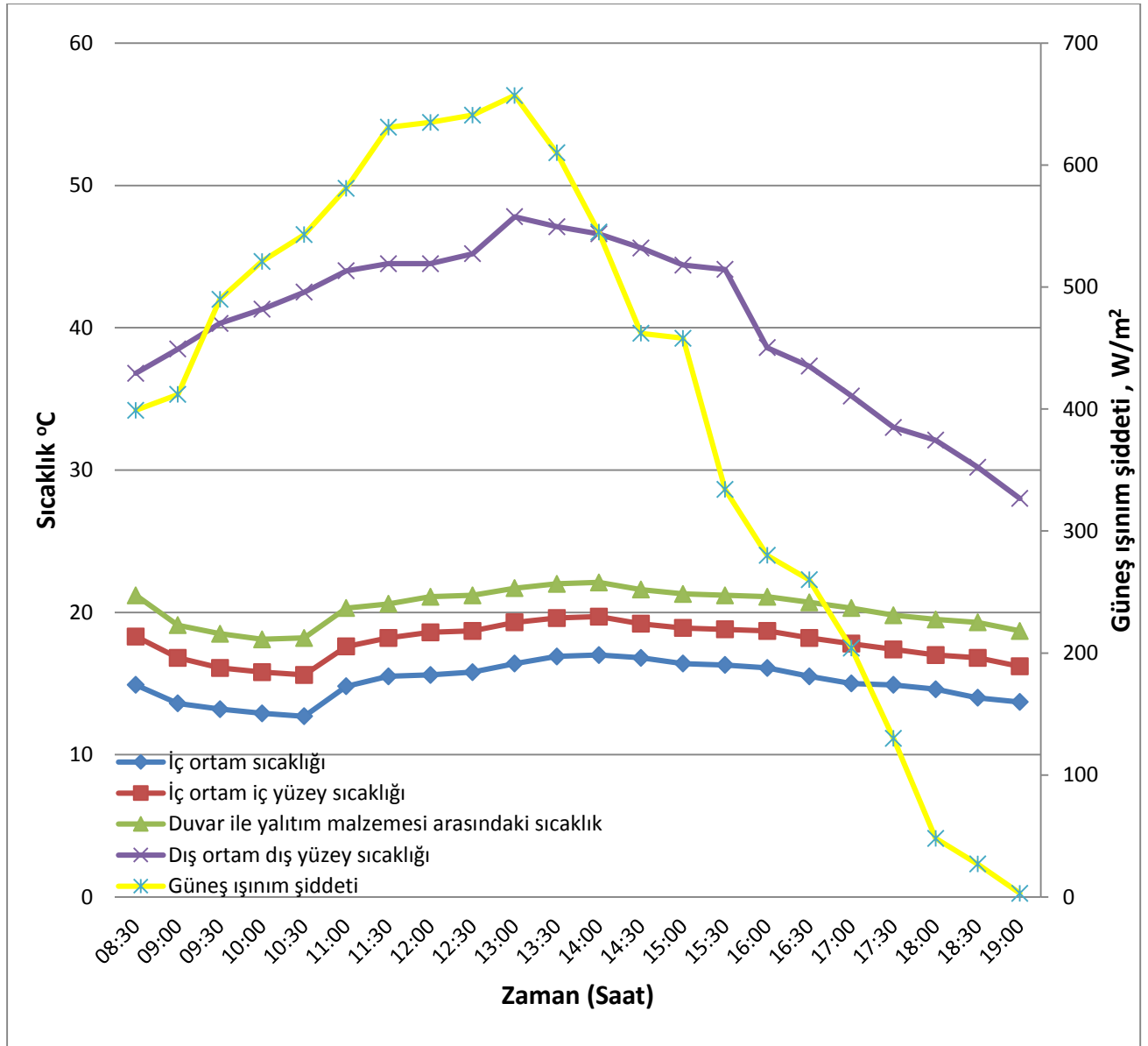
Şekil 3.5. Taşyünü kaplı deney odası için soğutma yükü ve güneş ışınlm şiddetinin zamana bağlı grafiğı

Tablo 3.1. Elazığ Merkezine Ait 1 Ağustos 2013 Yılı için Saatlik Güneş ışıınım şiddeti, nem ve rüzgar hızı tablosu

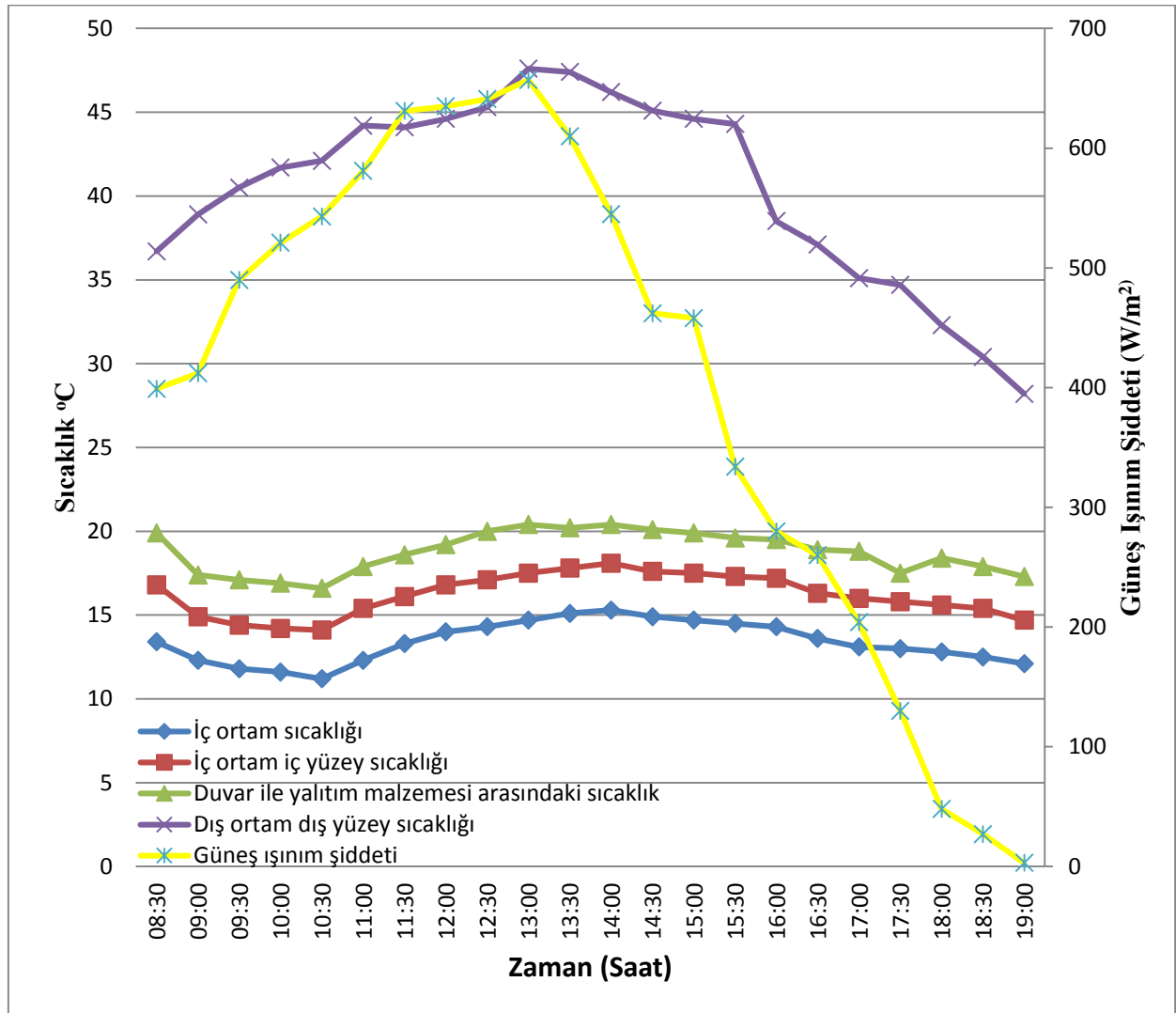
Saat	Rüzgar m/sec	Nem	Dış ortam sıcaklığı °C	Güneş Işınım Şiddetleri ölçüm yönleri (W/m ²)				
				Yukarı	Doğu	Batı	Güney	Güneş Açısı
08:30	GD-109	22	29.7	491	745	138	399	798
09:00	GD-166	19	29.8	558	738	142	412	875
09:30	GD-128	13	31.1	630	710	143	490	934
10:00	G-129	12	31.4	675	621	152	521	934
10:30	G-101	12	31.5	681	534	161	543	936
11:00	G-166	12	32.6	707	492	162	581	944
11:30	G-169	11	32.9	773	429	172	631	943
12:00	GD-219	11	34.5	837	304	176	635	943
12:30	GD-169	11	35.1	820	276	235	641	948
13:00	GD-132	10	31.3	811	205	355	657	928
13:30	GD-162	11	31.9	790	191	532	610	920
14:00	G-112	12	37.3	745	181	625	545	930
14:30	GD-118	12	37.1	643	172	670	462	921
15:00	G-126	13	37.4	640	140	673	458	958
15:30	G-156	13	35.9	561	127	713	334	904
16:00	G-181	13	35.1	429	105	681	280	871
16:30	GD-192	13	33.7	401	97	661	260	857
17:00	GD-193	13	32.1	331	86	644	204	810
17:30	GD-223	15	30.9	151	72	490	130	729
18:00	GD-214	15	30.6	91	31	420	48	549
18:30	GD-193	17	29.7	36	19	399	27	421
19:00	GD-215	18	29.8	12	2	11	3	30



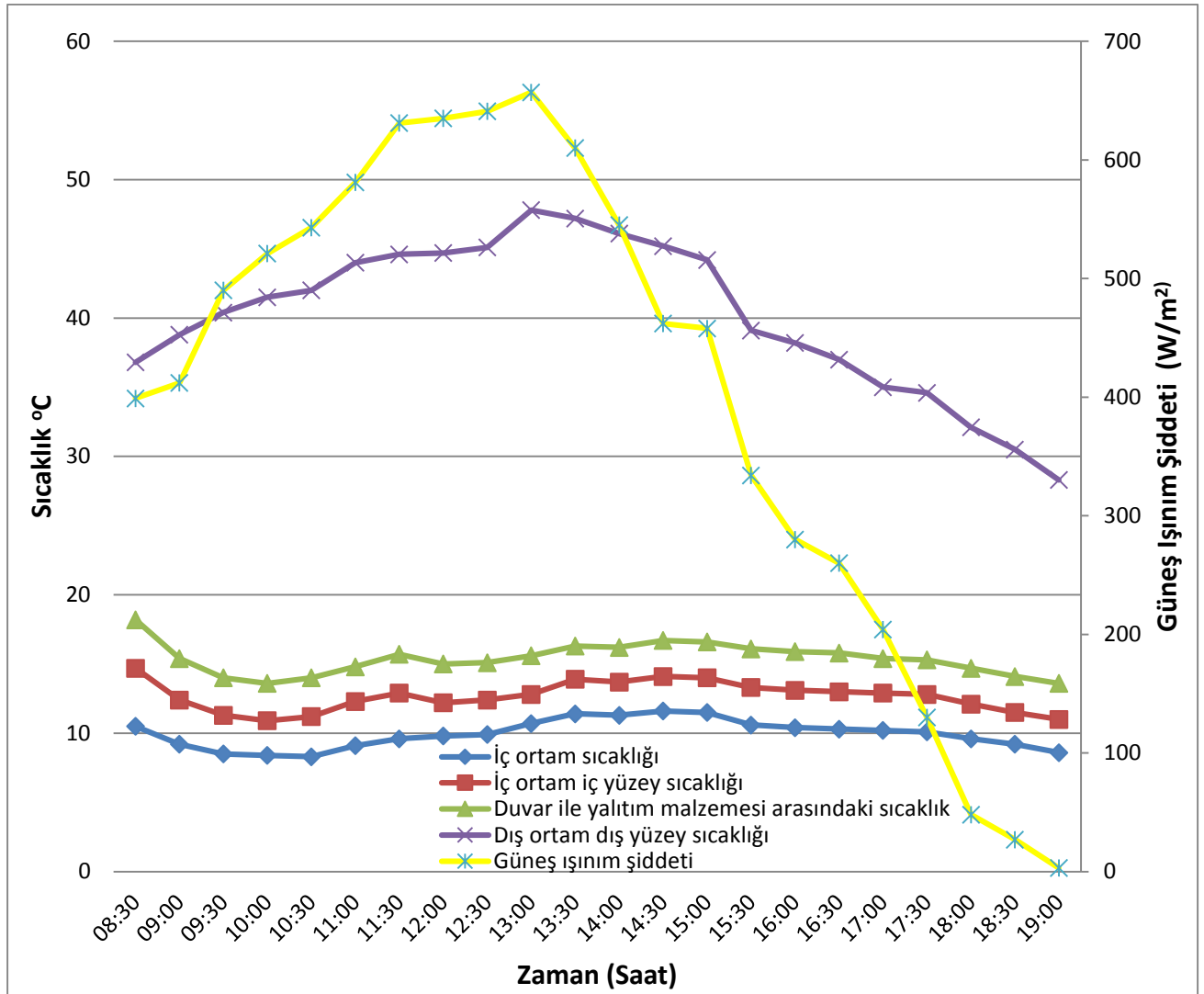
Şekil 3.6. Yalıtımsız deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümleri



Şekil 3.7. EPS Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışınım şiddeti ölçümler

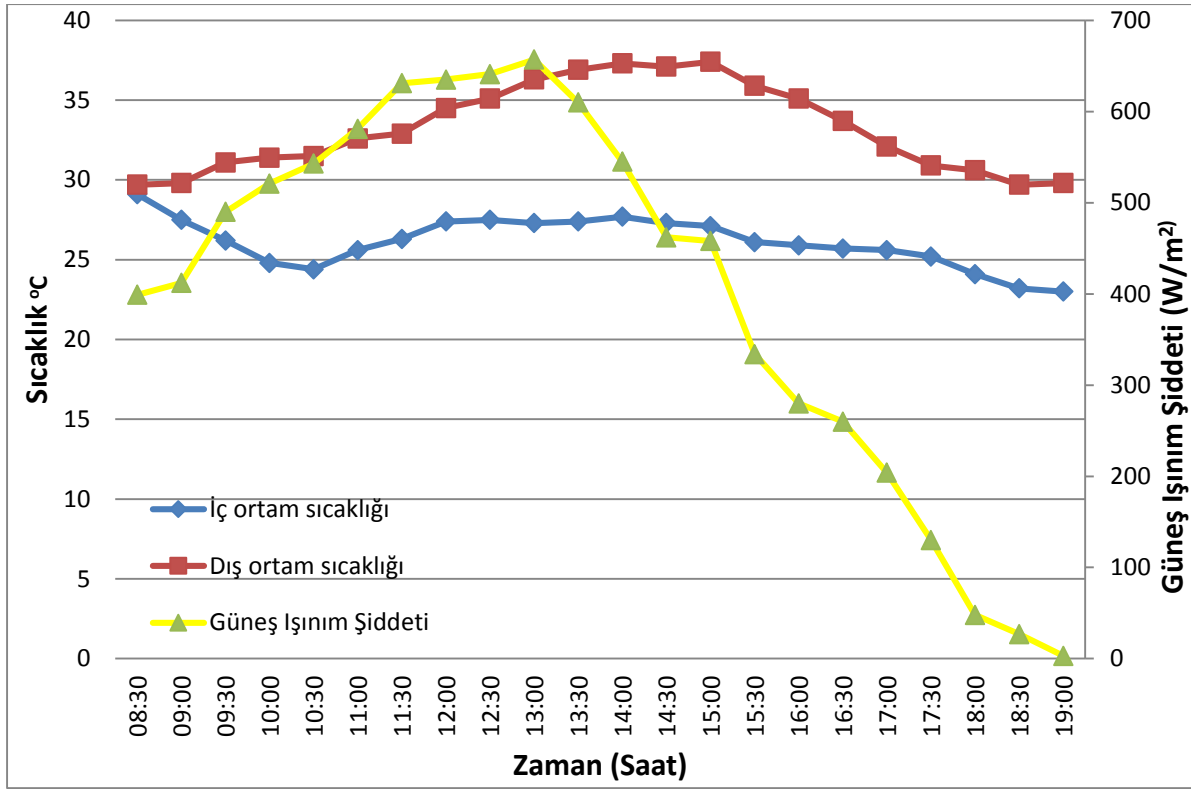


Şekil 3. 8. XPS Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümler

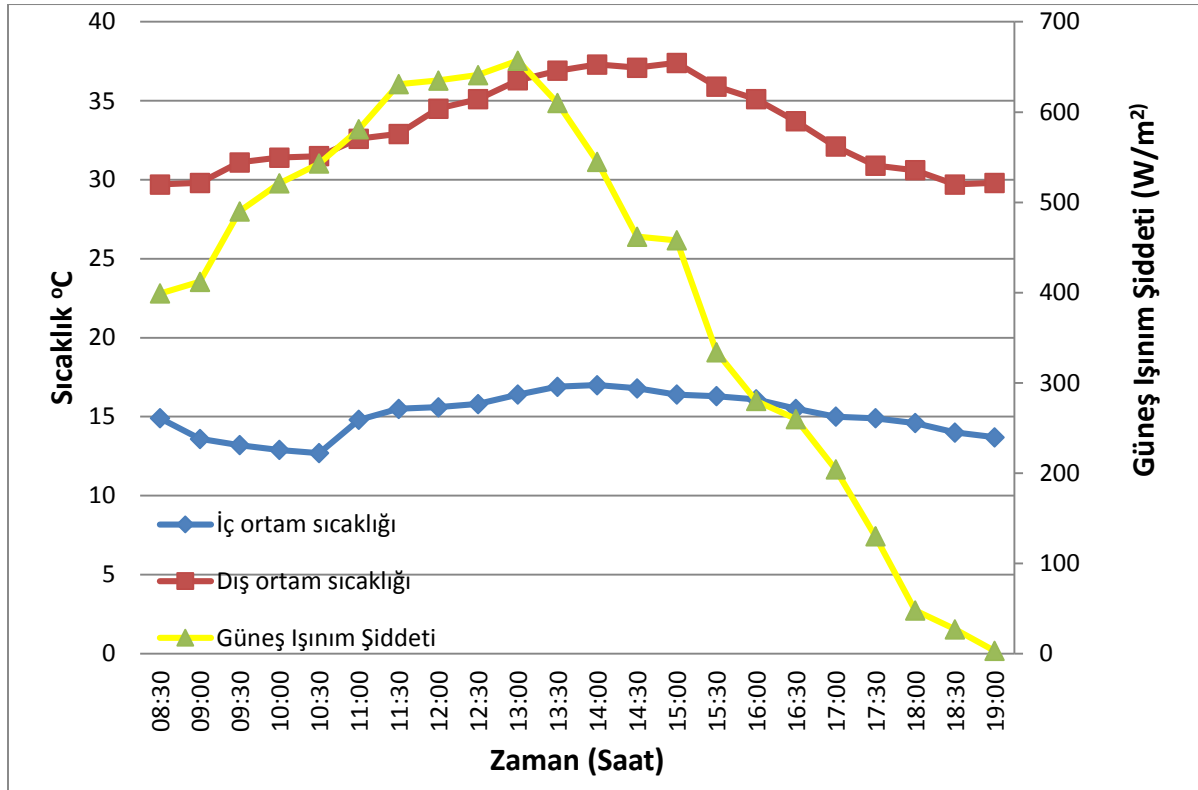


Şekil 3.9. Taşyünü Kaplı deney odası için zamana bağlı sıcaklık ve güneş ışıınım şiddeti ölçümler

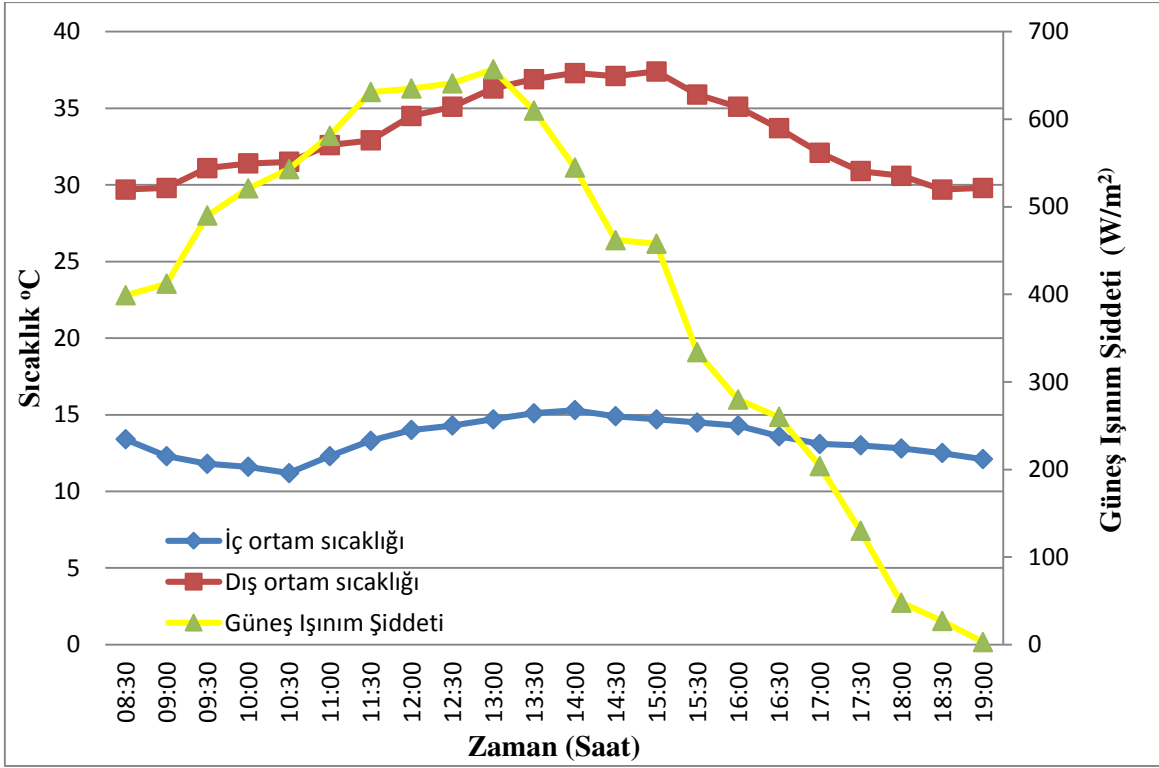
Şekil 3.6-9' Elazığ ili Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi kuzey kısmında boş ortam üzerine ve her hangi bir gölgelenmeye maruz kalmamak şartıyla 4 türdeş deney odası kurulmuştur. Kurulan 4 türdeş deney odamızın çevresinin boş olmasına dikkat edilmiştir. Bu şekilde herhangi bir gölgelenme yada çevresel etki olmadan deneyler gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Deneylerde dört türdeş deney odası içinde tek motordan eşit şekilde soğutma yapılmıştır. Tüm deneysel çalışmalarda aynı soğutucu kullanılmıştır. Grafiklerin elde edilmesini sağlayan sıcaklıklar ise hassas ısı çiftler (Thermocouple) vasıtasıyla ölçülmüştür. Isıl çiftler 0.01 °C hassasiyetle ölçüm yapmakla birlikte okuma süreleri oldukça hızlıdır. Zamana bağlı olarak istenilen anda anlık sıcaklık değeri bu şekilde okunmuştur. Grafiklerde dış ortam sıcaklıklarının aynı gün ölçüldüğünden dolayı hepsinin dış ortam sıcaklığı eşit olarak verilmiştir. Ve deney boyunca güneş ışınım şiddeti, rüzgar hızı ve nem miktarları zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Deney esnasında oda içersi soğutucular yardımıyla soğutulmuştur. Ve iç ortam, iç ortam iç yüzey, dış ortam dış ve yalıtımlı malzemelerde yalıtım ile duvar arasında ölçümler eşit noktalarda eşit zamanlarda alınmıştır. Deney sonunda bu sıcaklıklar incelenmiş gerek kendi içinde yorumlanmış gerekse ortalama olarak grafiklerde sunulmuştur. Duvar sıcaklıkları incelendiğinde yalıtımsız duvarların yalıtımlı duvarlara göre daha sıcak olduğu dış ortamdan ısı geçişinin belirgin şekilde görüldüğü ortaya çıkmıştır. Yalıtımlı duvarlarda ise iç ortam ile dış ortam arasındaki farkın daha belirgin olduğu ve ısı geçişinin daha az olduğu görülmektedir. Yalıtımsız duvarlarda iç ortam sıcaklığının 26-27 °C ve yalıtım yapılmış deney odalarında ise iç ortam sıcaklığının grafikler incelendiğinde iç ortam ve duvar sıcaklıklarının EPS kullanımında yaklaşık 15-16°C, XPS kullanımında 13-14°C, Taşyünü kullanımında ise 9-10°C seviyesine kadar düştüğü görülmektedir. Bu durum, eski binaların dıştan mantolanmasının tartışıldığı günümüzde yalıtım malzemelerinin ısıl konfora etkisini açıkça göstermektedir. Malzemelerinin etkisi ise iç ortam sıcaklığının yaz şartlarında daha az soğutucu gücüyle daha yüksek verim sağlanmaktadır.



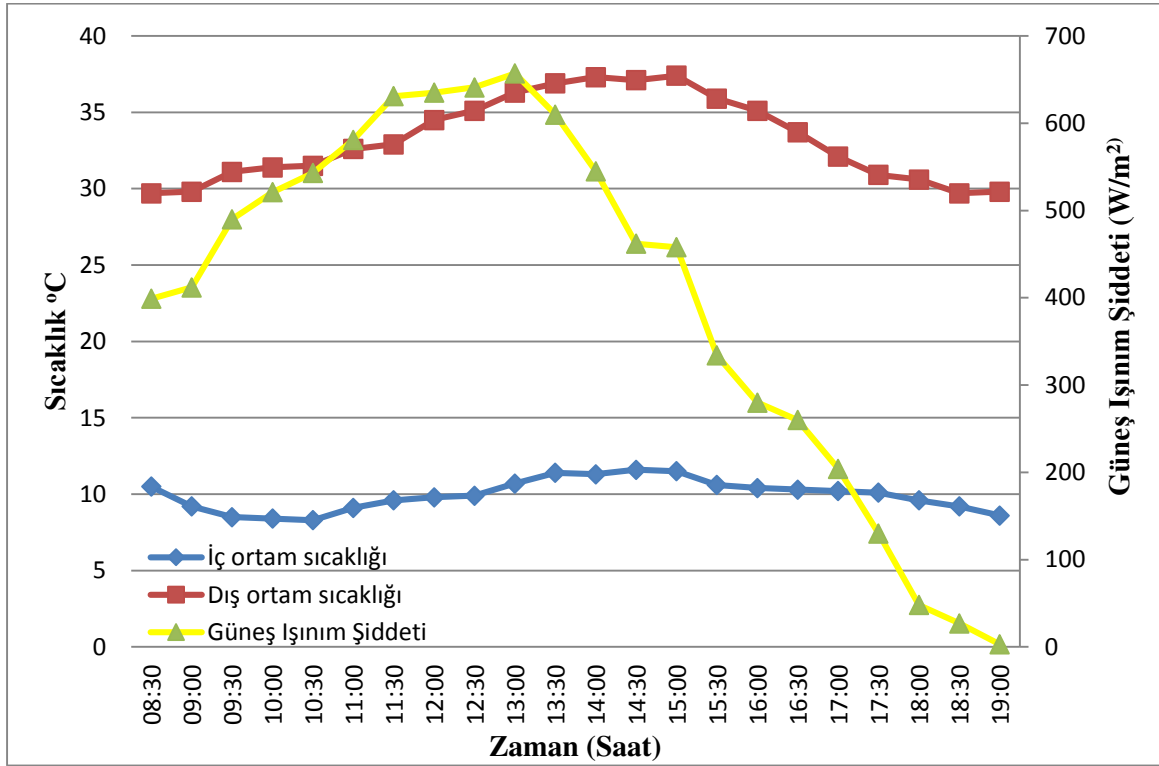
Şekil 3.10. Yalıtımsız iç ve dış ortam sıcaklığının ve güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi



Şekil 3.11. EPS kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığının ve güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi

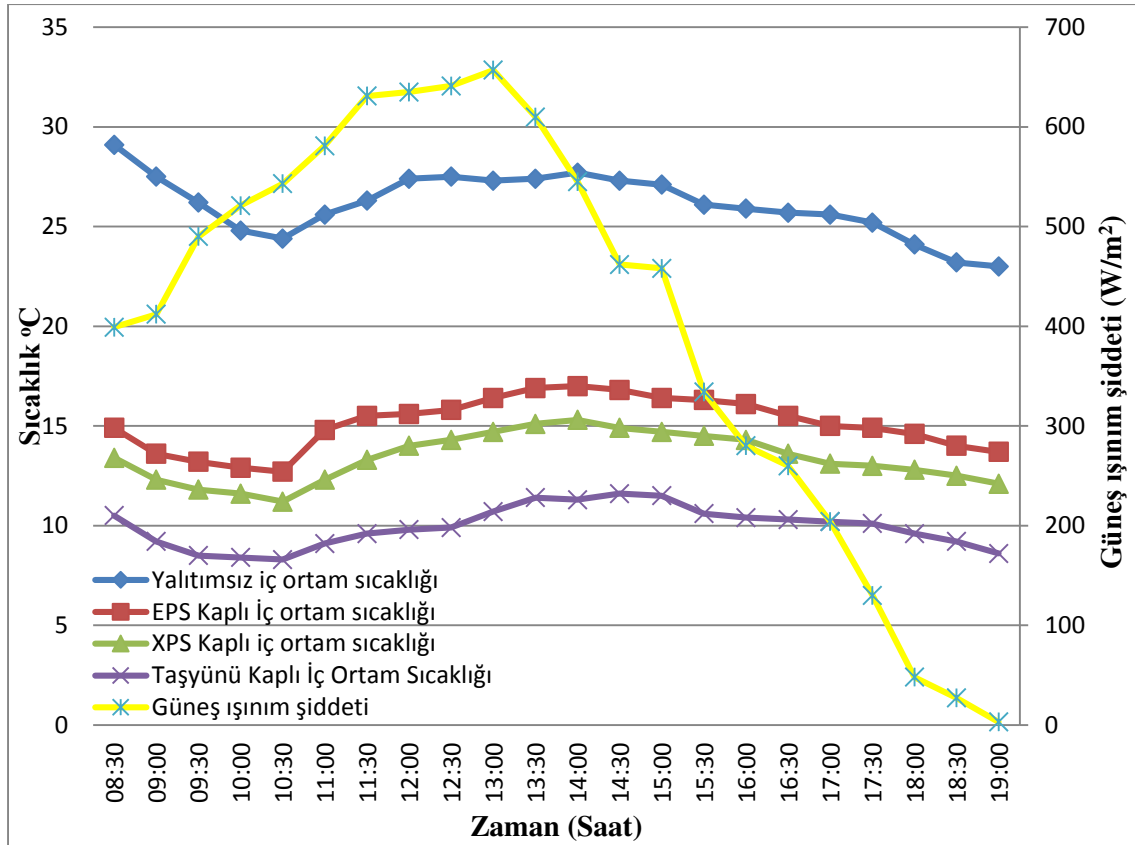


Şekil 3. 12. XPS kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağılı değışimi



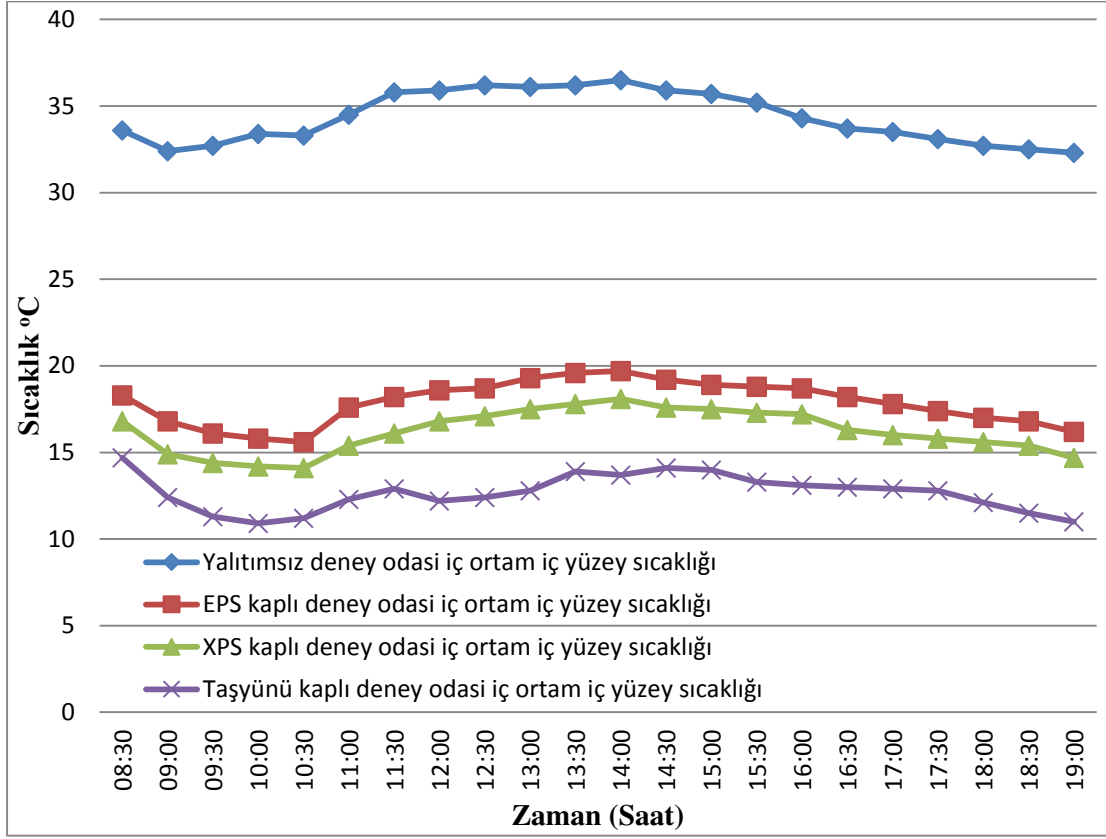
Şekil 3.13. Taşyünü kaplı deney odası için iç ve dış ortam sıcaklığın ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağılı değışimi

Şekil 3.10-13’ de deney odasının yalıtımsız ve farklı yalıtım malzemeleriyle yalıtılmış durumları için iç ve dış ortam sıcaklıklarının zamana göre değişimi gözlenmektedir. Grafiklerde de görüldüğü gibi dış ortam sıcaklıkları aynı olduğu durumda yalıtımlı ve yalıtımsız durumların iç ortam sıcaklığı gözlenmiştir. Sabit ve eşit şartlarda soğutulan deney odasında yalıtımsız durumda iç ortamdaki ısı kayıpları nedeniyle iç ortamda sıcaklık artışı belirgin olarak görülmüştür. Ayrıca yalıtımsız ve yalıtımlı durumlarda sabah saatlerinde sıcaklık düşüşü öğle saatlerinde dış ortam sıcaklığının ve güneş ışıının şiddetinden dolayı sıcaklık artışı ve akşamüzeri güneş ışıının şiddetinin azalması ve dış ortam sıcaklığının düşmesinden dolayı iç ortam ısısında düşme görülmektedir. Yalıtımlı durumlarda ise iç ve dış ortam sıcaklık farkları daha belirgindir. Yine yalıtımlı durumlardaki grafikler incelendiğinde, iç ortamın dış ortama bağlı olarak daha az etkilendiği ve iç ortam sıcaklığının daha düşük olduğu gözlenebilmektedir. Yalıtım malzemeleri arasında taşıyıcı daha etkin bir ısı yalıtımı yapmış, buna bağlı olarak iç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark iyice açılmıştır. Taşıyıcı’ nı sırasıyla XPS ve EPS malzemeleri takip etmiştir. Dış ortam sıcaklıkları incelendiğinde sabah saatlerinde düşük öğlen ve öğlen sonu saatlerinde yükselen ve akşam saatlerinde daha düşük hale gelen bir eğri izlemektedir. Tüm grafiklerde sabit olan bu eğilimden iç ortamların etkilenişi yalıtım malzemesi türüne doğrudan bağlıdır.



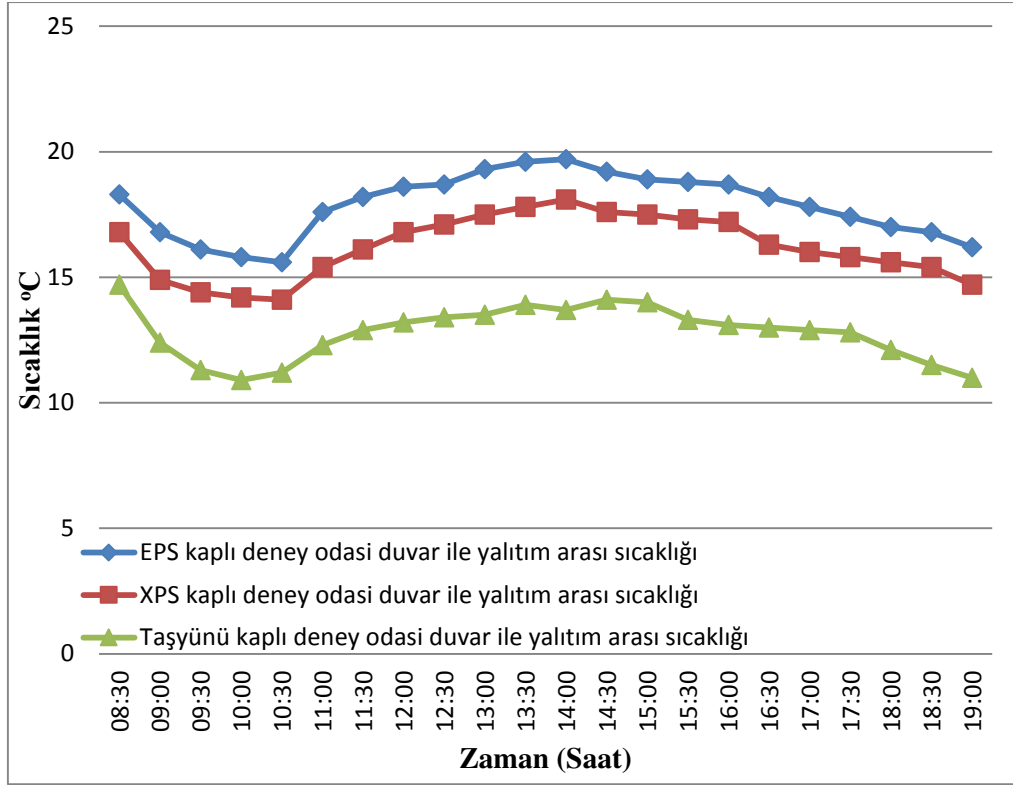
Şekil 3.14. Yalıtımsız ve Yalıtımlı durumlar için iç ortam sıcaklığının ve güneş ışınlam şiddetinin zamana bağlı değişimi

Şekil 3.14’ da yalıtımlı ve yalıtımsız deney odası şartlarında iç ortam sıcaklığının gün içinde değişimi gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi 4 farklı durumun iç ortam şartları kıyaslanmıştır. iç ortam sıcaklığının yalıtımsız durumda oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca deney süresinin sonuna doğru gece şartları başladığından gerek dış ortam sıcaklığının düşmesi gerek ise güneş ışınlam şiddetinin ortadan kalkmasından dolayı, yalıtımsız ve yalıtımlı odalar dış ortamdan hızlıca etkilenmiş ve sıcaklık düşüşü hemen başlamıştır. Ve bu ölçüm sonuçlarından anlaşılmalıdır ki, yalıtım yapılan binalarda gece saatlerinde soğutma yeterli gelmektedir. Akşam saatlerinden itibaren daha az soğutucu gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Yalıtımsız ortamlar da ise iç ortam sıcaklığını düşürmek için daha fazla soğutucu gücüne ihtiyaç duyulmaktadır buda daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğunu ve daha fazla kaybın ortaya çıktığını gösterir. Yalıtımlı durumların tamamında iç ortam sıcaklığının yalıtımsız iç ortam sıcaklığına göre daha düşük olduğunu ve akşam saatlerinde yalıtımlı iç ortamlardaki ısı düşüşünden dolayı soğutucu gücünü azaltarak enerji kaybını azaltabiliriz. Yine bu grafikte kıyaslanabilirlik açısından daha belirgin olarak taş yünü’nün en verimli yalıtım malzemesi olduğu, onu sırasıyla XPS ve EPS’nin takip ettiği görülmektedir.



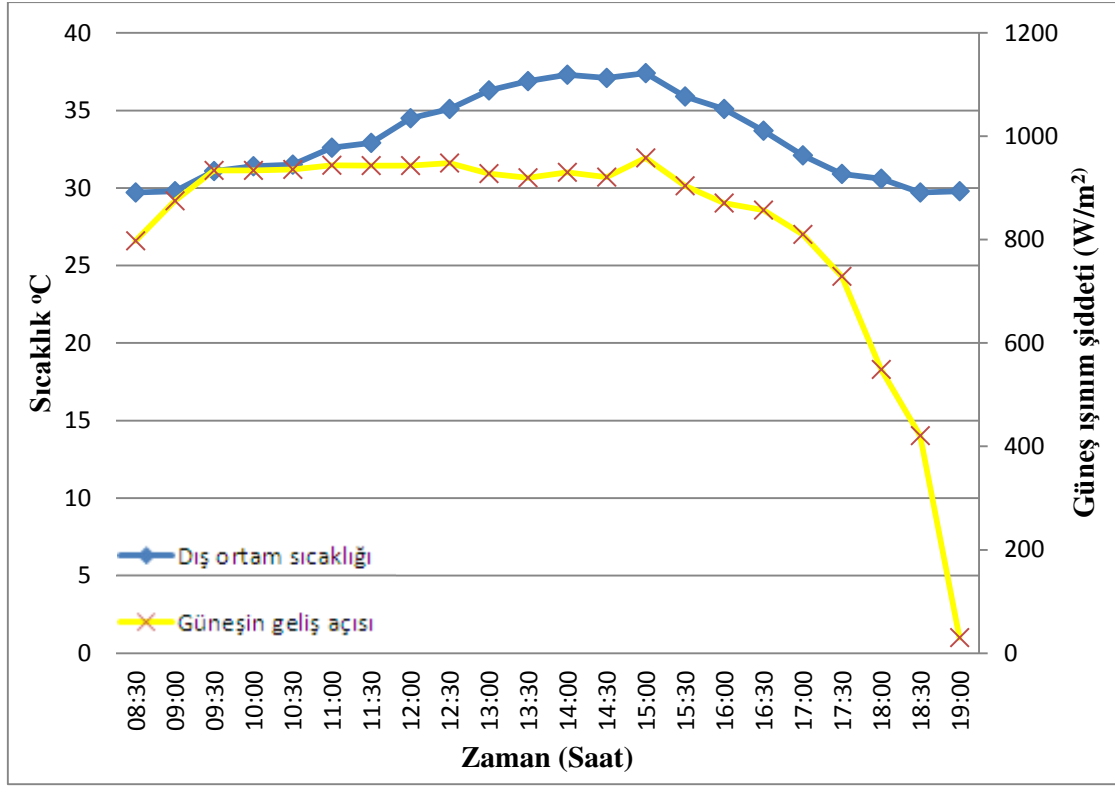
Şekil 3. 15. Yalıtımsız ve Yalıtımlı durumlar için iç ortam iç yüzey sıcaklığının zamana bağlı değişimi

Şekil 3.15.'daki yalıtımlı ve yalıtımsız deney odalarımızın iç yüzey iç sıcaklıklarının gösterildiği grafikte taş yünü için en iyi sonrasında XPS ve EPS malzemelerinin takip ettiği görülmektedir.



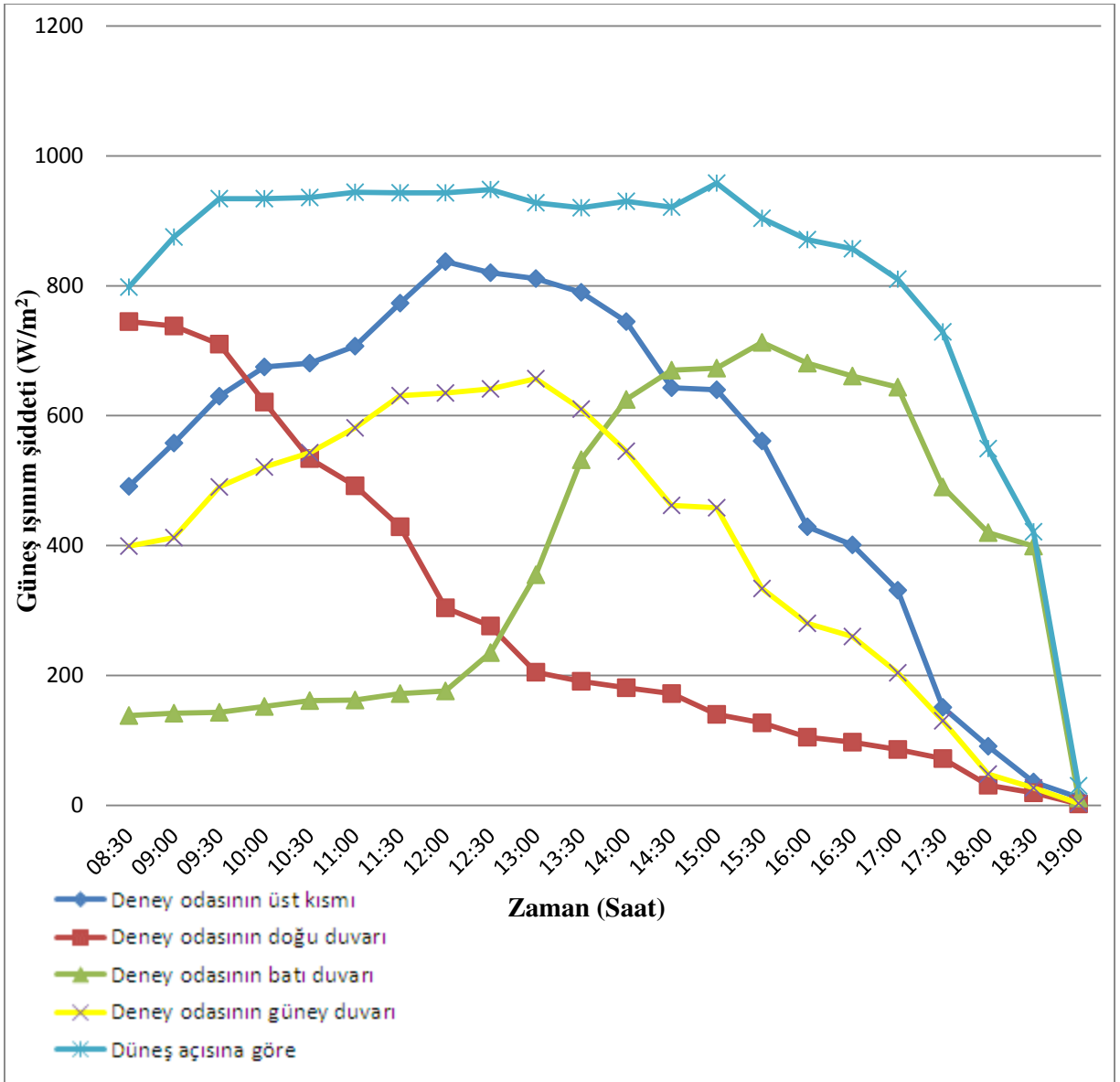
Şekil 3. 16. Yalıtımlı durumlar için duvar ile yalıtım arasındaki sıcaklığının zamana bağlı değişimi

Şekil 3.16.'deki yalıtımlı deney odalarımızın duvar ile yalıtım arasındaki sıcaklığın zamana bağlı grafiği verilmiştir grafikte de açıkça görüldüğü gibi Taş yünü için en iyi sonrasında XPS ve EPS malzemelerinin takip ettiği görülmektedir.



Şekil 3. 17. Dış ortam sıcaklığının ve güneş ışıınım şiddetinin zamana bağlı değişimi

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığının ve güneş ışıınım şiddetinin sabah saatlerinde düşük öğle saatlerinde yüksek ve akşam üzeri azalan yönde olduğu görülmektedir. Güneşlenme sürelerinin sıfır olduğu zaman güneş ışıınım şiddeti sıfır olmaktadır ve dış ortam sıcaklığının azaldığı görülmüştür.



Şekil 3. 18. Güneş ışınlam şiddetinin gün içinde geliş yönlerinin zamana bağlı değişimi

Şekil 3.18. Görüldüğü gibi güneş ışınlam şiddetlerinin geliş acılarına göre değerleri verilmiştir. Sabah saatlerinde doğu duvarının batı duvarından yüksek olduğu öğle saatlerinde eşitlendiği öğleden sonraki ölçümlerde ise batı duvarına gelen güneş ışınlam şiddetinin doğu duvarından yüksek olduğu görülmektedir en yüksek güneş ışınlam şiddeti güneş açısından gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Enerji üretiminin enerji tüketimini karşılayamayan ülkemizde enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Küresel ısınma, fosil yakıtların hızla tükenmesi ve her geçen gün artan enerji ihtiyacı enerji tasarrufunun önemini daha çok artırmaktadır. Enerji tasarrufu için yapılan çalışmalardan biri olan ısı yalıtımı büyük bir önem kazanmaktadır. Bu kapsamda ısı yalıtımının sağlıklı bir biçimde uygulanmasının sağlanması konusunda yapı sektöründe çalışanlara büyük görevler düşmektedir. Yapılarda enerjinin korunabilme koşullarının başında yapının iyi bir ısı yalıtımına sahip olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemeleri/ kaplamaları bina kabuğunu bir örtü gibi sararak onu dış ortam koşullarından korumaktadır. Bu araştırmada, ısı kavramıyla ilgili genel bilgiler verilmiş, ısı yalıtım malzemelerinin (EPS, XPS, Taşyünü) özellikleri anlatılarak sınıflandırılması yapılmış ve projemiz için hazırlanan 4 türdeş deney odaları tasarlanmıştır ve içerisi dört deney odası içinde tek soğutucu motorundan eşit şekilde iç ortamlara konulan soğutucu plakalara gönderilmiştir. Ve iç ortam 4 deney odası içinde aynı motordan aynı güçte soğutulmuştur. Ve deney odalarından bir tanesi yalıtımsız geri kalan üç tanesi Elazığ ilinde yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemelerinden olan EPS, XPS ve Taşyünü kaplanarak (mantolanarak) ısı çiftleri (Thermocouple) vasıtasıyla iç ortam, iç ortam iç yüzey, dış ortam, dış ortam dış yüzey ve güneş ışınım şiddeti, rüzgâr hızı, nem miktarı ölçülmüştür. Ve bu ölçümler sonucunda ölçülen değerlerde yalıtımsız şartlar ve yalıtımlı şartlar kıyaslandığında iç ortam ve duvar sıcaklıklarının taşyünü malzemesi için 9-12 °C daha, XPS yalıtım malzemesi için 13-15 °C ve EPS yalıtım malzemesi için ise 15-17 °C olarak incelenmiştir yalıtımsız deney odası için ise iç ortam ve duvarlardaki sıcaklık 26-29 °C olarak ölçülmüştür. Yalıtımsız duvarlarda ısı geçişi fazla olduğundan iç ortam sıcaklığı sürekli artmıştır ve içeriği soğutmak için daha fazla güç sarf edilecektir ve ısı kaybının en fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum yalıtımın duvardan ısı geçişini engellemesinin bir sonucudur. Soğutucu güç kapatıldıktan sonra iç ortam sıcaklığı yalıtım malzemesi kaplı deney odalarında daha uzun süre istenilen değerlerde kalmıştır. Yalıtımsız ortamda ise ısı geçişinin yüksek olmasından dolayı iç ortam sıcaklığı artmıştır. Tüm deney ölçümlerinde en iyi sonuç taşyünü kullanımıyla elde edilmektedir. Taş yünü sırasıyla XPS ve EPS takip etmektedir. Yalıtım malzemelerinin yalıtım yatırım maliyeti denklemi ve yıllık toplam ısıtma maliyeti kazancı hesaplandıktan sonra geri ödeme sürelerinin taş yünü için 1.07 yıl, XPS malzemesi için 0.73 yıl ve EPS malzemesi için ise yıllık 0.62 yıl olduğu ortaya çıkmıştır .

5.ÖNERİLER

Nüfus artışına ve sanayideki gelişmelere paralel olarak enerji tüketimi de sürekli artmaktadır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda enerjinin büyük bir bölümünün sanayi ve konutlarda harcandığı görülmektedir. Konutlarda harcanan enerjide en büyük payı ısıtma-soğutma için harcanan enerji oluşturmaktadır. Bundan dolayı belirli tedbirler alınmaktadır alınan tedbirlerinden biride binalarda ısı yalıtım ile uygulanan enerji tasarrufudur. Yapmış olduğumuz bu deneysel çalışmada kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin doğru şekilde yapılması ve en uygun olanının tespit edilmesine yöneliktir. 1 Ocak 2012 tarihi itibariyle mevcut binalar için 2017 yılına kadar ısı yalıtımı yapılması zorunluluğu getirilmiştir Yapılarda ısı yalıtımı ülke ekonomisi, çevre kirliliği, insan sağlığı, yapı ömrü ve konforlu yaşam standartları gibi birçok önemli sorunu etkileyen ısı yalıtımı binalarda bireysel ve toplumsal bir zorunluluktur. Bu çalışmamda Elazığ ilinde kullanılan binalarda ısı yalıtımı malzemelerinin sonucunda enerji verimliliğine katkısı ve uygun olanının tespiti yapılmıştır. Elde edilen sonuçların yazılı ve görsel basın kuruluşları aracılığıyla kamuoyuna paylaşılması toplum bilincine önemli katkı sağlanacaktır. Toplumun her kesimine hitap eden bu ve benzeri çalışmalar desteklenmelidir. Sonraki çalışmalarda ise termal kamera ile çekimler ve sayısal analizler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi ISSN 1301-6318, Aralık 2007
- [2] **Sezer, F., Ş.** Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2.(2005)
- [3] **Aşkadar, M.A.,** 2006. Isı Yalıtımı ve Konutlarda Enerji Verimliliği, İzolasyon Dünyası, 55. sayı, 54–58.
- [4] **Yalçın, A.H.,** Elazığ ilinde kullanılan Farklı duvar tipleri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve ekonomi analizi. Fırat Üniversitesi , Yüksek Lisans Tezi, (2012) Elazığ.
- [5] **Rubacı, E.,** 2006. Konutlarda Enerji Tasarrufu, İzolasyon Dünyası, Sayı 58, 54–55.
- [6] **Çay, Y.,** 2011. Farklı Yapı Malzemeleri Kullanımında Isı Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkileri, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 8, No: 1, 47–56.
- [7] **Öztuna, S.,** Dereli E., 2009. Edirne İlinde Optimum Duvar Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi, Trakya Univ J Sci, 10(2):139-147.
- [8] **Kaynaklı, Ö.,** (2008). A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness, Renewable Energy, volume 33, 1164–1172.
- [9] **Gürel, A.E., Daşdemir, A.,** 2011. Türkiye’nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(4): 346-352.
- [10] **Dombaycı, Ö.A., Gölcü, M., Pancar Y.,** 2006. Optimization of insulation thickness for external wall using different energy-sources, Applied Energy volume 83, 921–928.

- [11] **Gürel, A.E.,Cingiz, Z.**, 2011. Farklı Dış Duvar Yapıları İçin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığı Tespitinin Ekonomik Analizi, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, s.75-81.
- [12] **Balo, F., Uçar, A.**, Sivas İli için Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması, 17. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 24–27 Haziran 2009, Sivas.
- [13] **Özel, M.**, 2008. Bina Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıkları İçin Dinamik Yaklaşım Ve Maliyet Analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 4, 879–884.
- [14] **Gölcü, M.,Dombaycı, Ö. A., Abalı, S.**, 2006. Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, 639–644.
- [15] **Deque, F.,Ollivier, F. andRoux, J.J**, (2001). Effect of 2D Modelling of Thermal Bridges on the Energy Performance of Buildings, Energyand Buildings, Vol 33,583-587.
- [16] **Altınışik, K.**, 2006. “Isı Yalıtımı”, Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:954, 1.Basım, Ağustos, Ankara.
- [17] **Irgat, F.**, Kütahya için optimum ısı yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve ısıtma maliyet ilişkisi. Dumlupınar Üniversitesi , Yüksek Lisans Tezi, (2009)Kütahya
- [18] **Şişman, N.**, Derece Gün Bölgeleri İçin Bina Dış Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi ve Duvar Yapı Bileşenleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi İle En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.2005
- [19] **ALTINIŞIK, K.**, Isı Yalıtımı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Ağustos 2006
- [20] **TOYDEMİR, N., GÜRDAL E., TANAÇAN L.**, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul, 2004
- [21] **Candan, N.**, Isı yalıtım sistemleri ve özelliklerinin karşılaştırılması Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.2007
- [22] **Çengel, Y.A.**, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik,Literatür Yayıncılık,1996,istanbul

- [23] **Halıcı F.,Gündüz M.**, 1998, Örneklerle ısı geçisi, Nil Matbaacılık, Sakarya
- [24] **Yüncü H., Kakaç S.**, Temel ısı transferi,Bilim Kitabevi,1999,Ankara
- [25] **Altınışık, K.**, Isı yalıtımı, Nobel Yayın Dağıtım, 2006
- [26] **Öztürk, A.**, Yavuz H., Uygulamalarla ısı geçisi, Çağlayan Kitabevi,1995,istanbul
- [27]T.C.Karadağ Kalkınma Ajansı Şanlıurfa Yatırım Destek Ofisi TRC2 BÖLGESİ (DİYARBAKIR-ŞANLIURFA) Yalıtım Sektörü Raporu ocak-2013
- [28] **Şenkal, S.F.**,2005. *Türkiye 'de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri*,Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,Cilt 10,Sayı2.
- [29] **Onaylı, S.**,2002. *Binalarda Isı Yalıtımı ve Son Teknolojik Gelişmeler*, Isparta.
- [30] *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, İstanbul, 2006.
- [31] **Karaca, H.**,2007. *Yapılarda Duvar Yalıtımında Isı Kayıplarının Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri*, Sakarya Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [32] **Emin, C.**,2003. *Yalıtım Teknikleri*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- [33] **Candan, N.**, 2007. *Isı Yalıtım Sistemleri Ve Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 133s, Sakarya.
- [34] <http://www.izoder.org.tr> (Erişim Tarihi: Aralık-2010)
- [35] <http://www.dow.com/styrofoam/europe/tr/index.htm>
- [36] **Şişman, N.**,2005. Derece Gün Bölgeleri İçin Bina Dış Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi ve Duvar Yapı Bileşenleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi İle En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti, Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- [37] **Çomaklı, K., Bakırcı, K., Erdoğan, S., Şahin, B.** (2005). Enerji, Çevre, Sağlık ve Güvenlik Açısından Yalıtım, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 89, 65–70.

[38] **Kılınç, F.**, Sivas için farklı yalıtım malzemelerinin ısı kaybına olan etkilerinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi , Yüksek Lisans Tezi, (2011)
Sivas

[39] Isı Yalıtımı Sektör Araştırması, Zeynep KULAKSIZOĞLU, 2006

ÖZGEÇMİŞ

Murat KOCAGÜL 01.06.1984 tarihinde Elazığ ilinde doğdu. İlköğrenimini Elazığ Cumhuriyet İlkokulu Ortaokulu Mezre Ortaokulunda tamamladım. Lise Öğrenimimi Elazığ Merkez Teknik Lisesi Bilgisayar-Yazılım Bölümünden 2001 yılında mezun oldum. 2004 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünde öğrenime başladım 2008 yılında mezun oldum. 2011 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Enerji Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladım. Halen Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimime devam etmekteyim.