TÜRKİYE'DE ISI YALITIM MALZEMELERİNE UYGULANAN DENEY YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Dilara DİNDAR

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE ISI YALITIM MALZEMELERİNE UYGULANAN DENEY YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Dilara DİNDAR
0000-0001-8955-543X

Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER
(Danışman)
0000-0002-8376-5177

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DE ISI YALITIM MALZEMELERİNE UYGULANAN DENEY YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Dilara DİNDAR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

Kentleşme ve nüfus artışı gibi sebeplerden kaynaklı zaman içerisinde enerji tüketiminde artış gözlenmiştir. Enerjinin ve enerji kaynaklarının korunmasının oldukça önemli bir konu haline gelmesiyle yapılarda enerji verimliliğini sağlayabilmek amacıyla ısı yalıtımı uygulamaları ortaya çıkmıştır. 1970'ler ile yapılarda ısı yalıtım malzemelerinin uygulamaları artmış ve bu uygulamaların kontrolü amacıyla çeşitli yönetmelikler ve standartlar ortaya çıkmıştır. Isı yalıtım malzemelerinin CE işaretine sahip olması ve dahil oldukları malzeme standardına uygun olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin bu standartlara uygunluğunun sağlanması ve kontrolü amacıyla çeşitli deneysel yöntemlere başvurulmaktadır. Bu doğrultuda çalışma, Türkiye'de ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneysel kontrol yöntemlerini standartlar doğrultusunda incelemek amacıyla hazırlanmıştır.

Tezin birinci bölümünü oluşturan giriş kısmında çalışmanın kapsamı ve ısı yalıtımı ile ilgili genel bir bilgilendirme yapılmıştır. Tezin ikinci bölümü kuramsal temeller ve kaynak araştırmasında ısı yalıtım kavramı ve tarihsel gelişimi, ülkemizde ısı yalıtımı üzerine hazırlanmış mevzuatlar ve standartlar, ülkemizde inşaat uygulamalarında sıklıkla karşımıza çıkan taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS ısı yalıtım malzemelerinden bahsedilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümü materyal ve yöntem kısmında ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemleri standartlar doğrultusunda incelenmiştir. Ardından Bursa İli'nde yer alan 150 mimarlık ofisi ile alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Tezin dördüncü bulgular bölümünde alan çalışmasından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Tezin son bölümü olan sonuç bölümünde yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin kalitesinin, deneysel kontrol yöntemlerinden geçmesinin ve standartlara uygunluğunun denetlenmesinin önemi ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, ısı yalıtım malzemesi, deneysel kontrol yöntemi, standart
2024, xvii + 144 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF TEST METHODS APPLIED TO THERMAL INSULATION MATERIALS IN TURKEY

Dilara DİNDAR

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

An increase in the energy consumption has been observed over time due to reasons such as urbanization and population growth. As the protection of energy and energy resources has become a very important issue, thermal insulation applications have emerged to ensure energy efficiency in buildings. With the 1970s, the applications of thermal insulation materials in buildings have increased and various regulations and standards have emerged to control these applications. Thermal insulation materials must have the CE marking and comply with the material standard in which they are included. Various experimental methods are used to ensure and control the compliance of thermal insulation materials with these standards. In this direction, the study has been prepared to examine the experimental control methods applied to thermal insulation materials in Turkey in line with the standards.

In the introductory part, which is the first part of the thesis, a general information about the scope of the study and thermal insulation is given. In the second part of the thesis, in the theoretical foundations and source research, the concept of thermal insulation and its historical development, legislation and standards prepared on thermal insulation in our country, rock wool, glass wool, XPS and EPS thermal insulation materials which are frequently encountered in construction applications in our country are mentioned. In the third part of the study, in the material and method section, the test methods applied to thermal insulation materials were examined in line with the standards. Then, field work was realized with 150 architecture offices in Bursa. In the fourth findings section of the thesis, the data obtained from the field study were evaluated. In the conclusion section, which is the last part of the thesis, the importance of inspecting the quality of thermal insulation materials used in buildings, passing through experimental control methods and conforming to standards is revealed.

Key words: Thermal insulation, thermal insulation material, experimental control method, standard
2024, xvii + 144 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Öncelikle tezimin her aşamasında çalışmamın daha iyi yerlere gelebilmesi amacıyla, yılların getirdiği bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bana her konuda yardımcı ve destek olan, yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER'e tüm katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecim ve tüm eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her daim iyi yerlere gelmemi temenni eden, sabırla ve sevgiyle yaklaşan sevgili aileme çok teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte ellerinden geldiğince yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Dilara DİNDAR
07/02/2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET....vi
ABSTRACT....vii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR....viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ....xi
ŞEKİLLER DİZİNİ....xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ....xvi
1. GİRİŞ……....1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI....7
2.1. Isı Yalıtım Kavramı ve Tarihsel Gelişimi....7
2.2. Türkiye'de Isı Yalıtımı ile İlgili Mevzuatlar ve Standartlar....14
2.2.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı....15
2.2.2. 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu....17
2.2.3. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği....19
2.2.4. Enerji Kimlik Belgesi....21
2.3. Türkiye'de İnşaat Uygulamalarında En Çok Tercih Edilen Isı Yalıtım Malzemeleri....23
2.3.1. Cam yünü....28
2.3.2. Taş yünü....30
2.3.3. EPS (Genleştirilmiş -Expanded- polistren köpük)....32
2.3.4. XPS (Haddelenmiş -Extruded- polistren köpük)....34
3. MATERYAL ve YÖNTEM....37
3.1. Türkiye'de Isı Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Temel Deneyler....41
3.1.1. Isıl direnç ve ısıl iletkenlik tayini....42
3.1.2. Uzunluk ve genişlik tayini....45
3.1.3. Kalınlık tayini....46
3.1.4. Gönyeden sapma tayini....48
3.1.5. Yüzey düzlüğünün tayini....49
3.1.6. Piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini....50
3.2. Malzemenin Türüne ve Kullanım Yerine/Koşuluna Göre Uygulanan Spesifik Deneyler....53
3.2.1. Belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayini....54
3.2.2. Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyut kararlılığının tayini....55
3.2.3. Basınç dayanımının tayini....57
3.2.4. Eğilme dayanımının tayini....59
3.2.5. Yüzeylere dik çekme dayanımının tayini....62
3.2.6. Basınç altında sünme tayini....64
3.2.7. Kesme özelliklerinin tayini....65
3.2.8. Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini....67
3.2.9. Daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini....70
3.2.10. Difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyonunun tayini....73
3.2.11. Donma-çözülme direncinin tayini....75
3.2.12. Su buharı iletim özelliklerinin tayini....77
3.2.13. Dinamik rijitliğin tayini....79
3.2.14. Görünür yoğunluğun tayini....80
3.2.15. Ses yutmanın tayini....81
3.2.16. Hava akış direncinin tayini....85

3.3. Alan Çalışması: Isı Yalıtım Malzemelerinin Deneysel Yöntemlere ve Standartlara Uygunluğunun Mimarlık Ofisleri Tarafından Dikkate Alınma Durumunun İncelenmesi, Bursa Örneği 88
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 106
5. SONUÇ…. 114
KAYNAKLAR 119
EKLER 128
ÖZGEÇMİŞ 144

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
CO_2	Karbondioksit
SO_2	Kükürtdioksit
±	Eksiği veya fazlası
°	Derece
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
km²	Kilometrekare
g	Gram
kg	Kilogram
kg/m^2	Kilogram/metrekare
kg/m^3	Kilogram/metrekare
N/mm^2	Newton/milimetrekare
W/mK	Watt/metre kelvin
m^2K/W	Metrekare kelvin/watt
dB	Desibel
Pa	Pascal
kPa	Kilopascal
U	Isıl geçirgenlik katsayısı
$Q_{yıl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
$Q^{ı}$	Yıllık ısıtma enerjisi
t_i	İç ortam
t_{iy}	İç yüzey sıcaklığı
μ	Su buharı difüzyon direnç faktörü
R_D	Beyan edilen ısıl direnç
ρ_0 veya ρ_c	Yoğunluk
Δm_T veya Δm_C	Kütle değişimi
λ_h	Isı iletkenlik katsayısı
l	Boy
b	En
d	Kalınlık
d_s	Deney numunesinin kalınlığı
d_L	250 Pa yük altındaki kalınlık
$\Delta\varepsilon_l$	Boydaki bağıl değişim
$\Delta\varepsilon_b$	Endeki bağıl değişim
$\Delta\varepsilon_d$	Kalınlıktaki bağıl değişim
S_b	Boy ve en boyunca gönyeden sapma
S_{max}	Düzlükten sapma
ε	Bağıl deformasyon
ε_m	Birim şekil değiştirme
ε_{ct}	Basınç sünmesi
F	Kuvvet

F_m	Uygulanan en büyük kuvvet
X	Şekil Değiştirme- Sehim miktarı
X_o	Yüklemenin başlangıcından itibaren 60 saniye sonraki başlangıç şekil değiştirmesi
σ_m	Basınç dayanımı
σ_{10}	%10'luk şekil değiştirmede basınç gerilmesi
σ_b	Eğilme dayanımı
σ_x	Eğilme gerilmesi
σ_{mt}	Yüzlere dik çekme dayanımı
E	Basınç altındaki elastisite modülü
L	Mesnetler arasındaki mesafe
G	Kesme modülü
τ	Kesme dayanımı
γ	Ötelenme miktarı
$\Delta\sigma_{ıslak}$ veya $\Delta\sigma_{kuru}$	Basınç mukavemet özelliklerindeki değişim
W_p	Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu
W_{lp}	Kısmi daldırma ile uzun süreli su absorpsiyonu
W_{lt}	Tam daldırma ile uzun süreli su absorpsiyonu
W_{dp} veya W_{dv}	Difüzyon ile uzun dönemli su absorpsiyonu
m_D	Deney numunesinin kütlesi
W_m veya W_v	Difüzyon ve donma-çözünme ile su absorpsiyonu
W	Su buharı geçişi
Z	Su buharı direnci
δ	Su buharı geçirgenliği
s_d	Su buharı difüzyonuna eşdeğer hava tabakası kalınlığı
s'	Dinamik rijitlik
s'_t	Görünür dinamik rijitlik
f_r	Rezonans frekansı
ρ_a	Görünür yoğunluk
ρ_c	Görünür göbek yoğunluğunun
α_p	Pratik ses yutma katsayısı
α_w	Ağırlıklı ses yutma katsayısı
α_s	Ses absorpsiyon katsayısı
A_T	Eş değer ses absorplama alanı
T	Çınlama süresi
AFr	Hava akış direnci

Kısaltmalar	**Açıklama**
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BEP	Binalarda Enerji Performansı
BEP-TR	İnternet Tabanlı Hesap Programı Yazılımı
CE	Conformité Européenné
CEN	European Committee for Standardization
CG	Cam Köpüğü
CS	Kalsiyum Silikat
ÇEVKAK	Çevre Enerji Verimlilik ve Kalite Kurulu İktisadi İşletmesi

DIN	Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EN	European Norm
EPB	Genleştirilmiş Perlit
EPS	Expanded (Genleştirilmiş) Polistren Köpük
FEF	Elastomerik Kauçuk Köpüğü
ICB	Genleştirilmiş Mantar
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
NSEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Bina
PCI	Net kalorifik potansiyel
PCS	Toplam kalorifik potansiyel
PEF	Polietilen Köpüğü
PF	Fenol Köpüğü
PUR veya PIR	Poliüretan Köpüğü
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TEBAR	Test Belgelendirme Araştırma ve Geliştirme Ticaret A.Ş.
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviyole
WF	Ahşap Lifli Levhalar
WW	Ahşap yünü Levhalar
XPS	Extruded (Haddelenmiş) Polistren Köpük
YÖK	Yükseköğretim Kurulu

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Sıcaklığın çalışma verimine etkisi ……..…….	8
Şekil 2.2.	Yapılarda ısı kayıplarının gerçekleştiği bölümlerin şematik olarak gösterimi ……..……	9
Şekil 2.3.	Isı yalıtımlı bir yapıda yaz ve kış aylarında ısının hareketi …...…..	10
Şekil 2.4.	Isının ortam sıcaklığına bağlı olarak hareketi ……..…	11
Şekil 2.5.	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin ortaya çıkmasında etkili olan kanunlar …..……..……...	19
Şekil 2.6.	Örnek Enerji Kimlik Belgesi ……	23
Şekil 2.7.	Farklı formlarda üretilen cam yünü malzeme ……..….	28
Şekil 2.8.	Cam yününün şilte formunda uygulaması …..…..…….	29
Şekil 2.9.	Farklı formlarda üretilen taş yünü malzeme …….……...…….	30
Şekil 2.10.	Dökme taş yünü …….……..….	31
Şekil 2.11.	Yapıda taş yünü uygulamaları …….....….	32
Şekil 2.12.	EPS ısı yalıtım malzemesi ……..…….	32
Şekil 2.13.	EPS'nin gözenek yapısı …….……...…	33
Şekil 2.14.	Yapıda EPS uygulamaları …….……..…..	34
Şekil 2.15.	XPS ısı yalıtım malzemesi …..……...……..	35
Şekil 2.16.	Yapıda XPS uygulamaları ……	36
Şekil 3.1.	TSE, TEBAR ve ÇEVKAK firmalarına ait logolar ……....…	39
Şekil 3.2.	TSE Ankara binası ……...……..……..	40
Şekil 3.3.	TEBAR'ın yer aldığı bina ……..……..	40
Şekil 3.4.	ÇEVKAK'ın konumu ……...…	41
Şekil 3.5.	ÇEVKAK ……...…….…..	41
Şekil 3.6.	Çift deney parçası içeren deney düzeneği …..……..…..……..	42
Şekil 3.7.	Tek deney parçası içeren deney düzeneği ……	43
Şekil 3.8.	Uzunluk ve genişlik tayininin gerçekleştirilmesi ……..…..….	45
Şekil 3.9.	Numune uzunluğunun ölçülmesi ……...……..	46
Şekil 3.10.	Kalınlık tayininin gerçekleştirilmesi ……...…….	47
Şekil 3.11.	Kadran ile kalınlığın ölçülmesi ……...…	47
Şekil 3.12.	En, boy ve kalınlıkta gönyeden sapmanın ölçülmesi ……..….	49
Şekil 3.13.	Ölçüm cihazı …..…….	49
Şekil 3.14.	Uzunlukta düzlükten sapmanın ölçülmesi ……...…	50
Şekil 3.15.	Tutuşabilirlik deney cihazı …….…….	52
Şekil 3.16.	Aleve doğrudan maruz kalan ısı yalıtım malzemesi …….	52
Şekil 3.17.	Kondisyonlama işleminin gerçekleştirildiği cihaz …….…….	54
Şekil 3.18.	Deney düzeneği …….……..…	56
Şekil 3.19.	Deney cihazına yerleştirilen deney numunesi ……..	58
Şekil 3.20.	Bilgisayar kontrollü deney cihazı …..……..…..……..	59
Şekil 3.21.	Bilgisayar destekli deney cihazı ……...……	60
Şekil 3.22.	Deney cihazına numunenin yerleştirilmesi …..……..…..…….	61
Şekil 3.23.	Deney cihazı ile eş zamanlı olarak oluşturulan kuvvet (F) - sehim (X) eğrisi ……...…	62
Şekil 3.24.	Deney cihazına yerleştirilmiş numune ……...…….….	63
Şekil 3.25.	Yüzeylere dik çekme dayanımı deney şeması …….…….	63
Şekil 3.26.	Tek numune içeren deney düzeneği …….……...….	66
Şekil 3.27.	Çift numune içeren deney düzeneği …….……....…	66

Şekil 3.28. Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu deney düzeneği ….. 67
Şekil 3.29. Süzdürme eleği örnekleri …..……..…...…….. 69
Şekil 3.30. Su tankına kısmi ve tam daldırılmış deney numuneleri ……...…… 71
Şekil 3.31. Tam daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu Yöntem 2A ve Yöntem 2B deney düzeneği …..…….…….…. 72
Şekil 3.32. Tam daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu Yöntem 2C deney düzeneği ……...… 73
Şekil 3.33. Deney cihazı ……...…….…. 74
Şekil 3.34. Deney cihazı ……...…….……. 77
Şekil 3.35. Deney kapları …….……..……...…. 78
Şekil 3.36. Deney düzeneği örnekleri …….…….....… 78
Şekil 3.37. Çınlama odası …….…….. 82
Şekil 3.38. Doğrudan hava akış metodunun (Metot A) şematik gösterimi…..... 86
Şekil 3.39. Doğrudan hava akış metodunda (Metot A) kullanılan deney cihazı ……..… 86
Şekil 3.40. Dalgalı hava akış metodunun (Metot B) şematik gösterimi ...……. 87
Şekil 3.41. Anket çalışmasının gerçekleştirildiği Bursa İli'nin konumu …...… 88
Şekil 3.42. Bursa İli'nde anket çalışmasının gerçekleştirildiği ilçeler ….....…. 89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Tek ve çok katlı binalardaki ortalama ısı kayıp oranları ……. 9
Çizelge 2.2. Bina enerji sınıfları ve enerji sınıfı endeksleri ……..… 22
Çizelge 2.3. Günümüzde en çok kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin temel özellikleri ……..……..….. 25
Çizelge 2.4. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması ……..... 27
Çizelge 3.1. Kullanım yerine göre ısı yalıtım malzemelerinin tabi olduğu standartlar……...…….. 38
Çizelge 3.2. Deney şartları ……...…. 57
Çizelge 3.3. Ofisin faaliyet süresi …….....…... 90
Çizelge 3.4. Ofiste çalışan mimar sayısı ……..…. 90
Çizelge 3.5. Ofiste yapılan yıllık proje sayısı ……..……..…... 91
Çizelge 3.6. Ofisin EKB çıkarma yetkisi ……...……..…. 91
Çizelge 3.7. Ofisin şantiyelerde ısı yalıtım malzemesi kullanmadan önce test laboratuvarına başvurma durumu …….……..…….. 91
Çizelge 3.8. Ofislerin tercih ettikleri test laboratuvarları …….……..…….. 92
Çizelge 3.9. Ofislerin tercih ettikleri test laboratuvarları sorusuna diğer diyenlerin cevapları …….. 92
Çizelge 3.10. Ofislerin şantiyelerinde cam yününü tercih etme sırası ……..…. 93
Çizelge 3.11. Ofislerin şantiyelerinde taş yününü tercih etme sırası ….....…..... 93
Çizelge 3.12. Ofislerin şantiyelerinde EPS'yi tercih etme sırası ……...…. 93
Çizelge 3.13. Ofislerin şantiyelerinde XPS'i tercih etme sırası …....……... 94
Çizelge 3.14. Ofislerin duvarlarda tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı …. 94
Çizelge 3.15. Ofislerin çatılarda tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı ….... 95
Çizelge 3.16. Ofislerin döşemelerde tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı .. 95
Çizelge 3.17. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "sağlığa etkisinin" önem sırası ….....……... 96
Çizelge 3.18. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinde "ekonomikliğin" önem sırası ……... 96
Çizelge 3.19. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinde "standartlara uygunluğun" önem sırası …....……..... 97
Çizelge 3.20. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "ısı iletim katsayısında küçük değere sahip olmasının" önem sırası ……....…. 97
Çizelge 3.21. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "yangına karşı davranışının" önem sırası …....……... 98
Çizelge 3.22. "Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır" ifadesinin yanıtları .....…. 99
Çizelge 3.23. "Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder" ifadesinin yanıtları ……..... 99
Çizelge 3.24. "Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz" ifadesinin yanıtları ……...……. 100
Çizelge 3.25. "Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız" ifadesinin yanıtları 100
Çizelge 3.26. "Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz" ifadesinin yanıtları ...……..... 101

Çizelge 3.27. "Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir" ifadesinin yanıtları ……..... 101
Çizelge 3.28. "Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir" ifadesinin yanıtları …..... 102
Çizelge 3.29. "Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz" ifadesinin yanıtları …..……..... 102
Çizelge 3.30. "Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız" ifadesinin yanıtları ...……..... 103
Çizelge 3.31. "Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz" ifadesinin yanıtları …….... 103
Çizelge 3.32. "Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız" ifadesinin yanıtları 104
Çizelge 3.33. "Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız" ifadesinin yanıtları ……..... 104
Çizelge 3.34. Ofislerin ısı yalıtımı konusunda genel düşüncelerinin oran (%) olarak ifadesi .....…… 105
Çizelge 4.1. Cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'e, TSE Standartları'nda belirtildiği üzere uygulanması gereken deney yöntemleri ……... 106
Çizelge 4.2. Isı yalıtım malzemelerinin tercih edilme sırası ……..…. 109
Çizelge 4.3. Isı yalıtım malzemelerinin yapılarda uygulama yerine göre en çok tercih edildiği yalıtım kalınlığı ……..... 109
Çizelge 4.4. Belirlenen kriterlerin önem sırası ……..……...….. 110
Çizelge 4.5. Ofislerin ısı yalıtımı hakkındaki genel görüşlerine dair elde edilen anket puanları ……..……..…..... 111

1. GİRİŞ

Isı yalıtım malzemelerinin yapılarda kullanılabilmesi için CE işaretlemesinin bulunması ve belirli standartlara uymaları gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin bu standartlara uymaması ve CE işaretinin bulunmaması durumunda yapılarda çeşitli sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Bütün AB ülkelerinde geçerliliği olan CE işareti, bulunduğu malzemenin Avrupa Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne uyumlanarak hazırlanmış olan Türkiye Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne uygun olduğunu ifade etmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013). Bir malzemede CE işaretinin bulunması, malzemenin ilgili teknik düzenlemelere uygun olduğu ve bu uygunluğun değerlendirilebilmesi için gerekli tüm testlerden geçmiş olduğu anlamını taşımaktadır. CE işareti taşıması gerektiği halde taşımayan malzemelerin piyasaya arzı mümkün olmaması sebebiyle malzemelerde CE işaretinin bulunması oldukça önemli bir husustur (Öztürk, 2015).

Isı yalıtım malzemelerinin CE işaretine sahip ve standartlara uygun olup olmadığını test etmek için ise bu malzemelere çeşitli deneyler yapılmaktadır. Ülkemizde yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemleri ile ilgili açıklayıcı ve yeterli yazılı kaynak olmaması sebebiyle ısı yalıtım malzemelerinin sahip olması gereken standartlarla ilgili yeterli bilgi seviyesinde olunmadığı düşünülmüş ve bu konu problem olarak tespit edilmiştir. Problem olarak belirlenen durumun tespit edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla alan çalışması gerçekleştirilerek ülkemizde ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemlerinin incelenmesi çalışma konusu olarak seçilmiştir.

Standartlara uygun olmayan ve gereken testlerden geçmemiş olan ısı yalıtım malzemeleri kendilerinden beklenen performansı sağlayamamaktadır. Yalıtım malzemelerinin bu performansı sağlayabilmeleri için malzemelerin deneysel kontrolden geçmiş olması gerekmektedir. Türkiye'de mimarlar ve uygulayıcı firmalar malzeme seçim aşamasında malzemelerin deneysel kontrolden geçmiş olmasını çoğunlukla bir kriter olarak göze almamaktadırlar. Ancak pratikte bunun mutlaka bir kriter olarak dikkate alınması gerekmektedir. Bu noktaya açıklık getirebilmek amacıyla aşağıda yer alan ifadeler araştırma soruları olarak belirlenmiştir.

- Deneyleri yapılmış ve standartlara uygun olan ısı yalıtım malzemelerinin yapılarda tercih edilme oranı nedir?
- Mimarlar için malzeme seçimi aşamasında, malzemenin deneysel kontrolden geçmiş olması bir kriter oluşturuyor mu?

Çalışmanın kuramsal temeller ve kaynak araştırması bölümünde sırasıyla ısı yalıtım kavramı ve tarihsel gelişimi, ülkemizde ısı yalıtımı üzerine hazırlanmış mevzuatlar ve standartlar, ülkemizde inşaat uygulamalarında çoğunlukla tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri açıklanmıştır. Çalışmanın materyal ve yöntem kısmında ise ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemlerinin incelenmesi ve tanıtılması yapılmıştır. Ardından ısı yalıtım malzemelerine bu deney yöntemlerinin ne oranda uygulandığının tespiti amacıyla bir alan çalışması yapılmıştır. Bu alan çalışması Bursa İli'nde yer alan mimarlık ofislerini kapsamaktadır. Belirlenen konunun araştırılmasında Bursa İli'nde bulunan mimarlar ile anket çalışması gerçekleştirilerek hangi malzemelerin daha çok tercih edildiği, ısı yalıtım malzemelerini tercih sebepleri, malzemelerin yapıda uygulanmadan önce deney yöntemlerinden geçirilip geçirilmediği ve kontrol edilip edilmediği değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin kalitesinin, deneysel test yöntemlerinden geçmesinin ve standartlara uygunluğunun denetlenmesinin önemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Günümüzde enerji verimliliği ve tasarrufu konularının önem kazanması üzerine yapılarda ısı yalıtım uygulamalarında artış gözlemlenmiş ve bu uygulamalarda başvurulacak çeşitli yönetmelik, kanun ve standartlar oluşturulmuştur. Isı yalıtım uygulamalarının artışı ile birlikte ısı yalıtımı üzerine hazırlanan akademik çalışmalarda artış meydana gelmiştir. Akademik ortamda ısı yalıtımının zaman içerisindeki gelişimi, ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtımının yapılardaki uygulama yerleri ile ilgili çeşitli konularda araştırmalar ve çalışmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda Ulusal Tez Merkezi veri tabanında “ısı yalıtımı”, “ısı yalıtım malzemesi” ve “deney yöntemleri” anahtar kelimeleri ile yapılan arama sonucunda belirlenen tez konusu ile ilgili olarak elde edilen yüksek lisans ve doktora tez başlıkları listelenmiş ve EK 2’de tablo halinde gösterilmiştir.

1991'de yazılan yüksek lisans tezi "Thermal Insulation and Energy Conservation Measures for Low-Cost Housing" (Şahin, 1991) başlığına sahiptir. 1998 yılında "Konut Dış Duvarlarında Isı Yalıtımı Sürekliliğinin Sağlanması Üzerine Bir İnceleme" (Yıldız, 1998) ve "Çeşitli Isı Yalıtım Malzemeleri Kullanarak Yapılarda Isı Yalıtımı Yoluyla Hava Kirliliğinin Önlenmesi" (Mesci, 1998) başlıklı yüksek lisans tezleri yazılmıştır. 2001 yılında "Yapı Fiziğine Uygun Isı ve Su İzolasyonu Uygulama Teknikleri ve Projelendirilmesi" (Engin, 2001) ve 2002 yılında "Binalarda Isı Yalıtımı ve Son Teknolojik Gelişmeler" (Onaylı, 2002) yüksek lisans tezleri yazılmıştır. 2003 yılında yazılan yüksek lisans tezlerinde "Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımının İrdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları İyileştirme Projesi Örneği" (Ünalan, 2003) ve "Tünel Kalıp Sistemi ile Üretilen Toplu Konutlarda Isı Yalıtımı ve Sorunlarının İncelenmesi" (Erbil, 2003) konuları ele alınmıştır. 2004 yılında "EPS-Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı" (Cihan, 2004) ve "EPS Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi" (Özşahin, 2004) adlı yüksek lisans çalışmaları yapılmıştır. 2005 yılında ise "Konya'daki Yapılarda Isı Yalıtım Malzemesi (XPS, EPS) Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi, Çevre ve Enerji Etkilerinin Araştırılması" (Demir Özkan, 2005) başlıklı yüksek lisans tezi ve "Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) Yalıtım Levhalarının Özelliklerini Etkileyen Üretim Parametrelerinin İrdelenmesi" (Mıhlayanlar, 2005) başlıklı doktora tezi yazılmıştır.

2006 yılında ısı yalıtımı konusunda fazla çalışma yapılmıştır. "Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Ekserji Analizi" (Akyol, 2006), "Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Dübellerin Aderans Kuvveti" (Durmuş, 2006), "Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiyede Yalıtım" (Şen, 2006) ve "İklimlendirme Sistemlerinde Havalandırma Kanallarının Seramik Katkılı Boyalarla Isı Yalıtımı ve Klasik Yalıtım Sistemleri ile Karşılaştırılması" (Şenyurt, 2006) başlıklı yüksek lisans tezleri 2006 yılında yayınlanmıştır. 2007 yılında yazılan yüksek lisans tezleri "Isıtılan ve Soğutulan Mahallerde Isı Yalıtımının Optimizasyonu" (Tuncer, 2007), "Perlit Katkılı Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı" (Azizi, 2007) ve "Dar Kanallarda Kanal Genişliğinin Isı Yalıtımı Açısından İncelenmesi ve Modellenmesi" (Çavuşoğlu Aydın, 2007) başlıklarına sahiptir. "Isıl İşlem Yöntemiyle

Modifiye Edilmiş Atık EPS Köpüklerin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması" (Kan, 2007) tezi ise 2007 yılında yazılan doktora tezidir.

2009 yılında iki adet yüksek lisans tezi bulunmaktadır. Bunlar "Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından İncelenmesi" (Kiper Yılmaz, 2009) ve "Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması" (İşbilir, 2009) başlıklı tezlerdir. 2010 yılında ise üç adet yüksek lisans tezi yazılmıştır. Bunlar da "Binalarda Cephe Kaplamalarının Isı Yalıtımına Etkisi" (Doğruel, 2010), "Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması" (Erdabak, 2010) ve "Isı Yalıtımı ve Otomotiv Endüstrilerinde Kullanılan Yanmaya Dirençli Poliüretan Esaslı Malzemelerin Tutuşma ve Yanma Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi" (Tuzcu, 2010) başlıklı tezlerdir. 2011 yılında "Yapılarda Su ve Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Bu Uygulamaların Yer Altı Ulaşım Yapılarında İrdelenmesi" (Dere, 2011), "Hazardous Waste and Recovery a Case Study of Life Cycle and Environmental Impact Assessment of Glass Wool" (Ağıl, 2011) ve "Farklı Katkı Maddelerinin Poliüretan Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri" (Akdoğan, 2011) yüksek lisans çalışmaları yapılmıştır.

2012 yılında ısı yalıtımı konusunda fazla çalışma yapılmıştır. "Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Enerji Performansına Etkisi (Konya ve Erzincan Örneği)" (Yılmaz, 2012), "Şişebilen Polistiren (EPS) Boncuklardan İzolasyon Malzemesi Üretim Parametrelerinin Optimizasyonu" (Şahin, 2012), "Binalarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu MKÜ Mühendislik Fakültesi Binası Örneği" (Özutku, 2012), "Enerji Verimli Binalarda Isı Yalıtımının Toplam Bina Maliyetindeki Etkisi Yunanistan-Türkiye Karşılaştırması" (İsmail, 2012), "Türkiye'de Konut Dış Duvar Sistemlerinde Gerçekleştirilen Isı Yalıtımı Uygulamalarının Üretim ve Yapım Süreçlerinin Çevresel Değerlendirmesi" (Ceylan, 2012), "Tarihsel Süreç İçinde Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Isı Yalıtımı Açısından İrdelenmesi" (Çetinel, 2012) ve "Çimento-EPS Köpüğü-Kum Karışımının Hafif Dolgu Malzemesi Olarak Geoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi" (Ahmedov, 2012) başlıklı çalışmalar 2012 yılında yayınlanan yüksek lisans tezleridir.

2013 yılında ise “Isı Yalıtımında İdeal Yalıtım Malzemesi Kullanılmasının Deneysel Araştırılması” (Kocagül, 2013), “Binalarda Isı Yalıtımı Üzerine Deneysel Bir Çalışma” (Öziç, 2013), “Erzincan İlindeki Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları ve Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufuna Etkisinin Ekonomik Analizi” (Fırat, 2013), “Expanded Polystyrene Styrofoam (EPS) Isı Yalıtım Malzemelerinde Gözenekliliğin Isıl İletkenliğe Etkisinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi” (Yeşilyurt, 2013), “Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) ile Atık Polistiren Köpük Granüllerin Betona Karıştırılmasıyla Elde Edilen Hafif Betonun Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi” (Özçelik, 2013) ve “Dış Cephe Bitirme Sistemlerinde Isı Yalıtımının Sıcaklık ve Nem Performansına Etkisinin İncelenmesi” (Chasan, 2013) konuları ile sayıca fazla akademik çalışma yapılmıştır.

2015 yılında “Kentsel Dönüşümü Bir Fırsat Kabul Ederek Binalarda Isı Yalıtımının Faydalarının Araştırılması” (Anıl, 2015) ve “Taşyünü Üretim Tesisinde Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Taguchi Deney Tasarımının Birlikte Uygulanması” (Okumuş, 2015) başlıkları yüksek lisans tezleri ele alınmıştır. 2016 yılında “Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Yapısal Performansı ve Etkinliğinin İstanbul’da Bir Alan Çalışması ile İncelenmesi” (Türkmen, 2016), “Mevcut Binaların Cephelerinde Dıştan Isı Yalıtımı Uygulamalarının İstanbul’da Alanda İncelenmesi ve Higrotermal Performansın Benzetimle Değerlendirilmesi” (Ekşi, 2016), “The Effect of Density on Impact Sound Insulation of the Expanded Polystrene (EPS) Block Used as Filler In One Way Hollow Core Slab in Dwellings” (Erdemli, 2016) ve “Evaluation of Shear Strength Properties of Modified Expanded Polystyrene (MEPS) Comparing with Sand” (Alak, 2016) yüksek lisans çalışmalarının yapıldığını görmekteyiz. Ayrıca 2016 yılında yazılmış doktora tezi de “Genleştirilmiş Polistren (EPS) Atığının Çeşitli Bağlayıcı Kombinasyonlarında Yeniden Değerlendirilmesi” (Kaya, 2016) başlığına sahiptir.

2017 yılında “Farklı Nem ve Gözeneklilik Değerleriyle EPS Yalıtım Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi” (Tan, 2017) yüksek lisans tezi yazılmıştır. 2018 yılında yazılan yüksek lisans tezleri ise “A Life Cycle Sustainability Assessment Methodology for Thermal Insulation Materials” (İlhan, 2018), “Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması” (Bektaş, 2018) ve “Hafiflik, Ekonomiklik, Isı Yalıtımı ve Yeterli Basınç Dayanımı Unsurları Taşıyan Kompozit

Malzeme Üretimi" (Baba, 2018) başlıklarına sahiptir. Aynı zamanda 2018 yılında "Yapılarda Isı Yalıtımı için Geopolimer Malzeme Üretimi ve Karakterizasyonu" (Kut, 2018) başlıklı doktora tezi de yazılmıştır.

2019 yılı da ısı yalıtımı konusunda fazla çalışmaların yapıldığı bir yıldır. "Sürdürülebilirlik Açısından Konut Tipi Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Farklı Parametrelere Göre İncelenmesi" (Kuk, 2019), Genleştirilmiş Polistiren (EPS) Köpüğün Geoteknikte Kullanılması" (Kiriş, 2019), "Performance Assessment of Lime-Pozzolan Mortars with Straw Aggregate for Sound and Thermal Insulation Purposes" (Kaplan, 2019), "Bina Isı Yalıtım Sistemlerinin İncelenmesi ve Optimizasyonu" (Mermer, 2019), "Farklı Yoğunlukta Kademelendirilmiş Taşyünü İmalatı için Mekanik Sistem Tasarımı ve Ürünün Isıl Özelliklerinin İncelenmesi" (Altuntop, 2019), "Taşyünü Ürünlerinin Çekme ve Basma Özelliklerini Test Edebilen, Gelişmiş Bir Deney Makinesinin Tasarlanması ve Uygulanması" (Çamlıca, 2019) "Nanopartikül Takviyeli XPS ve EPS Kompozitlerin Üretimi ve Mekanik Özelliklerin İncelenmesi" (Karaağaç, 2019) ve "Isı Yalıtımı ile Verimli Enerji Kullanımı Modelinin ANFIS ile Oluşturulması" (Gökçe, 2019) başlıklı tezler 2019 yılında yayınlanmış yüksek lisans tezleridir.

2020 yılı yüksek lisans tezlerinde "Isı Yalıtımı Açısından Konvansiyonel Malzemelerle Nanoteknolojik Malzemelerin Karşılaştırılması" (Çöl, 2020) ve "An Investigation on The Mechanical Properties and Behavior of Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam" (Güven, 2020) başlıkları ele alınmıştır. 2021 yılında "Bor İlavesinin Perlit Esaslı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isıl ve Mekanik Özelliklere Etkisi" (Özlük, 2021) başlıklı yüksek lisans tezi yazılmıştır.

Yukarıda listelenen ve ısı yalıtımı üzerine hazırlanmış olan çalışmalar incelenmiştir. Bu doğrultuda literatürde açıklayıcı ve yeterli yazınsal kaynak bulunmaması sebebiyle çalışma konusu olarak ülkemizde ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemlerinin incelenmesi seçilmiştir. Tez çalışması kapsamında; ısı yalıtımı, ısı yalıtım malzemeleri, ısı yalıtımıyla ilgili mevzuatlar ve ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tezin bu bölümünde ısı yalıtım kavramı ve tarihsel gelişim sürecinden bahsedildikten sonra, ülkemizde ısı yalıtımı ile ilgili bulunan mevzuatlara ve standartlara değinilmiştir. Bu başlık altında sırasıyla TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Ardından ülkemizde inşaat uygulamalarında en çok karşılaştığımız cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS ısı yalıtım malzemeleri anlatılmıştır.

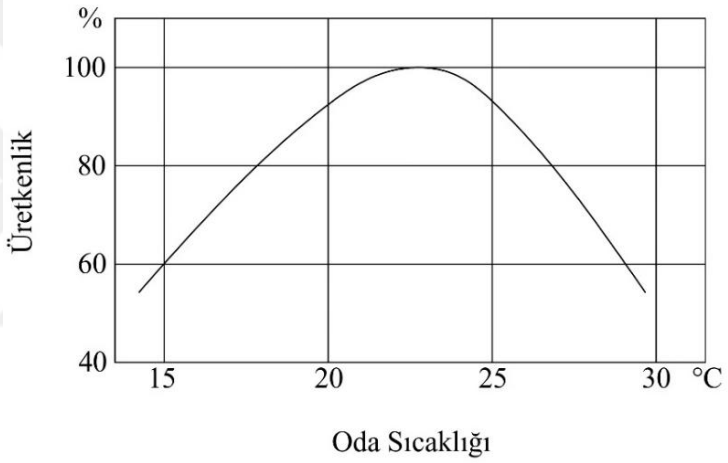
2.1. Isı Yalıtım Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Hızlı nüfus artışı, büyük şehirlere göçler, kentleşmenin ve teknolojik imkanların artması ile doğru orantılı olarak enerji kaynaklarının tüketimi artmaktadır. Enerji ve enerji kaynaklarının tüketiminin artması sebebiyle çevre kirliliği, iklim değişiklikleri gibi olaylarda da artış gözlenmektedir. Aynı zamanda enerji eksikliği ve ihtiyacı ülkeleri enerjide dışa bağımlı hale getirmektedir. Bu dışa bağımlılıktan kurtulabilmek ve enerji ihtiyacını karşılayabilmek sebebiyle enerji tasarrufu kavramı önem kazanmaktadır. Bu nedenle geçmiş yıllardan bu yana sahip olunan enerjiyi koruma ve enerjiden tasarruf etme yolları araştırılmaktadır. Günümüzde ise kaynakların azalmasının önemli bir risk faktörü haline gelmesiyle alınacak önlemler oldukça önem taşımaktadır. Bu doğrultuda yapılarda, enerji verimliliğini sağlayabilmek için yapılan uygulamalardan biri ısı yalıtımıdır. Isı yalıtımı konusunda karşımıza çeşitli malzemeler ve uygulama sistemleri çıkmaktadır.

Enerji tüketiminin enerji üretiminden oldukça fazla olduğu ve aralarında bulunan farkın günden güne arttığı ülkemizde, enerjinin büyük bir kısmı ithal edilmektedir. T.C. Dışişleri Bakanlığı'nın (2022) sitesinde açıkladığı bilgiye göre ülkemiz %74 gibi yüksek bir oranla enerji ihtiyacını karşılamakta dışa bağımlıdır. Ülkemizde enerjinin yaklaşık %35'inin tüketildiği konutlarda, tüketilen bu enerjinin %65'lik kısmı ısıtma, soğutma ve havalandırma amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizdeki yalıtımlı bina oranı ise 2022 yılı verilerine göre %20 gibi oldukça düşük bir değere sahiptir (Anonim, 2024). Bu nedenle tüketilen enerji miktarının oldukça yüksek olduğu konutlarda, ısı yalıtımı uygulamaları yapılarak tüketilen enerjide tasarruf sağlamak mümkündür. Isı yalıtımı uygulamaları

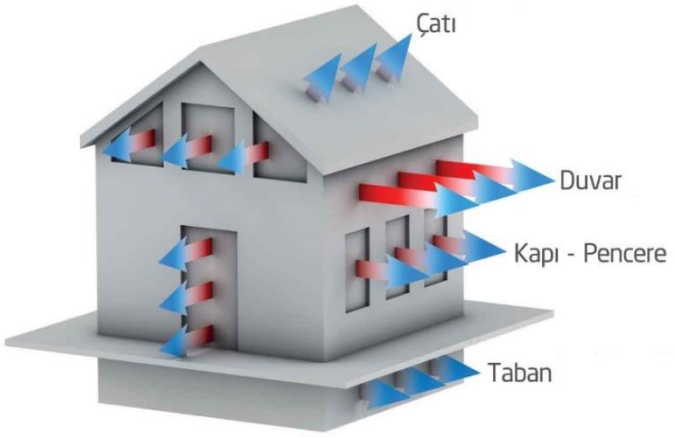
enerjinin, çevrenin, iklimin korunması ve geleceğe yaşanabilir bir çevre bırakmak açısından oldukça önemlidir.

Isı kayıp ve kazanç dengesinin sağlandığı mekanlarda, kullanıcılar için ısıl konfor koşulları sağlanmış olmaktadır. Kullanıcılar, ısıl konfor koşulları sağlanmış olan bir mekandan en üst düzeyde verim almaktadırlar. Konfor koşullarının sağlanmasında birçok faktör etkili olmasına rağmen en etkili faktörlerden biri ortam sıcaklığıdır. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere ortam sıcaklığı üretkenliği büyük ölçüde etkilemektedir. Bir mekanda ısıl konfor koşullarının sağlanması da doğru bir ısı yalıtımı uygulaması ile mümkün olmaktadır.



Şekil 2.1. Sıcaklığın çalışma verimine etkisi (Engin, 2001)

Isı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasındaki enerjiyi korumak ve meydana gelen ısı geçişini azaltmak amacıyla yapılan uygulamaları kapsamaktadır. İki ortam arasında gerçekleşen ısı geçişini tam olarak durdurmak mümkün olmasa da ısı yalıtımı sayesinde bu ısı geçişi sınırlandırılabilmektedir. Isı yalıtımı uygulamalarında, yalnızca dış duvarlara yalıtım yapmak yeterli olmamaktadır. Her yapı elemanı ve oluşabilecek ısı köprüleri düşünülerek yapıya bir bütün olarak yalıtım uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda ısı yalıtımı, Şekil 2.2'de gösterilen ve ısı kayıplarının en çok yaşandığı çatı, duvar, döşeme, ısı köprüleri, kapı ve pencere gibi yapı elemanlarında çeşitli uygulama yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir.



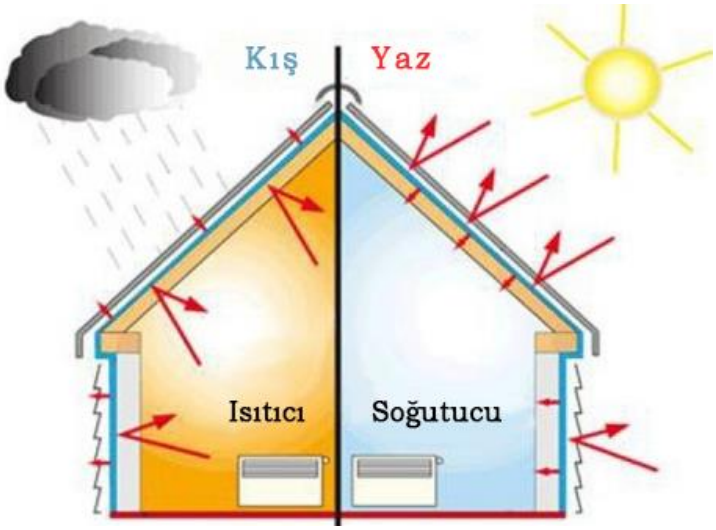
Şekil 2.2. Yapılarda ısı kayıplarının gerçekleştiği bölümlerin şematik olarak gösterimi (Anonim, 2023aa)

Yapılarda yaşanan ısı kayıplarının miktarını belirleyici birçok faktör vardır. Yapının tek veya çok katlı oluşu, yüksekliği, mimari özellikleri, konumu, tercih edilen yapı malzemeleri ve kalınlıkları, ısı yalıtım durumu gibi etmenlere göre yapıda gerçekleşen ısı kayıplarında değişiklikler meydana gelmektedir. Bu faktörlere bağlı olarak yapılarda %20-75 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkündür (Usta, 2009). Yapı elemanlarında gözlenen ısı kayıp miktarları yüzde olarak belirlenmiş ve Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Tek ve çok katlı binalardaki ortalama ısı kayıp oranları (Dağsöz, 1999)

	Dış Duvar	Çatı	Bodrum	Pencere	Hava Kaçakları
Tek Katlı %	25	22	20	20	13
Çok Katlı %	40	7	6	30	17

Yapılarda ısı yalıtımı yalnızca soğuk iklim bölgelerinde ısıtma giderlerini azaltmak amacıyla değil sıcak iklim bölgelerinde de soğutma giderlerini azaltmak amacıyla yapılmaktadır. Şekil 2.3'te ısı yalıtımına sahip bir yapıda yaz ve kış aylarında ısının hareketi şematize edilerek ısı yalıtımının önemine vurgu yapılmaktadır. Isı yalıtım uygulamaları, yapım aşamasında çoğunlukla ekstra maliyet olarak gözükmektedir ancak ortalama 3-5 yıl içerisinde yapılan harcamaların geri kazanılması mümkündür. Isı yalıtımı ile ısıtma ve soğutma giderlerinde yaşanan azalma enerji tasarrufu sağlayarak hem çevrenin korunmasına katkı sağlamakta hem de yapı sahiplerini kazançlı duruma getirmektedir.



Şekil 2.3. Isı yalıtımlı bir yapıda yaz ve kış aylarında ısının hareketi (Anonim, 2023ab)

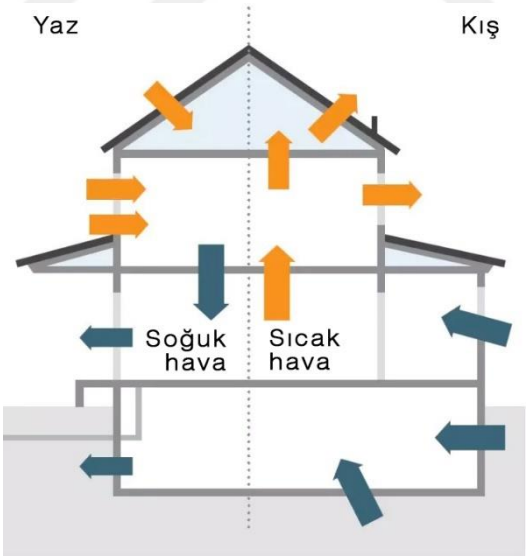
Yapılarda ısı yalıtımı, kişinin kendini iyi hissetmesi ve maksimum düzeyde üretken olabilmesi amacıyla yapılmaktadır. Yapılan ısı yalıtım uygulamaları ile ortamın ısıl konforu sağlanmaktadır. Çevresel koşulların etkisiyle bir ortamın konfor koşulları kişiden kişiye değişiklik gösterebilmektedir. Ancak bir mekanın konforlu sayılabilmesi için 18-20 ºC iç ortam sıcaklığı, 16-18 ºC yapı elemanı sıcaklığı ve %50 oranında bağıl nem olacak şekilde ortalama değerler belirlenmiştir. Bu değerlere ek olarak, iç ortam yüzey sıcaklığının iç ortam sıcaklığından düşük olması, mekanın ısıl konforunun sağlanamadığı anlamına gelmektedir. İç ortam ve iç yüzey sıcaklığı arasındaki fark arttıkça ortamın konfor durumu düşmektedir. Mekanların ısıl parametresi, yapıya uygulanacak olan yalıtım sistemi ile sağlanmaktadır. Uygun ve doğru yalıtım sistemlerinin yapılması durumunda yapıların kullanım ömründe uzama, kullanıcıların yaşam konforunda ve üretkenliklerinde iyileşmeler görülmektedir (Öziç, 2013). Bunlara ek olarak ısı yalıtımı uygulamaları sayesinde, CO_2 ve SO_2 gazları emisyon değerlerinde de azalma meydana gelmektedir (Yuan ve ark., 2016).

Isı yalıtımı sadece yalıtım malzemeleri ve yöntemleri kullanılarak sağlanmamaktadır. Isı yalıtımının yapı ile bir bütün olarak düşünülmesi ve yapının tasarım aşamasında başlanması gerekmektedir (Mor, 2007). Tasarım aşamasında ısı yalıtımı ile ilgili verilecek kararları yapının vaziyet planına yerleşimi, yapının yönlenmesi, çevre

parsellerdeki yapılar ile durumu (bitişik/ayrık nizam), pencere boşluklarının ölçüleri ve pencere sayısı gibi çeşitli birçok etken belirlemektedir (Şimşek, 2019).

Isı yalıtım malzemeleri için önemli bir değer olan ısı iletkenlik katsayısının (λ_h) küçük olması beklenmektedir. Bu değer ne kadar küçük olursa malzemenin o kadar iyi yalıtım özelliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ancak ısı iletkenlik katsayısı (λ_h) çok küçük olsa bile doğru yalıtım kalınlığı seçilmediği sürece istenilen performans sağlanamayacaktır. Isı yalıtım uygulamalarında, ısı iletkenlik katsayısının (λ_h) ve yalıtım malzemesi kalınlığının bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Ünal, t.b.).

Isı, termodinamiğin 2. yasasına göre sıcaklığı yüksek ortamdan düşük ortama transfer olmaktadır (Şekil 2.4) (Öziç, 2013). Bu transfer olayını azaltmak amacıyla yapılan ısı yalıtım uygulamalarının düzgün yapılmaması durumunda enerji korunumu tam olarak sağlanamamakta ve buna ek olarak duvarlarda yoğuşma riski oluşmaktadır. Bu nedenle ısı yalıtım uygulamalarında su buharının davranışı, göz önünde bulundurulması gereken kriterlerden biridir (Dağıdır ve Bolattürk, 2011).



Şekil 2.4. Isının ortam sıcaklığına bağlı olarak hareketi (Anonim, 2023ac)

Isı yalıtım uygulamaları sayesinde yapı yüzeylerinde nem, yoğuşma, kolon ve kiriş donatılarında oluşabilecek korozyon ve tesisat borularında gözlemlenen donma olaylarının önüne geçilebilmektedir. Aynı zamanda kolon ve kiriş yüzeylerindeki ısı

farklılıkları sebebiyle oluşabilen termal gerilmeler, ısı yalıtımı sayesinde azaltılarak yapısal çatlakların oluşması önlenmektedir. Bütün bu sebepler doğrultusunda ısı yalıtımı, yapıda oluşabilecek sorunlarda onarım ve tadilat masraflarında azalma sağlayabilmektedir (Özutku, 2012).

İnsanlar, yaşadıkları çevrenin iklim koşullarına bağlı olarak olumsuz koşullardan korunmak, yalıtılmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Geçmişte insanlar çevre koşullarından kendilerini koruyabilmek amacıyla taş, saman ve ağaç gibi doğal malzemelerden mekanlar oluşturmuşlardır (Kulaksızoğlu, 2006). Zaman içerisinde çevresel koşulların etkisi ve insanların ihtiyaçlarının değişmesiyle birlikte yapılarda çeşitli gelişmeler yaşanmıştır.

Sanayi Devrimi'yle birlikte artış gösteren buharla çalışan kazanlardan en iyi faydayı sağlayabilme gerekliliği ısı yalıtımı kavramının önemini ortaya çıkarmıştır. Carl Von Linde, 1882 yılında ilk soğutma makinesini bulmuş ve bu makine ile bir soğuk hava deposu oluşturulmuştur. Oluşturulan deponun ısısının korunabilmesi için yalnızca yapı malzemelerinin yeterli olmadığı belirlenmiş, ilave olarak ısı yalıtım malzemelerine ihtiyaç duyulmuştur (Karakoç ve ark., 1999).

Yapılarda ısı yalıtım uygulamaları ise II. Dünya Savaşı sonrasında önem kazanmıştır. II. Dünya Savaşı öncesinde yapılarda ısı korunumunu sağlayabilmek amacıyla soğuk çatı uygulaması ve kalın duvarlar tercih edilmiştir. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra konut ihtiyacının artmasıyla betonarme yapım sistemleri gelişmiştir. Gelişen sistemlerle beraber betonarme yapı elemanlarında incelmeler gözlemlenmiş, dolayısıyla yapılarda ısıtma ve soğutma konularında eksiklikler ortaya çıkmıştır. Bu sebeple II. Dünya Savaşı'ndan sonra yapılarda gözlenen gelişmeler beraberinde yapılarda ısı yalıtım uygulamalarına başlanmıştır (Kahraman, 1999).

Mineral yünler, ticari amaçla ilk olarak 1840 yılında Galler'de boru yalıtımında kullanılmıştır (Durmuş, 2006). 1891 yılında ise ticari olarak ilk yalıtım malzemesi Samuel Cabot tarafından üretilmiştir. Örtü tipi bir yalıtım malzemesi olan bu malzemeye "Cabot's Quilt" adı verilmiştir. 1897 yılında taş yünü, kimya mühendisi C.C. Hall

tarafından Amerika'da ilk kez üretilmiştir. 1927'de ise taş yününün yalıtım amacı ile kullanımına başlanmıştır (Durmuş, 2006). Ayrıca yalıtım malzemelerinin ortaya çıkmasıyla beraber 1900'lü yılların başlarında ısı yalıtım malzemelerinin seri üretimi Almanya'da başlamıştır (Karakoç ve ark., 1999). Yalıtım malzemelerinin yaygınlaşarak ticari amaçla kullanılmaya başlaması ise 1930'lu yılları bulmuştur (Bynum, 2000).

1910'lu yılların başlangıcı ile levha türünde yalıtım malzemeleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu yalıtım levhaları ilk olarak yarı rijit olarak üretilirken, 1914 yılından itibaren rijit olarak üretilmeye başlamıştır (Bynum, 2000). Cam yününün ilk kullanım alanı, Eski Mısırlıların kaplara yapmış oldukları süslemelerde gözlemlenmiştir. 1931 yılında ise cam yününün modern olarak üretimine başlanmıştır (Durmuş, 2006). 1940'lı yıllarla birlikte XPS yalıtım malzemesi, Dow Chemical Şirketi tarafından geliştirilmiştir. XPS, üretiminin başlamasıyla birlikte çeşitli amaçlarda kullanılmıştır. XPS'in yalıtım amacıyla kullanımına başlanması 1950'li yıllarda gerçekleşmiştir (Bynum, 2000). 1967 yılında İzocam aracılığıyla cam yünü ülkemizde üretilen ilk yalıtım malzemesi olmuştur. Sonrasında gelişen sanayileşme ile birlikte köpüklerin, plastik esaslı, sürme esaslı ve lifli malzemelerin de üretimi gerçekleştirilmiştir (Kocagül, 2013).

Yapıların dış cephelerinde ısı yalıtım uygulamaları gelişmiş ülkelerde 1970'li yıllarda başlamıştır. Ülkemiz ise ithal ısı yalıtım malzemeleri ile 1991 yılında tanışmıştır. Yapılarda enerji tasarrufu alanında uygulamalar ilk olarak, ısı kayıplarının en çok gözlendiği bölümlerden biri olan pencerelerde, tek cam ünitelerinin çift cam uygulamalarına dönüştürülmesi ile birlikte 1990'lı yıllarda başlamıştır (Yaman ve ark., 2015). Pencerelerde çift cam uygulamalarının başlamasının ardından çeşitli yalıtım uygulamaları da ortaya çıkmaya başlamış ve farklı ısı yalıtım malzemelerinin ülkemize ithali ve ülkemizde üretimi başlamıştır (Kocagül, 2013).

1970'de yürürlüğe giren "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" ile beraber yalıtım konusu ilk kez resmi kaynaklarda yer almıştır. 1981 yılında "Isı Yalıtım Yönetmeliği"nin yürürlüğe girmesinin ardından "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardında revizyona gidilmiş ve 1998'de revize işlemi tamamlanarak yürürlüğe girmiştir (Bektaş ve ark., 2017). "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", 9 Ekim 2008'de "Binalarda Isı

Yalıtımı Yönetmeliği'nin Resmi Gazete'de yayınlanmasından sonra 1 Kasım 2008'de revize edilerek uygulanması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. Ardından standart, Aralık 2013'te tekrar revize edilerek günümüzdeki versiyonuna ulaşmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

08.05.2000'de 24043 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği" ile birlikte yapılarda ısı yalıtımı uygulamaları mecburi hale getirilmiştir. Ardından "Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği" revize edilerek 09.10.2008 tarihli ve 27019 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Yönetmeliğin yayınlanmasıyla birlikte 2000 yılında yayınlanan önceki yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır (BEP, 2008).

02.05.2007 tarihinde 26510 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" çevrenin korunumunu, enerjinin verimli kullanımını, dolayısıyla israfın önlenmesini ve enerji maliyetinin azalmasını hedeflemektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2007). 05.12.2008 tarihinde 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ise Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından oluşturulmuştur (BEP, 2008). Isıtma amaçlı enerji tüketimlerinin ele alındığı "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nin yürürlüğe girmesi ile "Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği" yürürlükten kaldırılarak içeriği "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ne dahil edilmiştir.

2.2. Türkiye'de Isı Yalıtımı ile İlgili Mevzuatlar ve Standartlar

Yürürlükte bulunan standart, yasa, yönetmelik ve kararnamelerin tümünü kapsayan mevzuatların, ısı yalıtım uygulamaları kapsamında sağlaması gereken üç kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerden ilki ürün, uygulama ve hesaplama gibi yalıtım malzemesi ile ilgili bilgileri içeren standartlardır. İkinci kriter, belirtilen standartların zorunluluğunu sağlayan yönetmeliklerdir. Üçüncü ve son kriter ise yalıtım uygulamaları esnasında belirlenen kuralların uygulanmasını sağlayan denetim mekanizmasıdır. Ülkemizde bulunan ısı yalıtım mevzuatı bahsedilen üç kriteri de içermektedir (Şen, 2006). Ayrıca ülkemizde ısı yalıtımı kapsamında hazırlanan mevzuatlar Milli Eğitim Bakanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, belediyeler ve valilikler aracılığıyla denetlenmektedir.

Ülkemizde ısı yalıtımı ile ilgili çeşitli standartlar, yönetmelikler, kanunlar mevcuttur. Bu yönetmelik, kanun ve standartlarda ısı yalıtım malzemelerinin sağlaması gereken kriterler, üretim ve üretim sonrası kontroller, yapılarda sağlanması gereken değerler ve kriterler gibi çeşitli konulardan bahsedilmektedir. Bu sayede yapılarda ısı yalıtımı ve enerji korunumu konularında birçok noktaya açıklık getirilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde sırasıyla ülkemizde ısı yalıtımı ile ilgili bulunan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'ndan, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'ndan, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nden ve Enerji Kimlik Belgesi'nden bahsedilmektedir.

2.2.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı

Ülkemizde ısı yalıtımı üzerine yayınlanan ilk standart olan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" 1970 yılında TSE tarafından yürürlüğe girmiştir. 1990'lı yıllara kadar bu standartta uygulanma zorunluluğu bulunmamaktadır. Standartların, sektörden gelen talepler göz önünde bulundurularak değişen koşullara göre yeniden gözden geçirilmesi gerekmekte ve revizyona başvurulmaktadır. Bu doğrultuda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 1995 yılında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nın geniş çaplı revizesine başlanmış ve TS Teknik Kurulu tarafından 29.04.1998 tarihinde revize işlemi tamamlanarak yürürlüğe girmiştir (Karagöz, 2004). Bu revizyonda enerji ve ısıtma ile ilgili hesaplama yöntemi yerel ve yabancı standartlara göre düzenlenmiştir. Aynı zamanda standardın önceki versiyonunda 4 derece gün bölgesi mevcut iken yapılan revizyon ile ülkemiz 5 derece gün bölgesine ayrılmıştır (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'na standardın zorunlu olması için teklif götürülmüş ve bu teklif uygun görülerek 14.06.1999 tarihinde "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nın uygulanma zorunluluğu kararı 23725 sayılı Resmi Gazete'de "Mecburi Standard Tebliği" adı altında yayınlanmıştır. Bu tarihin üzerinden tam bir yıl sonra 14.06.2000 tarihinde bu standardın uygulanması zorunlu hale getirilmiştir. Yeni yapılarda ısı yalıtım uygulamaları bu standartta yer alan kurallara göre hesaplanmaya başlamıştır (Şenkal Sezer, 2005). Aralık 2013'te revizyon işlemi tamamlanarak tekrar yayınlanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" kapsamında, yapı elemanlarının iç ortam ve iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın en fazla 3 °C olması gerekmektedir (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

Günümüzde “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” kapsamında ısı yalıtım uygulamaları düzenlenmiş ve “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı hariç diğer yönetmelikler yürürlükten kaldırılmıştır.

Ülkemizde ısı yalıtım projeleri oluşturulurken başvurulan “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, yapı fiziği kuralları göz önünde bulundurularak hazırlanan bir standarttır. Yapıların ısıtılmasında harcanan enerji miktarını azaltarak tasarruf yapmayı hedefleyen “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerine sınırlama getirmektedir. “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı yapılarda imkan tanınan ısı kaybı miktarını ve net ısıtma ihtiyacını hesaplamak amacıyla enerji ihtiyacı hesap metotlarını, esaslarını ve değerlerini içermektedir. Yapılarda alan ve hacim ile bağlantılı olarak ısıtma giderlerine sınırlama getiren “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” konutlar, okullar, hastaneler, konaklama yapıları, kültür merkezleri, kongre salonları, spor salonları gibi zaman zaman içerisinde bulunduğumuz yapıların her birini kapsamaktadır. Öncelikle yeni yapılacak yapılar ile mevcut yapıların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”nda, mevcut yapıların herhangi bir bölümünde yapılacak tadilat işlemlerinden önce standartta belirtilen enerji tasarrufu ve ısıl geçirgenlik kat sayısı ile ilgili sağlanması gereken koşullar da açıklanmaktadır.

“TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” kapsamında yapıdaki toplam pencere yüzeyinin dış duvar yüzeyine oranının en fazla %12 değerinde olması ve pencerelerde çift cam kullanılması zorunlu tutulmaktadır. Bir diğer zorunlu tutulan kriter ise ısı yalıtım malzemesinin yoğuşmaya ve nem geçişine karşı korunması ve kontrolünün sağlanmasıdır (Savaş, 2000). Yapıda yoğuşma var ise yoğuşan su miktarının yalıtım malzemesine ve diğer malzemelere zarar vermeyecek şekilde belirlenen sınır değeri aşmaması ve belirlenen süreç içerisinde tamamen buharlaşmış olması gerekmektedir (Erdabak, 2010). “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” doğrultusunda belirlenen enerji ya da yoğuşma sınır değerlerinin sağlanmaması durumunda yapılara ruhsatları verilmemektedir.

Standartta yapılardaki ısı kayıp ve kazançlarının, aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, kazanç kullanım faktörünün çizelgeler şeklinde verilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda standarda uygun olarak hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının ($Q_{yıl}$), yıllık ısıtma enerjisi ($Q^{ı}$) sınır değerinden küçük olması gerekmektedir. Standardın 2013 yılındaki son revizyonu ile 1., 2., 3. 4. ve 5. derece gün bölgelerine ayrılan ülkemizde her derece gün bölgesi için izin verilen ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri ve yapıda uygulama yerine (duvar, çatı, döşeme) göre tercih edilmesi gereken yalıtım kalınlıkları belirtilmiştir. Yapıların duvar, döşeme ve çatılarında kullanılan malzemelerin kalınlıkları, sıralanışı, ısı geçirgenlik katsayısı (U) ve bu yapı elemanlarının yüzey alanları yapının ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörlerdendir.

2.2.2. 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu

5627 Sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" 02.05.2007 tarihinde 26510 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından bu kanunun yürürlüğe girmesi ile hazırlanan yapı projeleri kapsamında "Enerji Kimlik Belgesi" gündeme gelmiştir. Ülkemizde ısı yalıtımı kapsamında hazırlanmış olan mevzuatta önemli bir yere sahip olan "Enerji Verimliliği Kanunu"nun ana amaçlarından biri enerji tüketiminin çevresel etkilerini azaltmaktır. Bu doğrultuda kanun, gerekli kurum ve kuruluşlara çeşitli yetkiler vermektedir. Yetkilendirilen kurum ve kuruluşlar kanunun amaçları doğrultusunda çalışmalar yapmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2007).

"Enerji Verimliliği Kanunu" yayınlandıktan sonra yapılacak olan yapılarda kanunun uygulanma zorunluluğu bulunmaktadır. Mevcut yapılarda ise ısı yalıtım uygulamalarının oy birliği yerine oy çokluğu ile gerçekleştirilmesi konusunda düzenleme yapılan kanun ile mevcut yapılarda ısı yalıtımı yapılması konusunda karar alma süreci kısaltılmıştır. Ayrıca binalarda ve endüstriyel işletmelerde gerçekleştirilen etüt çalışmalarında, akredite kuruluşların kalibrasyonunu yaptığı, etiketlenmiş cihazların kullanılması da zorunlu tutulmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2007).

“Enerji Verimliliği Kanunu” ile;

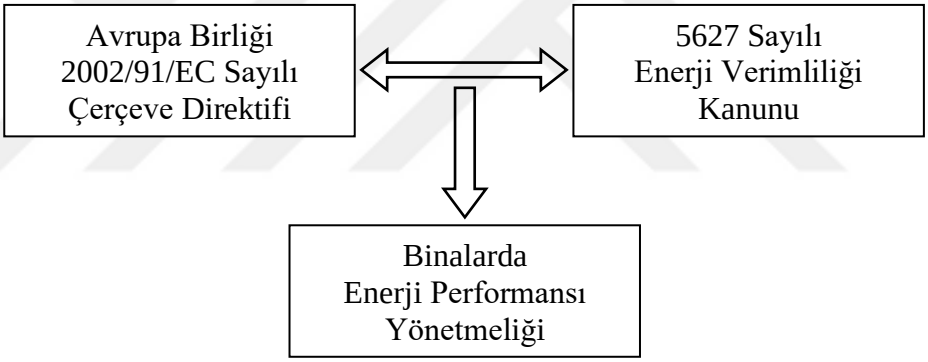
- Enerjinin üretim, iletim ve tüketim aşamalarında; binalarda, endüstriyel yapılarda ve elektrik enerjisi üretim yapılarında enerji verimliğinin artırılması ve desteklenmesi,
- İsrafın önlenerek enerjinin etkin kullanılması,
- Çevrenin ve kaynakların korunması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması,
- Enerji verimliliği konusunda toplumda bilinç ve farkındalık oluşturulmasına katkı sağlaması,
- Enerji verimliliği stratejisi çerçevesinde etkin programların geliştirilmesi ve uygulanması,
- Yeni iş ve istihdam olanakları geliştirilmesi gibi çeşitli faydaların sağlanması hedeflenmektedir.

Bunlara ek olarak kanun; toplam inşaat alanı yönetmelikte belirlenen konutlarda, ticari ve hizmet amacıyla kullanılan binalarda uygulanmak üzere mimari tasarım, ısı yalıtımı, ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki asgari performans kriterlerini, standartları, bilgi toplama ve kontrol prosedürlerini de kapsamaktadır. Hazırlanan yönetmeliğe uygun hareket edilmemesi durumunda sorumlu kurum tarafından yapı kullanımına izin verilmemektedir. Aynı zamanda bu kanun Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulunu, enerji verimliliği konusunda kamuoyunun bilinçlendirilmesini, eğitimleri, verilen destekleri, hizmetlerin verilmesindeki yetkilendirmeleri ve kanun kapsamındaki ceza ve yaptırımları da kapsamaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2007).

“Enerji Verimliliği Kanunu” bazı özel durumlara sahip yapıları kapsamamaktadır. Bu durumdaki yapılar; enerji verimliliğini arttırmak amaçlı uygulanan müdahaleler ile özelliklerinde ya da görünümünde çok büyük değişikliklerin yaşanacağı sanayi alanlarında işletme ve üretim faaliyetli yapılar, ibadet alanları, kullanım süresi iki yılın altında planlanan ve yılda en fazla dört ay kullanılan, kullanım alanı en fazla 50 m^2 olan yapılar, koruma altında olan yapılar, anıtlar, tarımsal binalar ve atölyelerdir (Yaman ve ark., 2015).

2.2.3. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" ve "Avrupa Birliği'nin 2002/91/EC Sayılı Çerçeve Direktifi" ile bağlantılı olarak "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çıkartılmıştır (Şekil 2.5) (Bayram, 2010). Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından oluşturulan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" 05.12.2008'de 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış ve 05.12.2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik üzerinde yapılan son değişiklik 19.02.2022 tarihinde 31755 sayılı Resmi Gazete kararı ile yapılmıştır. Bu değişiklik ile 01.01.2023 tarihinden sonra inşa edilecek yapılarda, toplam inşaat alanı 5000 m^2'den büyük olan yapıların enerji performansının en az B sınıfında olması ve enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının en az %5'lik bir oranda kullanılması zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca yüksek enerji performansına ve belirli oranda yenilenebilir enerji kullanımına sahip binayı ifade eden "Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (NSEB)" kavramı gündeme gelmiştir (Anonim, 2023aç).



Şekil 2.5. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin ortaya çıkmasında etkili olan kanunlar

Mevcutta bulunan ve yeni inşa edilecek olan yapıların ısı yalıtım uygulamalarında tasarım, uygulama, aydınlatma, ısıtma, soğutma, sıcak su ve havalandırma sistemlerinin esaslarını kapsayan yönetmelik, bu sistemlerde tasarruf yapmayı ve yapıyı etkileyen her türlü şartın göz önünde bulundurularak yapının enerji kullanımının değerlendirileceği bir sistemin oluşturulmasını hedeflemektedir. Aynı zamanda yönetmelikte yapıda ısı yalıtımı ile ilgili alınacak önlemler ve yapılacak uygulamalar ile ülke ekonomisine sağlanacak olan katkıdan, yaşadığımız çevrenin sağlığından ve korunmasından da bahsedilmektedir (Koçu ve Dereli, 2010).

Yönetmeliğin amacını enerji israfının önlenmesi, enerjinin ve enerji kaynaklarının yapılarda verimli bir şekilde kullanılması ve çevrenin korunması ile ilgili esasların oluşturulması olarak genellemek mümkündür. Yaşam standartlarında ve hizmet kalitesinde herhangi bir düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılmasını hedef alan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" binaların enerji verimliliği konusunda sertifikalandırılmalarını amaçlanmaktadır (Aktacir ve ark., 2011). "Enerji Kimlik Belgesi" bu yönetmelik ile gündeme gelen en önemli konulardan biridir ve yönetmelik kapsamında "Enerji Kimlik Belgesi"nin usul ve esaslarından bahsedilmektedir.

Yönetmelik ile yapıların enerji tüketimlerine ve CO_2 salınımlarına sınırlama getirilmiştir. "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ne uygun bir biçimde uygulamaların gerçekleştirilmesi ile enerji tüketiminde %50'ye varan, CO_2 tüketiminde ise yaklaşık %3-4'lük bir azalma meydana gelmesi beklenmektedir. Bu sınırlamaların beraberinde yeni inşa edilecek olan yapıların en az, yürürlükte olan mevzuat kurallarına asgari düzeyde uyan anlamına gelen, C sınıfında olmaları gerekmektedir (Anonim, 2023aç; Sipahioğlu, 2010)

Enerji tüketiminin bir bütün olarak ele alındığı "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" doğrultusunda yapıların duvar, döşeme, çatı, konsol, balkon ve pencere gibi yapı elemanlarının ısı köprüleri oluşmayacak biçimde yalıtılması gerekmektedir. "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde tam olarak tanımlanmamış ve açıklık gerektiren konularda yardımcı kaynak olarak güncel olmak şartıyla "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı"na başvurulabilmektedir. Yine de konuya yeterince açıklık getirilememesi durumunda Avrupa Standartlarının güncel hallerine başvurulmaktadır. Ayrıca yönetmelik doğrultusunda gerçekleştirilen uygulama sürecinde herhangi bir tereddüte düşülmesi durumunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na danışılarak yazılı bir biçimde fikir alınabilmektedir (BEP, 2008).

Yeni inşa edilecek ve mevcutta bulunan konaklama, hizmet ve ticari işlevli, sanayi bölgelerinde işletme ve üretim faaliyetli ve kullanım süresi iki yıldan az olan yapıları kapsamakta olan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" atölyeler, seralar, ısıtılmasına/soğutulmasına ihtiyaç duyulmayan depo, ardiye, ağıl, ahır ve kullanım alanı

50 m^2'nin altında olan yapıları kapsamamaktadır (Sipahioğlu, 2010). Isı yalıtım projeleri "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ne uygun olmayan yapılara ruhsat verilmemektedir. Yönetmeliğe uygun olarak projesi hazırlanmış ancak uygulaması projeye uygun olarak yapılmayan yapılara ise kullanım izin belgesi verilmemektedir (BEP, 2008).

2.2.4. Enerji Kimlik Belgesi

"Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" kapsamında gündeme gelen "Enerji Kimlik Belgesi"nin 01.01.2020 tarihinden itibaren mevcut ve yeni tüm binalar için alınmış olması zorunludur. Yapılarda enerjinin yoğun olarak kullanıldığı alanlar olan sıhhi sıcak su tesisatının, ısıtma-soğutma, yalıtım, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin enerji tüketim miktarları ve bu sistemlerin enerji tüketim sınıfı gibi konularda bilgiler veren "Enerji Kimlik Belgesi"nde yer alan bilgiler ve değerler asgari düzeyde belirlenmektedir. Belge içeriğinde güneş, rüzgar, su gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından ne oranda yararlanıldığına da değinilmektedir. Bütün bu bilgiler doğrultusunda, belgenin verildiği binanın enerji performansı gösterilmektedir. Bu belge, yapının yenilenebilir enerji kullanım oranının yanında sera gazı emisyon miktarını da kapsamaktadır (Bayraktar ve Bayraktar, 2016).

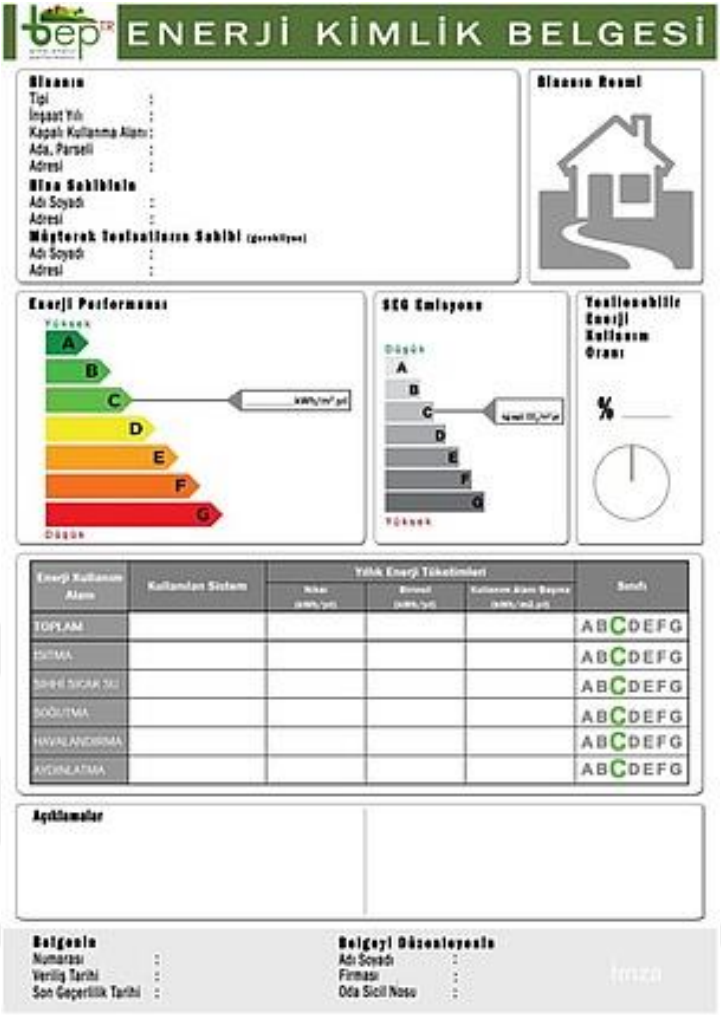
Yeni inşa edilen binalar için yapı kullanma izin belgesinin ayrılmaz bir parçası olan "Enerji Kimlik Belgesi", Enerji Kimlik Belgesi Düzenlemeye yetkili uzmanlar tarafından yapı ruhsat aşamasındayken alınmaktadır. Mevcut binaların ise "Enerji Kimlik Belgesi"ni Enerji Kimlik Belgesi Düzenlemeye yetkili kuruluşlardan (danışmanlık şirketleri) almaları ve ilgili idare tarafından onaylatmaları gerekmektedir. Düzenlendiği tarihten itibaren 10 yıl geçerliliği olan "Enerji Kimlik Belgesi"nin bir kopyasının bina sahibinde, yöneticisinde ya da yönetim kurulunda bulunması gerekmektedir. Ayrıca bina girişinde herkesin görebileceği bir yerde de belgenin bir kopyasının bulundurulması gerekmektedir. "Enerji Kimlik Belgesi"ne sahip binada yapılan bir uygulama sonrasında yapının birincil enerji ihtiyacında değişiklik meydana geliyorsa bu belgenin 1 yıl içinde yenilenmesi gerekmektedir (BEP, 2008).

Yapının toplam enerji tüketimi, sera gazı emisyonu, binanın ve içerisinde kullanılan cihazların işletilmesinden çevreye salınan CO_2 miktarı gibi değerlere göre "Enerji Kimlik Belgesi"nde yapının verimliliğini ifade eden ve verimliden verimsize doğru olacak biçimde A ve G arasında bir sınıflandırma yapılmaktadır. Çizelge 2.2'de bu enerji sınıflarına karşılık gelen değerler gösterilmektedir. Gerekli yalıtım koşullarını ve enerji tüketim miktarını asgari düzeyde sağlayan yapılar "C" sınıfı olarak isimlendirilmektedir. Belge, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın yayınladığı tebliğde yer alan hesaplama yöntemi ile düzenlenmektedir. Bu doğrultuda "Enerji Kimlik Belgesi"ne göre yapıların enerji sınıfı, bir binanın mevcut durumda enerji tüketim miktarının, aynı koşullarda ancak mevzuata uygun olarak inşa edilmesi durumunda hesaplanan enerji tüketim miktarına oranlanması ile belirlenmektedir (İsmail, 2012).

Çizelge 2.2. Bina enerji sınıfları ve enerji sınıfı endeksleri (BEP, 2008)

Bina Enerji Sınıfı	Enerji Sınıfı Endeksi (EP)
A	0-39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	≥175

İnternet tabanlı bir yazılım olan BEP-TR aracılığıyla düzenlenen "Enerji Kimlik Belgesi", gerekli eğitimleri alan ve yetkilendirilen uzmanlar tarafından oluşturulmaktadır. Örnek olarak oluşturulan "Enerji Kimlik Belgesi" Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nden eğitim yapma hakkı kazanmış olan enerji verimlilik danışmanlık şirketleri, odalar ve üniversiteler Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından enerji verimliliği konusunda eğitim verebilecek kurumlar olarak belirlenmiştir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı aynı zamanda bu kurumların faaliyetlerini de denetlemektedir (Bayram, 2011). Eğitim sonrasında yapılan sınav sonucunda başarılı olan kurumlara sertifikaları verilmektedir.



Şekil 2.6. Örnek Enerji Kimlik Belgesi (Anonim, 2023ad)

2.3. Türkiye'de İnşaat Uygulamalarında En Çok Tercih Edilen Isı Yalıtım Malzemeleri

En önemli özelliği ısı iletim katsayısı (λ_h) olan, ısı yalıtım malzemelerinden düşük ısıl iletkenliğe, bir başka deyişle ısı geçişine karşı yüksek dirence sahip olmaları beklenmektedir. ISO ve CEN standartları doğrultusunda bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak sayılabilmesi için malzemenin ısı iletim katsayısının en fazla 0,065 W/mK olması gerekmektedir. Isı iletim katsayısı azaldıkça malzemenin ısı geçişine karşı gösterdiği direnç artmaktadır. Bu sebeple ısı yalıtım malzemelerinden ısı iletim katsayısının olabildiğince küçük olması beklenmektedir. TS 825'e göre yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları, %80 bağıl nem ve 23 °C sıcaklığa sahip olan

ortamda hesaplanmıştır (Yaman ve ark., 2015). Isı yalıtım malzemelerinde aranan önemli özelliklerden bir diğeri olan su buharı difüzyon direnç katsayısının (μ) yüksek olması beklenmektedir. Su buharı difüzyon direnç katsayısının 1'e eşit olması malzemenin su buharını tam olarak geçirdiğini ifade etmektedir.

Öncelikle düşük ısı iletim katsayısına sahip olması istenen ısı yalıtım malzemelerinden beklenen çeşitli özellikler bulunmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin düşük maliyete sahip olması yalıtım malzemesi seçiminde etkili olan kriterlerden biridir. Isı yalıtım uygulaması ile binaya eklenecek yük miktarının çok artmaması adına malzemenin hafifliği de önem taşımaktadır. Bunların yanında malzemenin yüksek ve düşük sıcaklıklarda bozulmaması, yaşanabilecek sıcaklık değişikliklerinden olabildiğince az etkilenmesi ve koku oluşumuna, su ve nem etkilerine karşı yüksek direnç göstermesi gerekmektedir. Ayrıca ısı yalıtım malzemelerinin kimyasal etkiler sonucunda bozulmaya uğramaması ve küflenme, çürüme, korozyon gibi olaylara karşı direnç göstermesi istenmektedir.

Isı yalıtım uygulamalarının ve bu süreçteki işçiliğin kolay bir şekilde yapılabilir olması yani malzemenin kullanılabilirliği ısı yalıtım malzemelerinden beklenen özelliklerden bir diğeridir. Isı yalıtım malzemelerinin kullanım süreci içerisinde çökme, ezilme gibi şekil değişiklikleri yaşamaması ve özelliklerini zamanla kaybetmemesi gerekmektedir. Düşük yoğunluğa sahip olması istenen ısı yalıtım malzemelerinin alevle karşılaşması durumunda, yanmaya ve alevlerin ilerlemesine karşı da direnç göstermesi beklenmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin yanması durumunda ortamda ısı artışı gözlemlenmesinin yanında çoğunlukla tehlikeli gazlar ve tanecikler açığa çıkmaktadır. Bu nedenle ısı yalıtım malzemesi tercihinde malzemenin yanma olayı esnasında zehirli gaz çıkarmaması önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca ısı yalıtım malzemelerinin üretim, uygulama ve kullanım aşamalarında da çevreyi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilememeleri gerekmektedir (Candan, 2007; Gökçe, 2019). Çizelge 2.3'te, yapılarda sıklıkla karşılaştığımız ısı yalıtım malzemelerinin temel özelliklerine ait değerler gösterilmektedir.

Isı yalıtım malzemelerinden beklenen temel özellikler ve önemli olan kriterler özetle aşağıdaki gibidir;

- Düşük ısı iletim katsayısı (λ_h)
- Yüksek su buharı difüzyon direnç katsayısı (μ)
- Su ve neme karşı duyarlılık
- Basınç, çekme dayanımı
- Korozyon, çürüme, küflenmeye karşı direnç
- Kimyasal etkilere dayanıklılık
- Sıcaklığa dayanma ve yanma durumu
- Şekil değiştirmezlik
- Düşük yoğunluk
- Kullanılabilirlik
- Uzun ömürlülük
- Sağlığa etkileri
- Gözenek yapısı
- Ekonomiklik

Çizelge 2.3. Günümüzde en çok kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin temel özellikleri (Özlük, 2021; Şimşek, 2019)

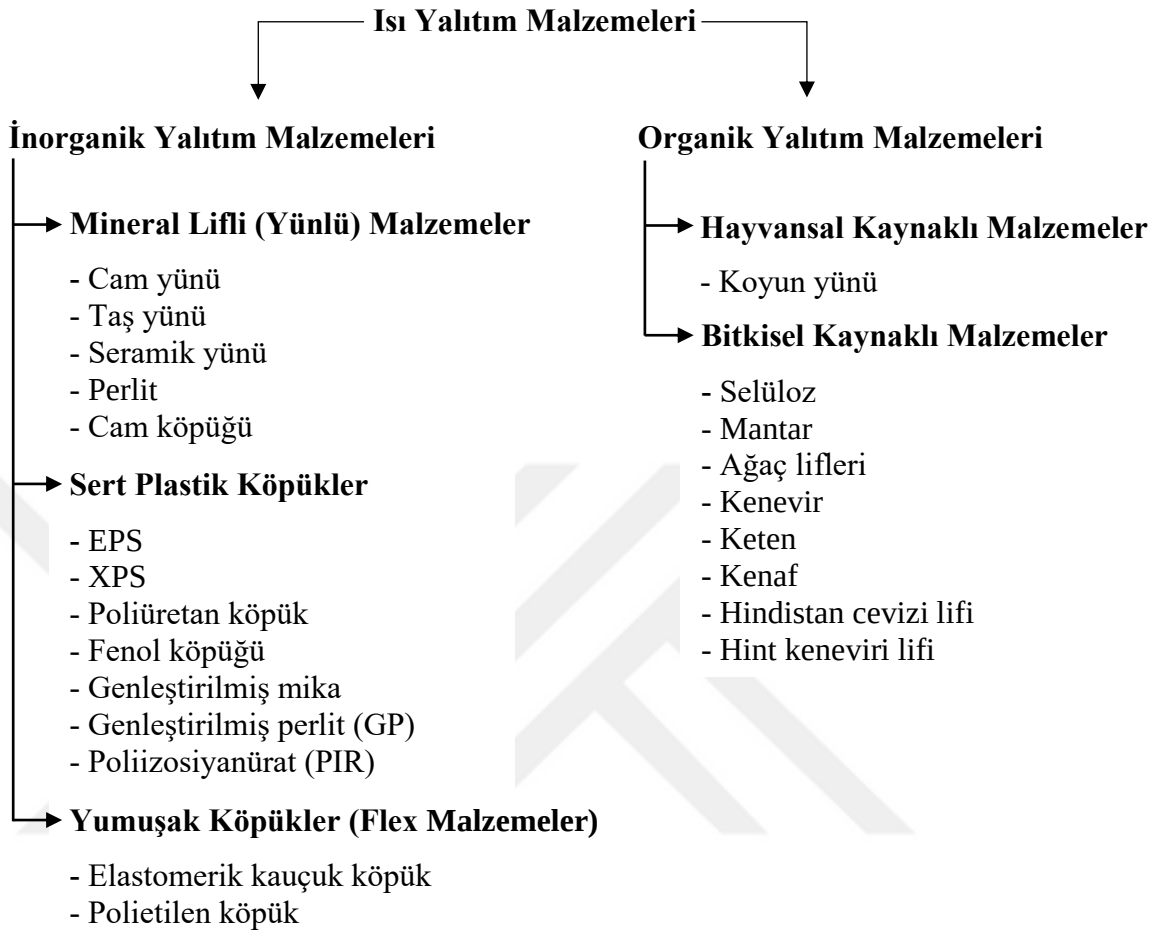
Yalıtım Malzemesi	**Cam yünü**	**Taş yünü**	**EPS**	**XPS**
Yangına Tepki Sınıfı	A1-A2	A1-A2	D-E	D-E
Isıl İletkenlik (W/mK)	0,035-0,050	0,035-0,050	0,035-0,040	0,035-0,040
Kullanım Sıcaklığı (^oC)	-50/+250	-50/+650	-50/+75	-50/+75
Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü (μ)	1	1	20-100	80-250
Uzun Süreli Su Absorbsiyonu (kg/m^3)	< 1	< 1	-	-
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	0,0005-0,5	0,0005-0,5	0,003-0,5	0,1-1
Boyutsal Kararlılık	< %1	< %1	%2-%5	%2-%5
Güneş Işınlarına Tepki	Etkilenmez	Etkilenmez	Hassastır	Hassastır

Kullanım yeri de göz önünde bulundurularak ısı yalıtım malzemesinin yoğunluğunun olabildiğince az ve malzemenin gözenekli bir yapıya sahip olması beklenmektedir. Uygulaması gerçekleştirilen ısı yalıtım malzemelerinin bakımının kolay olması, uzun yıllar bozulmadan ve özelliklerini yitirmeden kullanılabiliyor olması gerekmektedir (Karakoç ve ark., 1999; Toydemir ve ark., 2004). Isı yalıtım malzemelerinin değişen ortam koşullarından kaynaklı boyutunda ve şeklinde büyüme, küçülme, sıkışma, ezilme, şişme, bükülme gibi değişikliklerin yaşanmaması gerekmektedir (Paralı, 2009). Belirtilen tüm bu özellikler ısı yalıtım malzemesinin yoğunluğu, malzemenin içerisindeki boşluk oranı ve ortam şartları ile değişkenlik gösterebilmektedir (ASHRAE, 1997). Belirtilen ezilme, bükülme gibi olayların gerçekleşmesi durumunda yalıtım malzemeleri özelliklerini kaybedebilmektedirler. Bu nedenle ısı yalıtım malzemelerini dış etkenlerden koruyacak çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bütün bunlara ek olarak, ısı yalıtımında yalıtım malzemesinin seçimi kadar yalıtım uygulamasının doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi de önem taşımaktadır. Uygulama alanına ve ihtiyaca uygun malzemenin seçilmediği bir ısı yalıtım uygulamasından istenilen verim alınamamaktadır. Aynı şekilde doğru uygulanmamış bir ısı yalıtım sisteminden de istenen verimi almak mümkün değildir.

Isı yalıtım malzemeleri, malzemenin yapısına göre kendi içerisinde inorganik ve organik yalıtım malzemeleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Organik ısı yalıtım malzemelerinin aleve karşı dayanımları düşüktür. Yanma olayının gerçekleşmesi durumunda alevler malzeme yüzeyinde kolay ilerlemekte ve zehirli gazlar meydana çıkmaktadır. Bu nedenle organik ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı sınırlandırılmıştır (Ji ve ark., 2015). Organik yalıtım malzemeleri kendi içerisinde iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar; hayvansal kaynaklı ve bitkisel kaynaklı ısı yalıtım malzemeleridir. İnorganik yalıtım malzemeleri ise üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar; mineral lifli (yünlü) malzemeler, sert plastik köpükler ve yumuşak köpüklerdir (flex malzemeler). Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması alt gruplar halinde Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması



Çalışmanın devamında yapılarda yaygın olarak kullanılması sebebi ile mineral lifli (yünlü) malzemeler grubunda yer alan cam yünü ve taş yünü, sert plastik köpükler grubundan ise XPS ve EPS incelenmiştir. Taş yünü, cam yünü, EPS ve XPS ısı yalıtım uygulamalarında öncelikli olarak tercih edilen malzemelerdir. Bu malzemeler, kolay ulaşılabilir ve yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip olmaları nedeniyle öncelikli olarak tercih edilmektedir. Yapılarda, uygulamanın gerçekleştirileceği yapı bölümünün ihtiyaçları doğrultusunda uygun yalıtım malzemesinin tercih edilmesi gerekmektedir. Ayrıca her bir ısı yalıtım malzemesini diğer malzemelerden ayıran tercih nedenleri de mevcuttur. Taş yünü, özellikle yüksek yalıtım özelliği ve yangına karşı dayanımı sebebiyle tercih edilmektedir. Yüksek basma dayanımı ve suyun neden olacağı zararlardan malzemenin etkilenmemesini sağlayan düşük su emme gibi özellikler XPS'in tercih sebebi olmaktadır. EPS ise diğer ısı yalıtım malzemelerine kıyasla daha ekonomik

bir malzeme olması nedeniyle ekonomikliğin ön planda tutulduğu durumlarda öncelikli olarak tercih edilmektedir. Aynı zamanda ekonomikliği sebebiyle EPS, Türkiye de dahil olmak üzere birçok ülkede en çok kullanılan ısı yalıtım malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.3.1. Cam yünü

TS 825'e göre cam yününün ısı iletkenlik katsayısı 0,035-0,050 W/mK aralığında yer almaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Hammaddesi silis kumu olan cam yünü açık gözenekli bir malzemedir. Silis kumu 1200-1250 °C'de yüksek basınç etkisinde ergitilerek elyaf haline getirilmekte ve çapları 3-5 mikron boyutuna sahip ince liflerden oluşan cam yünü ısı yalıtım malzemesi elde edilmektedir. Cam yünü, yoğunluğu 14-100 kg/m^3 değerleri arasında yer alan ve levha, şilte, boru şeklinde üretimi yapılabilen bir yalıtım malzemesidir (Yaman ve ark., 2015). Şekil 2.7'de levha, şilte ve boru şeklindeki cam yünü yalıtım malzemeleri gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Farklı formlarda üretilen cam yünü malzeme (Anonim, 2023b; Anonim, 2023c; Anonim, 2023ç)
A) Cam yünü levha **B)** Cam yünü şilte **C)** Cam yünü boru

Cam yününün UV ışınlarına karşı dayanımı yüksektir. Nem geçişine karşı yüksek dirence sahip olan cam yünü küf tutmamakta, böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilememektedir. Atmosfer koşullarına ve hidroflorik asit hariç tüm asitlere karşı dayanıklı bir yalıtım malzemesidir. Aynı zamanda kimyasal olarak nötr özelliğe sahip olan cam yünü, dış kuvvetlerin etkisi ile deformasyona uğramaya oldukça müsait bir malzemedir (Akıncı, 2007).

Cam yünü, yapıdaki kullanım yerine göre kaplamalı (alüminyum folyo, cam tülü) veya kaplamasız olarak üretilebilmektedir. Cam yününün levha veya şilte formunda kullanılamadığı düzgün olmayan yüzeylerde dökme cam yünü tercih edilmektedir. Kullanım yeri ve ihtiyaca göre cam yünü levha formunda 2-5 cm kalınlığında, şilte formunda ise 8-14 cm kalınlığında uygulanabilmektedir (Dere, 2011). Şekil 2.8'de cam yününün şilte formunda uygulama örneğine yer verilmiştir. Cam yünü düşük piroliz özelliği bulunan bir yalıtım malzemesidir. Malzemenin yanmasını önleyici düşük piroliz özelliği sayesinde malzeme yüzeyinde alevlerin yayılmasını engelleyici bir tabaka oluşmaktadır (Stec ve Hull, 2011). Kolay işlenebilen bir malzeme olan cam yününün yangın sınıfı A1 ya da A2 yanmaz malzeme olarak belirlenmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015).



Şekil 2.8. Cam yününün şilte formunda uygulaması (Anonim, 2023d)

Cam yününün iki türü bulunmaktadır. Bunlar; bakalitli ve bakalitsiz cam yünüdür. Sarı renkli olan bakalitli cam yünü, yapısında bulunan fenol-formaldehit bakaliti sayesinde levha veya şilte formuna sahiptir. Yoğunluğu 10-130 kg/m^3 arasında değişmektedir. Bakalitli cam yünü 250 °C'ye kadar kullanılabilirken bakalitsiz cam yünü 550 °C'ye kadar kullanılabilmektedir. Çoğunlukla boru, kazan ve tank gibi yapı elemanlarının yalıtımında tercih edilen bakalitsiz cam yünü beyaz renge sahiptir. Bakalitsiz cam yünü oluklu mukavva, kümes teli gibi elemanlara dikilerek kullanılmaktadır (Onaylı, 2002).

2.3.2. Taş yünü

Açık gözenekli bir malzeme olan taş yünü, 1350-1400 °C'de bazalt ve diabez taşlarının merkezkaç yöntemi ile ince eleklerden geçirilerek elyaf haline getirilmesiyle elde edilmektedir. Isı yalıtım malzemesi elyaf haline getirilirken malzemenin hammaddesi, kireç taşı ile karıştırılarak 1600 ºC 'de ergitilmektedir. Ardından hızla dönen disk üzerine eriyik kaya damlatılmakta ve bu sayede çapları yaklaşık 5 mikron olan lifler oluşturulmaktadır. Kullanım yerine bağlı olarak malzemenin yoğunluğu 30-200 kg/m^3 arasında değişmektedir. Taş yününün kopma, basınç dayanımı gibi özellikleri malzemenin yoğunluğuyla doğru orantılı bir şekilde değişim göstermektedir. TS 825 standardına göre taş yününün ısı iletkenlik katsayısı 0,035-0,050 W/mK aralığında yer almaktadır (Yaman ve ark., 2015). Gözenekli bir yapıya sahip olan taş yünü, ortam sıcaklığı ve nem oranından büyük ölçüde etkilenmekte ve yalıtım performansı değişmektedir. Bağıl nem oranının yüksek olduğu ortamlarda taş yününün gözeneklerine su buharları yerleşmekte dolayısıyla malzemenin yalıtım performansında düşüş gözlemlenebilmektedir (Danovska ve ark., 2020; Schiavoni ve ark., 2016).

Rutubet ve sıcaklık etkisinde kalınması durumunda taş yününün boyutlarında herhangi bir değişiklik meydana gelmemektedir (Özer, 1982). UV ışınlarına karşı dayanıklı bir malzemedir. Taş yünü, 1000 °C'lere kadar kullanılabilmekte ancak yapısında bakalit bulunuyorsa bu değer 200-250 °C'ye düşmektedir. Kalsiyum ve kükürt esaslı olmak üzere iki farklı çeşidi mevcut olan taş yünü levha, şilte ya da boru formunda kullanılmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Farklı formlarda üretilen taş yünü malzeme (Anonim, 2023e; Anonim, 2023f)
A) Taş yünü levha **B)** Taş yünü şilte **C)** Taş yünü boru

Kahverengi veya gri renkte olan taş yününün kalınlığı, malzemenin levha halinde kullanılması durumunda 2,5-10 cm aralığında, şilte olarak kullanılması durumunda ise 3-12 cm aralığında yer almaktadır. Taş yünü, yapıdaki kullanım yerine göre çeşitli malzemelerle kaplanarak veya kaplamasız olarak kullanılmaktadır. Yalıtım uygulaması yapılacak olan yüzeyin düzgün olmaması durumunda ise dökme taş yünü tercih edilmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Dökme taş yünü (Anonim, 2023g)

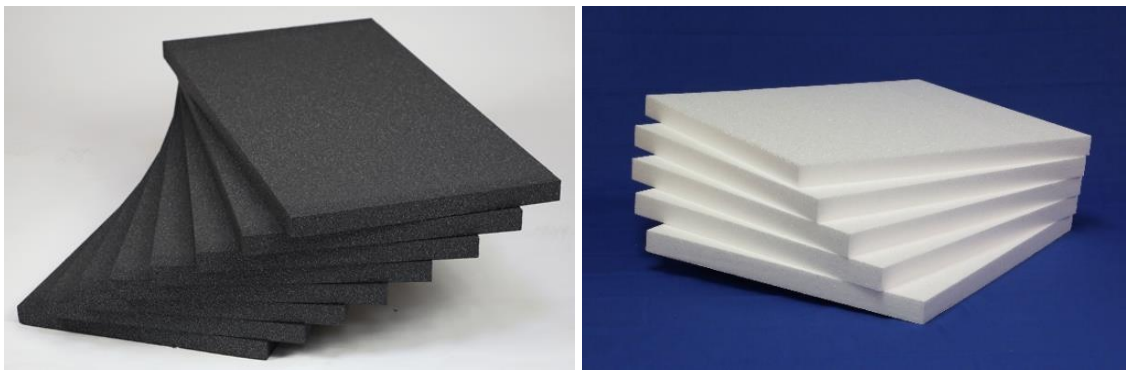
Düşük ısı iletim katsayısına ve düşük maliyete sahip olması sebebiyle ısı yalıtım uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan taş yünü, yüksek sıcaklıklarda kullanıma izin veren ve yanmayan bir malzemedir (Karamanos ve ark., 2008; Vrána ve Gudmundsson, 2010). Bunun sebebi taş yününün yanmayı önleyen düşük piroliz özelliğine sahip olmasıdır. İnorganik hammaddeye sahip taş yününün yangın sınıfı A1 ya da A2 yanmaz malzeme olarak belirlenmiştir. Şekil 2.11'de taş yününün uygulama örneğine yer verilmiştir.



Şekil 2.11. Yapıda taş yünü uygulamaları (Kişisel arşiv)

2.3.3. EPS (Genleştirilmiş -Expanded- polistren köpük)

TS 825 standardına göre ısı iletkenlik katsayısı 0,035-0,040 W/mK aralığında yer alan EPS'nin %98'ini hareketsiz hava ve %2'sini polistren oluşturmaktadır. Yapısında yüksek oranda hava olması sebebiyle hafif bir malzemedir. EPS yalıtım malzemesi kalıp içerisinde blok olarak veya levha şeklinde üretilmektedir. Yoğunluğu 15-30 kg/m^3 aralığında olan EPS levhalar ısı yalıtım amacıyla kullanılabilmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Şekil 2.12'de EPS yalıtım malzemesi gösterilmektedir.



Şekil 2.12. EPS ısı yalıtım malzemesi (Anonim, 2023ğ; Anonim, 2023h)

Kapalı hücreli plastik bir ürün olan EPS'nin hammaddesi polistirendir. Polistirenin su buharı ile temas etmesiyle polistiren taneciklerinde bulunan pentan gazı, malzemenin taneciklerini şişirmektedir. Öncelikle tanecikler içerisinde çok sayıda gözeneğin oluşumu sağlanmakta ve pentan gazı çok kısa sürede hava ile yer değiştirmektedir. Ardından malzeme bir kaba yerleştirilerek genleşmesi sınırlandırılmakta ve tanecikler birbirine yapışmaktadır. Bu sayede malzemenin kapalı gözeneklerinin içerisine durgun hava hapsolmuş olmaktadır. Yapıda kullanım yerine göre farklı boyut, kenar ve yüzey özelliklerinde levha olarak üretilebilen EPS, yapılarda ısı yalıtımı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Anonim, 2023ğ). EPS'nin UV ışınlarına maruz kalması durumunda belirli bir sürenin sonunda malzeme renginde değişiklik gözlenmekte ve malzemenin kırılganlığı artmaktadır (Türkmen, 2016).



Şekil 2.13. EPS'nin gözenek yapısı (Anonim, 2023h)

Şekil 2.13'te görüldüğü gibi EPS, küçük ve sık gözenekli yapıya sahip bir yalıtım malzemesidir. Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve içerisine durgun hava hapsolması ile EPS'nin ısı iletkenliği, buhar geçirimliliği, su emme miktarı, ses geçirimliliği gibi değerlerinde azalma gözlemlenmektedir (Dere, 2011; Öziç, 2013). EPS ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfı D ya da E olarak belirlenmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). EPS'nin normal şartlarda sağlığa bir zararı yoktur ancak yanması durumunda ortama zehirli gaz çıkartmaktadır (Stec ve Hull, 2011).

Ekonomik bir malzeme olması sebebiyle ısı yalıtım uygulamalarında çokça tercih edilen EPS, basınca karşı oldukça dirençli bir malzemedir. EPS'nin yoğunluğuyla doğru orantılı olarak basınca dayanımı da artmaktadır. Yapıda kullanım süreci ile birlikte malzemenin

kalınlığında herhangi bir değişim gözlemlenmemektedir. Bu sebeple uzun yıllar kullanım imkanı sağlayan EPS, kullanım sonrası geri dönüşüm imkanı da sunmaktadır (Akıncı, 2007). Şekil 2.14'te EPS'nin uygulama örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 2.14. Yapıda EPS uygulamaları (Kişisel arşiv)

2.3.4. XPS (Haddelenmiş -Extruded- polistren köpük)

XPS, haddeden çekme yöntemiyle bir diğer adıyla ekstrüzyon işlemiyle levha haline getirilmektedir. XPS üretilirken polistren hammaddesi haddeden geçirilmekte ve bal peteği görünümünde kararlı hücre yapısı elde edilmektedir. Üretiminde izlenen yol sebebiyle XPS, kapalı hücre yapısına sahip sıkı gözenekli plastik bir yalıtım malzemedir. Bu yapısı nedeniyle bünyesine neredeyse hiç su almamaktadır. Hidrostatik basınç koşullarında uygulama imkanı sunmaktadır. Çeşitli renkleri mevcut olan XPS ısı yalıtım uygulamalarında karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.15) (İşbilir, 2009; Karaca, 2001).



Şekil 2.15. XPS ısı yalıtım malzemesi (Anonim, 2023ı; Anonim, 2023i; Anonim, 2023j)

Levha ya da boru şeklinde üretilebilen XPS yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı TS 825'e göre 0,030-0,040 W/mK değer aralığında yer almaktadır. Homojen hücre yapısına sahip köpük bir malzeme olan XPS, pürüzsüz ve pürüzlü yüzeyli olarak iki farklı şekilde bulunmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Yapıdaki kullanım yerine göre farklı boyut, yüzey ve kenar şekillerinde üretim imkanı tanımaktadır (Anonim, 2023j). Isı yalıtım uygulamalarında kullanılan yapıştırıcı ve çözücü maddeler XPS'in yüzeyine zarar vermektedir. Bu nedenle malzemenin uygulamalarında çeşitli önlemler alınması gerekmektedir.

UV ışınlarına maruz kalan XPS'in renginde değişiklik gözlenmesine rağmen malzeme iç yapısında bozulma meydana gelmemektedir (Türkmen, 2016). DIN 4102 standardına göre, D veya E sınıfında yer alan yanıcı bir malzemedir. XPS ısı yalıtım malzemesinin yanması durumunda ise zehirli gazlar açığa çıkmaktadır. XPS'in üretim aşamasında kullanılan yanma geciktirici katkılar, malzemenin yanma düzeyinde iyileşmelere sebebiyet vermektedir. Ancak yanma geciktirici katkılar kullanılsa bile XPS tamamen yanmaz bir malzeme haline dönüşememektedir (Candan, 2007; Stec ve Hull, 2011). Şekil 2.16'da XPS'in uygulama örneklerine yer verilmiştir.



Şekil 2.16. Yapıda XPS uygulamaları (Kişisel arşiv)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler ile ilgili genel bir bilgilendirme yapılmıştır. Ardından yapılarda ısı yalıtım uygulamalarında sıklıkla karşımıza çıkan cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS yalıtım malzemelerinin her birine uygulanan deneyler TS kapsamında incelenerek anlatılmıştır. Deney yöntemleri anlatıldıktan sonra alan çalışmasına yer verilmiştir. Alan çalışması kapsamında Bursa İli'nde yer alan mimarlık ofisleri ile gerçekleştirilen anket sonuçları değerlendirilmiştir.

Standartlara uygun olmayan ve gereken testlerden geçmemiş olan ısı yalıtım malzemeleri kendilerinden beklenen performansı sağlayamamaktadır. Yalıtım malzemelerinin bu performansı sağlayabilmeleri için malzemelerin deneysel kontrolden geçmiş olması gerekmektedir. Bu doğrultuda deneyler, imalatı tamamlanan malzemenin dahil olduğu standarda uygunluğunu tespit etmek amacıyla yapılmaktadır. Deneylerin yapıldığı ortamın ve donanımının belirlenen kriterleri sağlaması gerekmektedir. Deneyi gerçekleştirecek olan personelin ise yeterli bilgi seviyesinde ve yetkinlikte olması gerekmektedir. Deneyleri yapacak olan personel bir eğitim sürecinden geçmiş olmalı ya da deneyleri gerçekleştirebilecek tecrübeye sahip olmalıdır (TS EN 13172, 2012).

Isı yalıtım malzemelerinin tabi oldukları standartlar (Çizelge 3.1), yapılacak olan deneylere atıfta bulunmakta ve deney standartlarına yönlendirmektedir. İlgili deney standartlarında belirtilen cihazlar aracılığıyla deneyler gerçekleştirilmektedir. Isı yalıtım malzemesine uygulanacak olan deneyler, belirlenen plana göre sistematik olarak yapılmaktadır. Aynı zamanda deneylerin ilgili standart doğrultusunda onaylanmış kuruluşlarca yapılması gerekmektedir. Deneylerin gerçekleştirildiği cihazların arıza vermesi, verdiği sonuçların şüpheli olması veya ilgili standartta verilen değerlerle uygunluk göstermemesi gibi durumlarda ilk olarak cihazlarda deneylerin yapımı durdurulmalıdır.

Çizelge 3.1. Kullanım yerine göre ısı yalıtım malzemelerinin tabi olduğu standartlar (Anonim, 2023aç)

Binalarda Isı Yalıtımı		Tesisatlarda Isı Yalıtımı	
Malzeme	**Tabi Olduğu Standart**	**Malzeme**	**Tabi Olduğu Standart**
Cam Yünü ve Taş Yünü	TS EN 13162	Cam Yünü ve Taş Yünü	TS EN 14303
Ekspande Polistiren Köpük (EPS)	TS EN 13163	Elastomerik Kauçuk Köpüğü (FEF)	TS EN 14304
Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS)	TS EN 13164	Cam Köpüğü (CG)	TS EN 14305
Poliüretan (PUR)	TS EN 13165	Kalsiyum Silikat (CS)	TS EN 14306
Fenol Köpüğü (PF)	TS EN 13166	Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS)	TS EN 14307
Cam Köpüğü (CG)	TS EN 13167	Poliüretan Köpüğü (PUR / PIR)	TS EN 14308
Ahşap yünü Levhalar (WW)	TS EN 13168	Ekspande Polistiren Köpüğü (EPS)	TS EN 14309
Genleştirilmiş Perlit (EPB)	TS EN 13169	Polietilen Köpüğü (PEF)	TS EN 14313
Genleştirilmiş Mantar (ICB)	TS EN 13170	Fenol Köpüğü (PF)	TS EN 14314
Ahşap Lifli Levhalar (WF)	TS EN 13171	Püskürtme PUR/PIR Köpüğü	TS EN 14319-1
Püskürtme PUR/PIR Köpüğü	TS EN 14315-1		
Polietilen Köpüğü (PEF)	TS EN 16069		

Deney cihazlarının deney standartlarına uygunluğunun, kontrollerinin ve kalibrasyonlarının belirli aralıklarla yapılması gerekmektedir. Ayrıca deney cihazlarının, hizmete sunulmadan önce ve herhangi bir tamirden geçtikten sonra kalibre edilmeleri gerekmektedir. Cihaz kalibrasyonlarının ulusal ya da uluslararası ilgili deney standartları doğrultusunda izlenebilir olması gerekmektedir. Kalibrasyonun yanında deney cihazlarının iç kontrolleri de belirli aralıklarla yapılarak cihazların kararlılığı sağlanmaktadır. İç kontrolün yapılma sıklığı deney standardı kapsamında belirtilen en düşük aralık göz önünde bulundurularak belirlenmekte ve kontrollerden elde edilen kayıtlar on yıl saklanmaktadır (TS EN 13172, 2012).

Numuneler, yalnızca deney için kullanılacağı belirtilerek ısı yalıtım malzemeleri arasından rastgele seçilmektedir. Alınan numunelerin toplam alanının 1 m^2'den küçük olmaması gerekmektedir (TS EN 13162+A1, 2015). Özel bir durum belirtilmedikçe farklı tarihlerde üretilmiş ve her biri aynı özelliklere sahip dört numune alınmaktadır. Gerekli deneylerden geçen numuneler, dahil olduğu standardın gereklerini sağlayıp sağlamama durumuna göre kabul, yeniden sınıflandırılmalı ya da ret olarak sınıflandırılmaktadır. Dahil olunan standart kapsamında gerekli özellikleri ve değerleri sağlamayarak ret sonucu alan malzemelerin işaretlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Numunenin tabi tutulduğu standardın özelliklerini sağlaması durumunda, alındığı grupta bulunan tüm ısı yalıtım malzemelerinin standartlara uygun olduğu kabul edilmektedir. Ancak tam tersi yani numunenin standart özelliklerine uygun olmaması durumunda yine aynı şekilde numunenin alındığı gruptaki tüm malzemelerinin standartlara uygun olmadığı kabul edilmektedir (TS EN 13172, 2012).

Isı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler, ilgili malzeme standartlarında bütün uygulamalar için ve özel uygulamalar için gerekli olan deneyler olarak iki grupta yer almaktadır. Bu gruplandırma, hazırlanan tez çalışmasında ise temel deneyler ve spesifik deneyler olarak adlandırılmıştır.

Ülkemizde bu deney hizmetlerini sunan TSE, TEBAR ve ÇEVKAK firmalarına ulaşılmıştır (Şekil 3.1). TSE (Türk Standartları Enstitüsü), 16.10.1954 tarihinde Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nde (TOBB) hazırlanan tüzük ile kurulmuştur. 26.05.1955'te ISO'ya ve 01.01.1956'da IEC'ye üye olarak kabul edilmiştir. Ankara Bakanlıklar Bölgesi'nde yer alan TSE (Şekil 3.2), 18.11.1960 tarihinde kuruluşunu tamamlamıştır (Anonim, 2023k).

Şekil 3.1. TSE, TEBAR ve ÇEVKAK firmalarına ait logolar (Anonim, 2023l; Anonim, 2023m; Anonim, 2023n)



Şekil 3.2. TSE Ankara binası (Anonim, 2023k)

Türkiye'nin onaylanmış ilk test laboratuvarı olan TEBAR, yalıtım malzemesi üreten kuruluşların test hizmetlerini gerçekleştirebilmek amacıyla 2007 yılında kurulmuştur. TEBAR, İstanbul Ümraniye'de yer almaktadır (Şekil 3.3) (Anonim, 2023o).



Şekil 3.3. TEBAR'ın yer aldığı bina (Anonim, 2023ö)

Tarafsız/bağımsız bir şekilde deney hizmetleri sunan akredite ısı yalıtım laboratuvarı olan ÇEVKAK ise deneylerin yerinde incelenebilmesi amacıyla ziyaret edilmiştir. ÇEVKAK, İstanbul Başakşehir'de Tümsan Sanayi Sitesi'nde yer almaktadır (Şekil 3.4). Ziyaret esnasında yapılması mümkün olan deneylerin uygulamaları yerinde gözlemlenmiştir. Şekil 3.5'te firmanın yer aldığı bina ve deneylerin gerçekleştirildiği laboratuvarın bir kısmı gösterilmektedir.



Şekil 3.4. ÇEVKAK'ın konumu (Anonim, 2023p)



Şekil 3.5. ÇEVKAK (Anonim, 2023ö; ÇEVKAK, 2021)
A) ÇEVKAK'ın yer aldığı bina **B)** ÇEVKAK laboratuvarı

3.1. Türkiye'de Isı Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Temel Deneyler

Ülkemizde ısı yalıtım malzemelerinin kullanım yeri/koşulu fark etmeksizin tabi tutulduğu deneyler bulunmaktadır. Belirtilen ısı yalıtım malzemelerine uygulanan temel deneylerin yapılış yöntemleri bu bölümde anlatılmıştır. Bu bölüm içerisinde anlatılacak olan deneyler aşağıda sıralanmıştır.

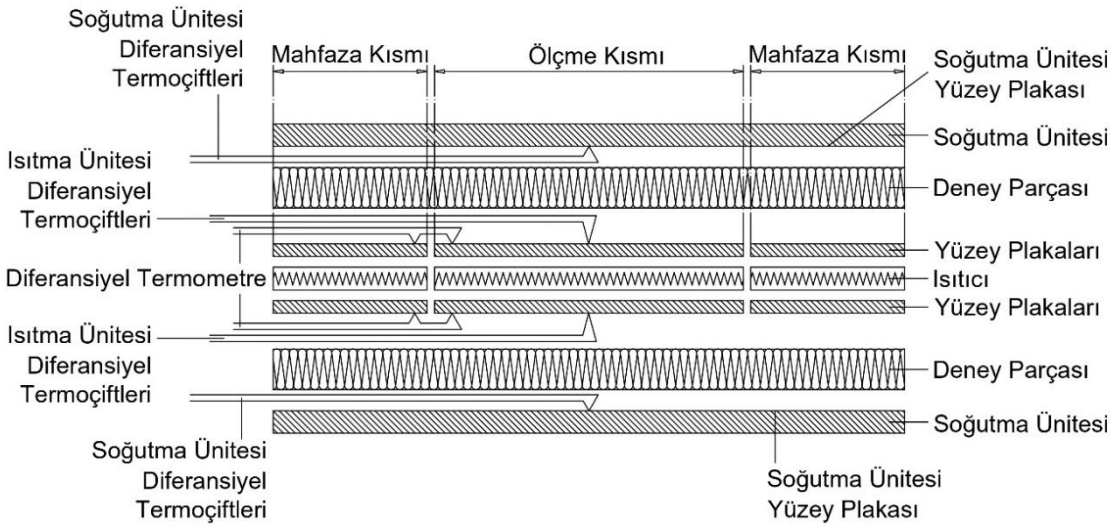
- Isıl direnç ve ısıl iletkenlik tayini
- Uzunluk ve genişlik tayini
- Kalınlık tayini
- Gönyeden sapma tayini

- Yüzey düzlüğünün tayini
- Piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini

3.1.1. Isıl direnç ve ısıl iletkenlik tayini

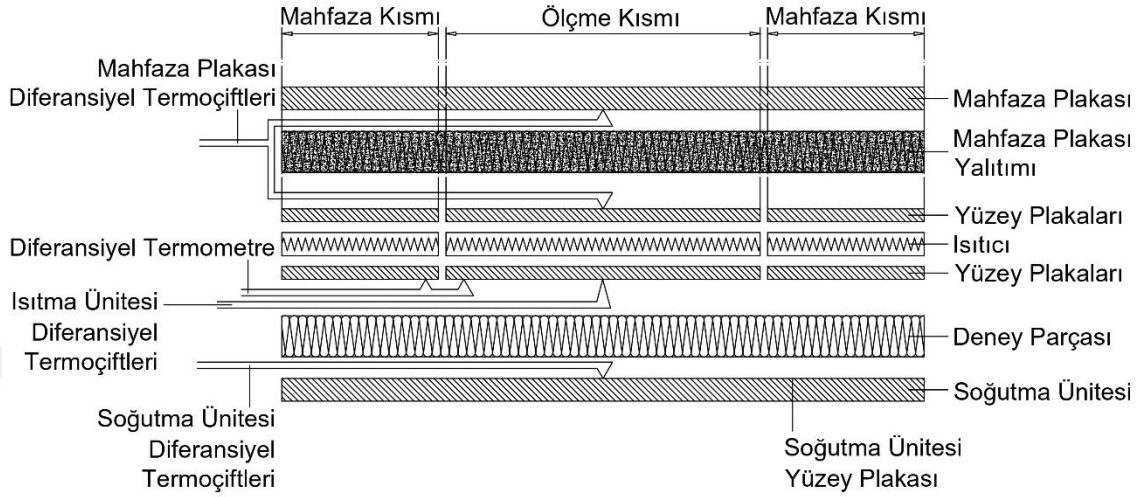
Isı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik (λ_h) ve ısıl direnç (R_D) değerleri standartlar doğrultusunda belirlenmektedir. Kalınlığa bağlı olarak değişkenlik gösteren standartlar TS EN 12667 ve TS EN 12939'dur. Ayrıca cam yünü, taş yünü ve EPS yalıtım malzemelerinin zaman içerisinde ısıl iletkenliğinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmemektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Bu kısımda TS EN 12667'ye göre ısıl iletkenlik deney yöntemi incelenmiştir.

Isıl direnci 0,5 m^2K/W'dan fazla olan ince ısı yalıtım malzemelerinin ısıl direnci, ısı akış sayacı ve mahfazalı sıcak plaka metotları ile tayin edilmektedir. Mahfazalı sıcak plaka metodunun kullanıldığı deney cihazının tek numuneli ve çift numuneli deney cihazı olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Çift numuneli mahfazalı sıcak plaka deney cihazında yuvarlak ya da kare kesitli düz plakalar bulunmaktadır. Bu plakalar, metal yüzeyli plakalar ve bir ısıtıcı içermektedir. Düz plakalar aynı kabul edilebilecek iki numune arasına yerleştirilmekte ve numunelerin diğer yüzlerine de soğutma üniteleri yerleştirilmektedir (Şekil 3.6) (TS EN 12667, 2003).



Şekil 3.6. Çift deney parçası içeren deney düzeneği (TS EN 12667, 2003)

Tek numuneli deney cihazında ise çift numuneli deney cihazından farklı olarak, numunelerden birinin yerine yalıtım plakası ve o numunenin bir yüzünde yer alan soğutma ünitesi yerine koruma plakası yerleştirilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Tek deney parçası içeren deney düzeneği (TS EN 12667, 2003)

Isıtma ünitelerinin boyutlarında ya da daha büyük olan soğutma üniteleri, sabit sıcaklıkta tutulan metaller içermektedir. Isıtma ünitelerinde, ısı akış hızı yoğunluğu tayin edilmektedir. Ayrıca numune kalınlığının, ısıtma ünitesinde yer alan boşluk genişliğinin on katından fazla olması gerekmektedir. Deney cihazı aracılığıyla numunelerin ısıl özellikleri ±%2 doğrulukla ölçülmektedir (TS EN 12667, 2003).

Isı akış sayacı metodunun gerçekleştirildiği deney cihazı; bir ya da iki numune, bir ya da iki ısı akış ölçer, soğutma ve ısıtma ünitesinden meydana gelmektedir. Numunelere yerleştirilen ısı akış ölçerler aracılığıyla, numunelerin bir yüzeyinden diğer yüzeyine doğru olan ısı akış yoğunluğu tespit edilmektedir. Homojen bir çekirdek içeren ısı akış ölçerlerde, yüzey sıcaklık dedektörü ve yüzey sıcaklık farkı dedektörü bulunmaktadır. Deney cihazının merkezi ölçme bölgesi, ısı akış ölçerin yer aldığı bölgedir. Bu deney yönteminde kalibrasyon doğruluğunun ±%2 tolerans aralığında olması gerekmektedir (TS EN 12667, 2003).

Mahfazalı sıcak plaka ya da ısı akış sayacı yöntemlerinden hangisiyle deneyin gerçekleştirileceğine bağlı olarak numunelerin her birinden bir ya da iki adet deney

parçası deneye tabi tutulmaktadır. İki adet deney parçası kullanıldığında, deney parçalarının kalınlıklarının birbirinden en fazla %2 oranında farklılık göstermesi gerekmektedir. Isı akış sayacı ya da ısıtma ünitesinin boyutunun en fazla %3'ü kadar büyük olabilen deney parçaları, düz ve homojen yapıya sahiptir. Isıl iletkenlik ve ısıl direnç deneyleri iki farklı türde malzemelere uygulanabilmektedir. Bu malzemeler; gevşek dolgulu malzemeler ve gevşek dolgulu malzemeler hariç her türlü malzemeler olarak gruplandırılmıştır (TS EN 12667, 2003).

Deney süreci şartlandırma ve deney için gerekli tüm işlemleri kapsamaktadır. Şartlandırma işleminde deneye tabi tutulacak olan parçaların kütleleri %0,5'ten daha iyi bir doğrulukla tespit edilmektedir. Deney parçalarının kalınlığı, parçalar cihaza yerleştirilmeden deney basıncının aynen uygulandığı bir sistem kullanılarak ölçülebildiği gibi deney cihazı içerisinde de ölçülebilmektedir. Ardından deney parçaları sabit kütleye ulaşıncaya kadar, deney süresini kısaltmak amacıyla, ortalama deney sıcaklığına şartlandırılmaktadır. Deney parçalarının tekrar kütleleri ölçülerek deney cihazına yerleştirilmektedir. Dış ortam ve deney parçaları arasındaki nem akışının önlenebilmesi amacıyla deney parçaları, hava sızdırmaz kılıf içerisine yerleştirilmektedir. Ayrıca deney parçalarının temas ettiği yüzey ile arasında yoğunlaşmanın olmaması gerekmektedir (TS EN 12667, 2003).

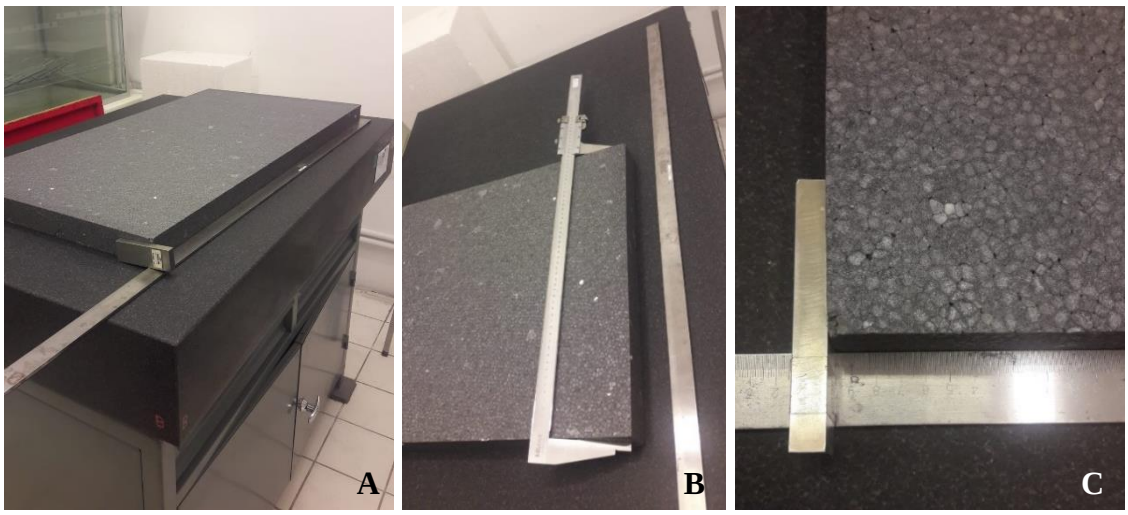
Isı akış hızı ölçümleri, mahfazalı sıcak plaka cihazında ve ısı akış sayacı cihazında olmak üzere iki ayrı şekilde gerçekleştirilmektedir. Daha doğru sonuçlar alınabilmesi amacıyla ölçümler, deney cihazının merkezinde yapılmaktadır. Mahfazalı sıcak plaka cihazında gerçekleştirilen ölçümlerde kullanılan ortalama elektrik gücü %0,1 doğrulukla ölçülmektedir. Mahfaza kısmına güç girişinin otomatik olarak kontrol edilmesi ile ölçme ve mahfaza kısımları arasındaki sıcaklık dengesi sağlanmaktadır. Böylece kenar ısı kayıp hataları en fazla %0,5'lik bir oran içerisinde yer almaktadır. Isı akış sayacı cihazında gerçekleştirilen ısı akış hızı ölçümlerinde ise cihaz yüzeyindeki sıcaklık dalgalanmalarının en fazla %2 oranında olması gerekmektedir. Isı akış sayacının ve deney parçalarının ortalama sıcaklığı devamlı olarak incelenmekte ve kaydedilmektedir. Bu sayede sistemin kararlı hale gelip gelmediği kontrol edilmektedir. Dengeleme süresindeki gözlemler tamamlandıktan hemen sonra deney parçalarının kütlesi ölçülmektedir. Bu

esnada deney parçalarının kalınlıklarının da ölçülmesi tavsiye edilmektedir. Bu işlemler sonucunda deney parçalarının hacimlerinde gözlenen değişim incelenebilmektedir (TS EN 12667, 2003).

Gerekli işlemler ve ölçümlerin hepsi yapıldıktan sonra deney parçasının deneye tabi tutulduğu haldeki yoğunluğu (ρ_0 ve/veya ρ_c), kütle değişimleri (Δm_T veya Δm_C) ve ısı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik (λ_h) ve ısıl direnç (R_D) değerleri ilgili deney standardında belirtilen hesaplama yöntemlerine uygun olarak hesaplanmaktadır (TS EN 12667, 2003).

3.1.2. Uzunluk ve genişlik tayini

Isı yalıtım malzemelerinin uzunluğu (l) ve genişliği (b) TS EN 822'ye göre tayin edilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Tam boyuttaki numunede gerçekleştirilen deneyde ölçümler, hassasiyeti en az 0,5 mm olan bir cetvel ve kumpas yardımı ile yapılmaktadır. Şekil 3.8'de gösterildiği gibi numunenin uzunluğu cetvel ile genişliği ise kumpas ile ölçülmektedir. Deney için kullanılan malzemelerin her birinin akredite olması gerekmektedir.



Şekil 3.8. Uzunluk ve genişlik tayininin gerçekleştirilmesi (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)
A) Cetvel ile numunenin uzunluğunun ölçülmesi **B)** Kumpas ile numunenin genişliğinin ölçülmesi **C)** Ölçülen değerin okunması

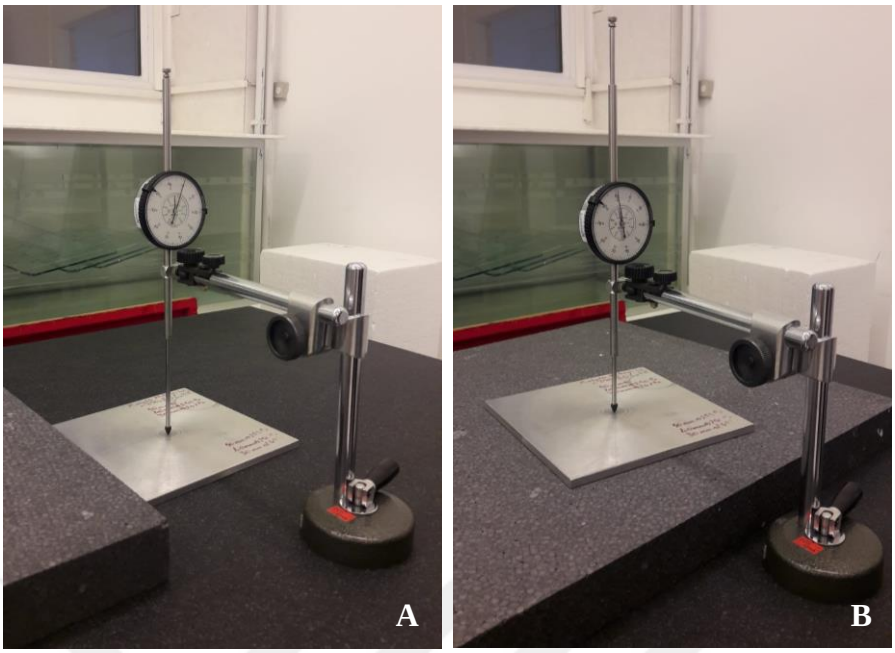
Deneyin gerçekleştirileceği ortamın 23±5 °C olması ve deneyde kullanılacak olan numunenin en az 6 saat 23±5 °C'de bekletilmesi gerekmektedir. Bu şartların sağlandığı ortamda numune düz bir yüzeye yerleştirilerek numunenin uzunluğu ve genişliği tayin edilmektedir (Şekil 3.9). Deney numunesinin uzunluğunun veya genişliğinin 1,5 m'yi aşması durumunda, numune en fazla beş ölçüm yapılacak şekilde eşit mesafelere bölünmekte ve belirlenen yerlerden tek tek ölçümler yapılmaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçlarının her biri en yakın mm değerine yuvarlanarak numunenin uzunluğu ve genişliği tespit edilmektedir (TS EN 822, 1998).



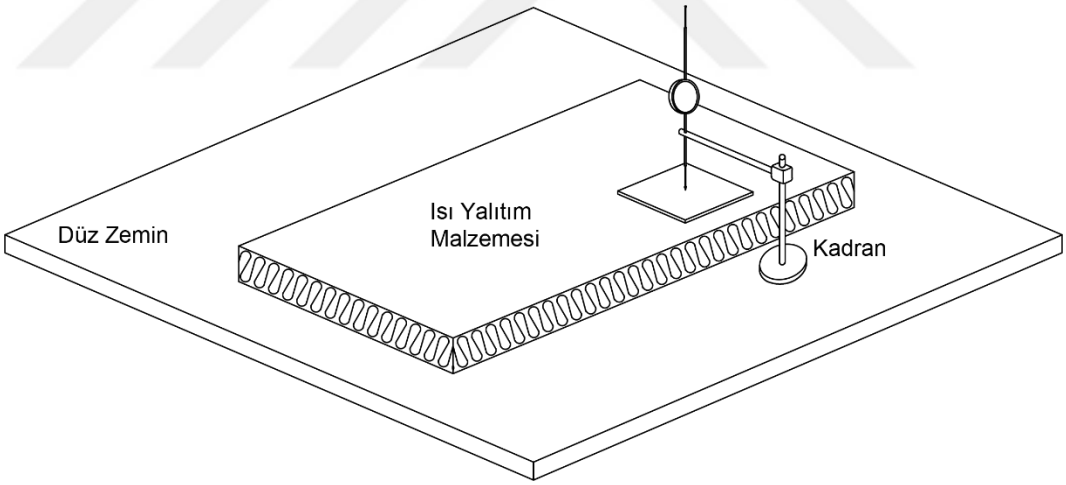
Şekil 3.9. Numune uzunluğunun ölçülmesi (Anonim, 2023r)

3.1.3. Kalınlık tayini

TS EN 823'e göre yalıtım malzemelerinin kalınlık tayini (*d*), numunenin yerleştirildiği zemin ile numunenin üzerine konulan baskı plakası arasında kalan mesafeyi ifade etmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). En az 6 saat 23±5 °C'de bekletilen numunenin deneyi de 23±5 °C olan ortamda gerçekleştirilmektedir. Esnemeyen düz bir zemin üzerine deney numunesi konmaktadır. Deney numunesinin bir yüzünde kaplama olması durumunda kaplamanın olduğu yüzey tabanda kalacak şekilde numune zemine yerleştirilmektedir. Öncelikle bir kenarı 200 mm olan kare şeklindeki baskı plakasının kadran ile darası alınmaktadır. Ardından baskı plakası numune üzerine yerleştirilerek numunenin kalınlığı belirlenen noktalarda ölçülmektedir. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de bu işlemler gösterilmektedir. Baskı plakası, kadran göstergesinin etkisi de dahil olacak şekilde numuneye toplam 50±1,5 Pa ya da 250±5 Pa'lık basınç uygulamaktadır (TS EN 823, 1998).



Şekil 3.10. Kalınlık tayininin gerçekleştirilmesi (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)
A) Kadran ile baskı plakasının darasının alınması **B)** Numune üzerine yerleştirilen baskı plakası ve kadran ile numunenin kalınlığının ölçülmesi



Şekil 3.11. Kadran ile kalınlığın ölçülmesi (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

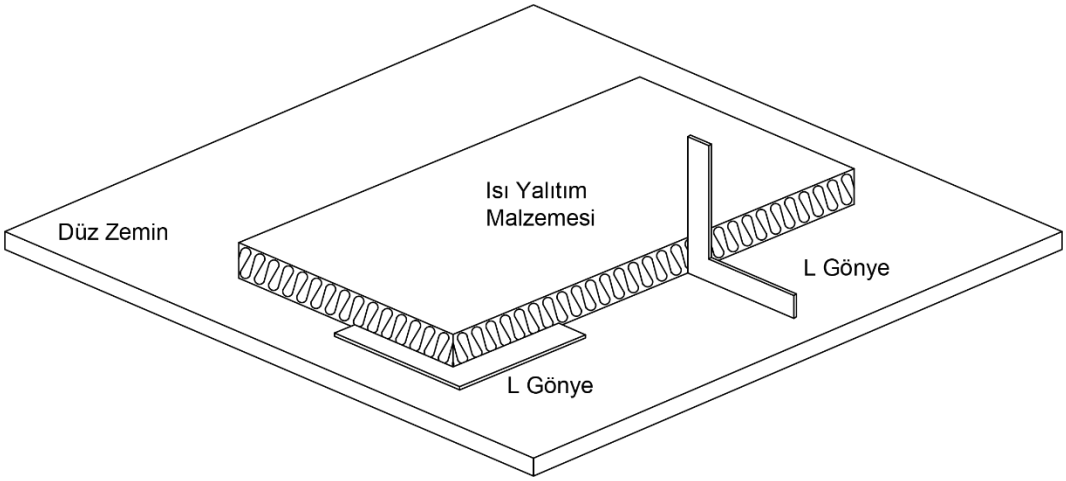
Deney numunesi üzerinde çeşitli noktalarda ölçmeler yapılmaktadır. Ölçmelerin sayısı numunenin boyutuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Deney numunesinin boyunun 600 mm'den az ya da eşit olduğu durumlarda iki ölçme yeterli olurken, numune boyunun 600 mm ve 1500 mm aralığında olması durumunda dört ölçme yapılması gerekmektedir. Eğer ki numunenin boyu 1500 mm'den fazlaysa bu uzunluğu aşan her

500 mm'de bir ölçüm alınması gerekmektedir. Ölçümleri tamamlanan deney numunesinin kalınlığı, en yakın mm değerine yuvarlanarak gösterilmekte ve yapılan ölçümlerin ortalaması olarak verilmektedir (TS EN 823, 1998).

3.1.4. Gönyeden sapma tayini

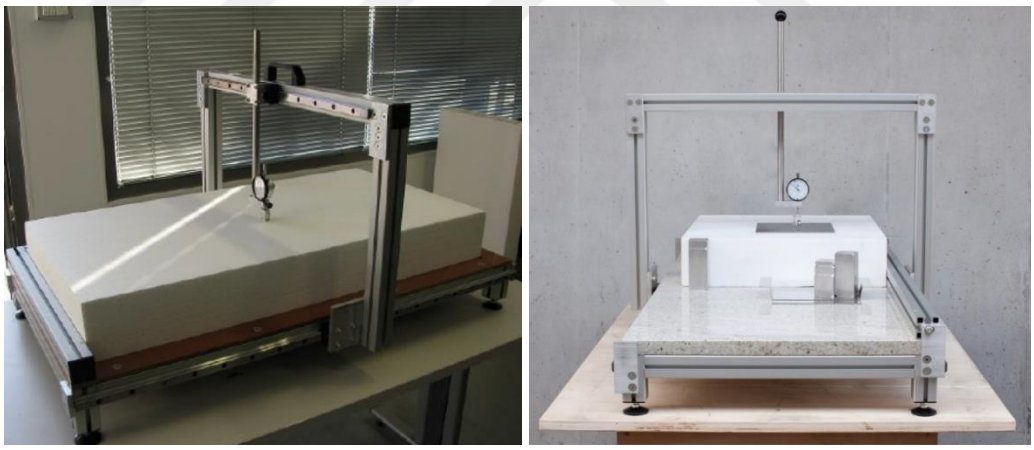
TS EN 824'e göre değerlendirilen gönyeden sapma; ısı yalıtım malzemelerinin en, boy ve/veya kalınlık bakımından gönyeden sapma miktarının belirlenmesini sağlamaktadır (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Deneyin gerçekleştirileceği ortamın 23±5 °C olması gerekmektedir. Aynı zamanda deneyde kullanılacak olan numunenin en az 6 saat 23±5 °C'de bekletilmesi gerekmektedir (TS EN 824, 1998).

Deney için gerekli şartların sağlandığı ortamda deney numunesi düz bir yüzeye yerleştirilmektedir. Hassasiyeti en az 0,5 mm olan bir L gönye aracılığıyla tam boyutunda olan numunenin köşelerinin dikliğine bakılmaktadır. Numunenin köşesine yerleştirilen L gönyenin kenarı ile numunenin kenarı arasında herhangi bir sapmaya rastlanması durumunda hassasiyeti en az 0,5 mm olan bir cetvel yardımıyla sapmanın miktarı belirlenmektedir. Bu işlem numunenin her köşesi için tekrarlanarak en ve boyda gönyeden sapma miktarı tespit edilmektedir. Numunenin kalınlığında gönyeden sapma belirlenirken o kenarda sapmanın en fazla olduğu noktadan ölçüm yapılmaktadır. Her kenar için ölçüm yapıldıktan sonra elde edilen değerler arasından en büyük olanı kalınlıkta gönyeden sapma değeri olarak kabul edilmektedir. Elde edilen gönyeden sapma değerlerinin (S_b) toleransı en fazla ±5 mm/m olmalıdır. Şekil 3.12'de numunenin eninin, boyunun ve kalınlığının gönyeyle ölçülmesi gösterilmektedir. Deneyde kullanılan her bir malzemenin akredite olması gerekmektedir.



Şekil 3.12. En, boy ve kalınlıkta gönyeden sapmanın ölçülmesi (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Isı yalıtım malzemelerinin gönyeden sapma tayini yukarıda bahsedilen şekilde yapılabildiği gibi numunenin Şekil 3.13'te gösterilen cihaza yerleştirilmesi ile de tayin edilebilmektedir.

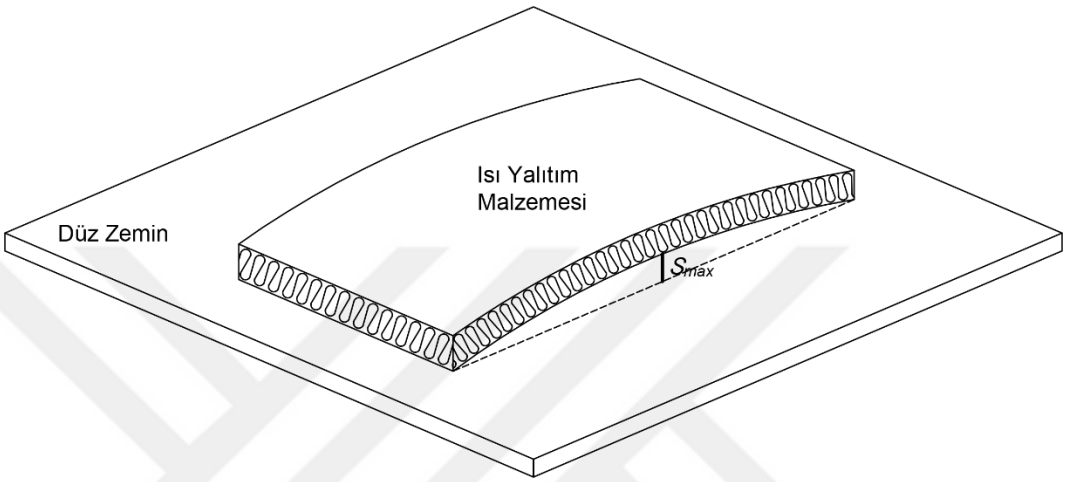


Şekil 3.13. Ölçüm cihazı (Anonim, 2023s)

3.1.5. Yüzey düzlüğünün tayini

Isı yalıtım malzemelerinin düzlükten sapması (S_{max}) TS EN 825'e göre tayin edilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Deney, numunenin herhangi bir noktasında veya bölgesinde konulduğu zemin ile arasında boşluk olup olmadığını tespit edebilmek amacıyla yapılmaktadır. En az 6 saat 23±5 °C'de bekletilen numunenin deneyi, aynı ortam koşullarında gerçekleştirilmektedir. Numunenin

herhangi bir yüzeyinde yamukluk varsa numune, Şekil 3.14'te gözüktüğü gibi iç bükey olan yüzü zemine denk gelecek şekilde yerleştirilmektedir. Numunede yamukluk olması durumunda hassasiyeti en az 0,5 mm olan bir cetvel yardımıyla numune ve zemin arasında oluşan maksimum mesafe ölçülmektedir (TS EN 825, 1998). Aynı zamanda bir ölçüm cihazı aracılığıyla da yüzey düzlüğünü tespit etmek mümkündür (bkz. Şekil 3.13).



Şekil 3.14. Uzunlukta düzlükten sapmanın ölçülmesi (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

3.1.6. Piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini

Isı yalıtım malzemelerinin, TS EN 13501-1'e göre yangına tepki sınıfı belirlenmektedir. Zaman içerisinde yalıtım malzemelerinin yangın sınıfında artı ya da eksi yönde herhangi bir değişiklik yaşanmaması gerekmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Standart kapsamında ısı yalıtım malzemeleri, alev ile karşılaştıklarında gösterdikleri davranışa göre sınıflandırılmaktadır. Standartta, yapı malzemeleri üç grup altında değerlendirilmektedir. Bunlar; yer döşemeleri, yer döşemeleri hariç yapı malzemeleri ve doğrusal borularla ilgili ısı yalıtım malzemeleridir. Bu standart kapsamında malzemelerin yangın sınıfının (A1, A2, B, C, D, E ve F) tespit edilmesinin yanında duman oluşumunun (s1, s2 ve s3) ve yanma damlaları/taneciklerinin (d0, d1 ve d2) sınıflandırılması da yapılmaktadır (TS EN 13501-1+A1, 2010).

Düşey konumda deneyleri gerçekleştirilen numuneler, ilgili deney ve malzeme standartlarına uygun olacak biçimde hazırlanmakta ve kondisyonlanmaktadır. Deneye

tabi tutulacak numune sayısı da ilgili deney standartlarında yer almaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması için gerçekleştirilecek deneylerin sayısı, ilgili deney yöntemlerinde belirtilmektedir. Deney sayısı, belirtilen en az deney sayısının iki fazlasına eşit olarak düşünülmekte ve belirtilen özel durumlarda ekstra hazırlanan numunelere de deney uygulanmaktadır. Yapısal özelliklerinin yanında malzemelerin yapıdaki uygulama alanı da malzemenin yangına katkısını etkilemektedir. Dolayısıyla malzemenin yapıdaki uygulamasına olabildiğinde benzer şartlar oluşturularak deneyler gerçekleştirilmelidir (TS EN 13501-1+A1, 2010).

Bu standart doğrultusunda yalıtım malzemeleri, yangına karşı öngörülen davranışlarına göre çeşitli deneylere tabi tutulmaktadır. Bunlar; yanmazlık, kalorifik potansiyel, tutuşabilirlik ve tek alev başlığı deney yöntemleridir. Yangına önemli derecede katkı sağlamayan malzemelere uygulanan yanmazlık deneyi, TS EN ISO 1182'ye göre gerçekleştirilmektedir. Malzemelerin sınıfı bakımından A1 ve A2 sınıflarında yer alan malzemeler bu deneyin kapsamına girmektedir. TS EN ISO 1716'ya göre kalorifik potansiyel deneyi ile malzemelerin tamamen yanması durumunda açığa çıkan en yüksek ısı değeri belirlenmektedir. Kalorifik değer, yalıtım malzemesinin birim kütlesinde gözlenen yanma ile açığa çıkan ısıl enerjiyi ifade etmektedir. A1 ve A2 sınıflarını kapsamına alan deney sayesinde, net kalorifik potansiyel (PCI) ve toplam kalorifik potansiyel (PCS) değerleri belirlenmektedir. Malzemenin özelliklerinden olan yanmazlık ve kalorifik özelliklerinin tespiti ile ilgili deneyler, homojen malzemelere doğrudan uygulanmaktadır. Homojen olmayan malzemelerde ise bu özellikler, malzemelerin ana ve tali bileşenleri için elde edilen veriler üzerinden dolaylı olarak belirlenmektedir (TS EN 13501-1+A1, 2010).

TS EN ISO 11925-2 doğrultusunda gerçekleştirilen tutuşabilirlik deneyinde, alevle karşılaşılması durumunda malzemenin yanabilirliği tespit edilmektedir. B, C, D ve E sınıflarında yer alan malzemelere bu deney uygulanmaktadır. Şekil 3.15'te deney cihazı ve Şekil 3.16'da deneyin gerçekleştirilme anına ait görseller yer almaktadır. Malzemeler tek alev başlığıyla deney yöntemine tabi tutulacaksa TS EN 13823 dikkate alınmaktadır. A2, B, C ve D sınıflarını kapsayan bu yöntemde, malzemenin bulunduğu odanın köşesinde yer alan tek alev kaynağı ile deney gerçekleştirilmektedir. Bu deney

yönteminde, tek alev kaynağından başlatılan yangına malzemenin katkısı değerlendirilmektedir (TS EN 13501-1+A1, 2010).



Şekil 3.15. Tutuşabilirlik deney cihazı (Anonim, 2023ş)



Şekil 3.16. Aleve doğrudan maruz kalan ısı yalıtım malzemesi (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

Malzemelerin dahil oldukları sınıfın belirlenebilmesi için, deneylerden elde edilen sonuçların ortalama değeri hesaplanmaktadır. Bu değer doğrultusunda, deneye tabi tutulan malzemenin öngörülen yangın sınıfı içerisinde kalmaması durumunda ekstra olarak iki deney gerçekleştirilmektedir. Yapılan ekstra deneylerden elde edilen sonuçlar,

önceden elde edilen sonuçlara dahil edilmekte ve tüm sonuçlar arasından en düşük ve en yüksek değer çıkarılmaktadır. Geri kalan sonuçlar ile ortalama değeri tekrar hesaplanmaktadır (TS EN 13501-1+A1, 2010).

3.2. Malzemenin Türüne ve Kullanım Yerine/Koşuluna Göre Uygulanan Spesifik Deneyler

Ülkemizde ısı yalıtım uygulamalarında karşılaştığımız taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS ısı yalıtım malzemelerinin yapıdaki uygulamalarında kullanım yerine ve gerekliliklerine bağlı olarak malzemeye ilave olarak yapılması gereken deneyler bulunmaktadır. Bu deneyler gerek gösterilmediği durumlarda ısı yalıtım malzemelerine uygulanmamaktadır. Belirtilen ısı yalıtım malzemelerinin kullanım yerine/koşuluna göre tabi tutuldukları deneylerin yapılış yöntemleri bu bölümde anlatılmıştır. Bu bölümde anlatılacak olan deneyler aşağıda sıralanmıştır.

- Belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayini
- Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyut kararlılığının tayini
- Basınç dayanımının tayini
- Eğilme dayanımının tayini
- Yüzeylere dik çekme dayanımının tayini
- Basınç altında sünme tayini
- Kesme özelliklerinin tayini
- Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini
- Daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini
- Difüzyon ile uzun dönemli su absorpsiyonunun tayini
- Donma-çözülme direncinin tayini
- Su buharı iletim özelliklerinin tayini
- Dinamik rijitliğin tayini
- Görünür yoğunluğun tayini
- Ses yutmanın tayini
- Hava akış direncinin tayini

3.2.1. Belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayini

TS EN 1604'e göre belirli sıcaklık ve nem şartları altında taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin boyut kararlılığı tayin edilmektedir. Ayrıca EPS'nin sabit laboratuvar koşullarında da boyut kararlılığı belirlenebilmektedir. Bu durumda TS EN 1603'e başvurulmaktadır (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Bu başlık altında TS EN 1604 incelenmiş ve belirli şartlar altında boyut kararlılığı deney yöntemi anlatılmıştır.

Bir kenarı 200±1 mm olan kare enkesitli numuneler, ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında hazırlanmaktadır. Bu deney yönteminde; belirli sıcaklık ve nem şartları altında ve bu koşullara maruz kalınan sürede numunenin ölçülerinde meydana gelen doğrusal boyut değişiklikleri incelenmektedir. Numuneler, %50±5 bağıl nem ve 23±2 °C'de kararlı duruma gelinceye kadar bekletilmektedir. Deneye başlamadan önce numunenin belirlenen koşullarda bekletilmesi olarak ifade edilen bu işleme kondisyonlama denmektedir. Kondisyonlama Şekil 3.17'de gösterilen cihaz ile yapılmaktadır. Deney numunesine 14 gün içerisinde iki kez yapılan ölçmede, numune uzunluğunun ve genişliğinin en fazla %0,1 oranında değişmesi durumunda, numune kararlı hale ulaşmış olarak kabul edilmektedir. Aynı şartlara sahip ortamda deney numunesinin kalınlığı için beş, uzunluğu ve genişliği için üç pozisyonda ölçüm yapılmaktadır (TS EN 1604, 1998).



Şekil 3.17. Kondisyonlama işleminin gerçekleştirildiği cihaz (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

Deney numuneleri, oluşturulan deney ortamında belirli koşullara maruz bırakılmaktadır. Oluşturulan bu ortamlarda numuneler, düşey ya da yatay bir şekilde delikli metal plaka ya da rijit bir tel örgü üzerine aralarında en az 25 mm olacak biçimde yerleştirilmektedir. Bu şartlar altında numuneler çoğunlukla 24±1 ya da 48±1 saat deneye maruz bırakılmaktadır. Deney süresinin tamamlanmasının ardından numuneler ikinci kez 3±1 saat kondisyonlanmaktadır. Süreç sonucunda deney numunesinin kalınlığı için beş, uzunluğu ve genişliği için üç pozisyonda ölçüm yapılmaktadır. Ölçümler sonucunda numunede gözlenen boyut değişimleri; boydaki bağıl değişim ($\Delta\varepsilon_l$), endeki bağıl değişim ($\Delta\varepsilon_b$) ve kalınlıktaki bağıl azalma ($\Delta\varepsilon_d$) değerleri standarda uygun olarak tespit edilmekte ve en yakın %0,1'e yuvarlanarak ifade edilmektedir (TS EN 1604, 1998).

3.2.2. Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyut kararlılığının tayini

Yalnızca EPS ve XPS yalıtım malzemelerine uygulanan belirli sıcaklık ve basınç yükü altında boyut kararlılığının tayini TS EN 1605'e göre tayin edilmektedir (TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Belirli zaman, basınç yükü ve sıcaklık şartları altında malzemenin şeklinde gözlenen deformasyonun tespiti için başvurulan yöntemleri içeren TS EN 1605 standardına uygun olarak numunelerin deneyleri gerçekleştirilmektedir.

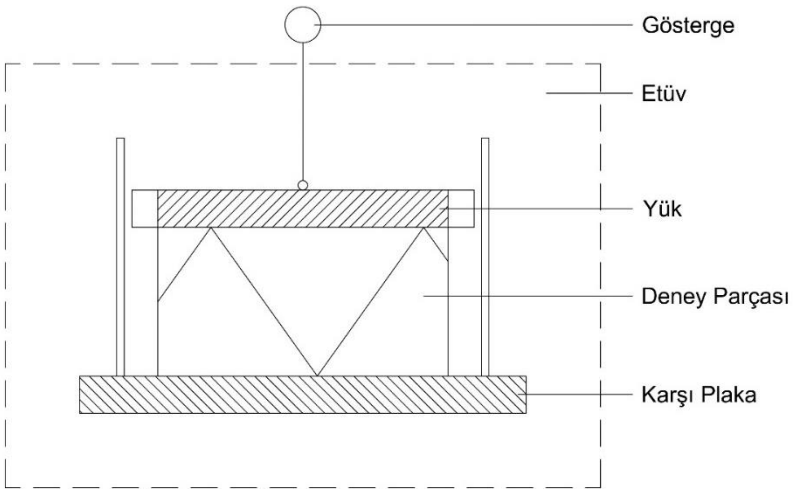
Kare enkesitli numuneler, kalınlığı en az 20 mm olmak şartıyla ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında hazırlanmaktadır. Numunelerin kenar uzunluklarının, en az numunenin kalınlığı kadar ve aşağıda belirtilen ölçülerde olması gerekmektedir.

- 50 mm x 50 mm
- 100 mm x 100 mm
- 150 mm x 150 mm
- 200 mm x 200 mm
- 300 mm x 300 mm

Deneyde kullanılacak numunelerin sayısı ilgili malzeme standardında belirtiliyorsa orada belirtildiği kadar, belirtilmiyor veya malzeme standardı bulunmuyor ise en az üç numune ile deneyler gerçekleştirilmektedir (TS EN 1605, 1998).

Isı yalıtım malzemesinde kaplama, kabuk ya da astar gibi yüzey örtüleri bulunuyor ise deneylerin yapılması için bu örtülerin kaldırılmasına gerek duyulmamaktadır. Hatta numuneler düz bir yüzeye sahip değil ise yüzeyleri düzleştirmek amacıyla kaplama yapılmaktadır. Bu yöntemin tercih edilmesi durumunda malzeme yüzeyine yapılan kaplamada önemli bir deformasyonun olmaması oldukça önemlidir. Kaplamada deformasyon mevcutsa sonuçlar hesaplanırken bu deformasyonun dikkate alınması gerekmektedir. Malzemenin yüzeyini düzleştirmek için tercih edilen bir diğer yöntem ise malzeme yüzeyine aşındırma işleminin uygulanmasıdır (TS EN 1605, 1998).

Numuneler aksi bir durum olmadıkça en az 6 saat 23±5 °C'de bekletilerek kondisyonlanmaktadır. Belirlenen sürenin tamamlanmasının ardından deney de aynı şartlar altında 23±5 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Öncelikle %0,5 doğruluk oranıyla ölçüm yapan cihazlar aracılığıyla numunelerin genişlik ve uzunluğu ölçülmektedir. Elde edilen bu veriler ile numunelerin yüzey alanları hesaplanmaktadır. Deney numunelerinin kalınlıkları ise 0,1 mm doğrulukla ölçülmektedir. Termostatlı ve sıcaklığı ±1 °C'de koruyabilen etüv içerisine deney düzeneği yerleştirilmektedir (Şekil 3.18). Biri hareketli olmak üzere iki plakadan oluşan yükleme cihazı, numuneyi düşey düzlemde sıkıştırmaktadır. Yükleme cihazında yer alan plakaların numune üzerinde herhangi bir hasar oluşturmayacak şekilde yük uygulaması gerekmektedir. Deneyin yapıldığı esnada oluşan statik gerilmelerde de maksimum %5'lik fark tolere edilebilmektedir (TS EN 1605, 1998).



Şekil 3.18. Deney düzeneği (TS EN 1605, 1998)

Deney için üç farklı durum grubu belirlenmiştir. Durum gruplarının her biri farklı basınç yükü, zaman ve sıcaklık şartlarına sahiptir. Deneyin hangi durum grubunda yapılacağı ilgili malzeme standardına göre seçilmektedir. Yüzde cinsinden numunede gözlenen kalınlık azalmasını ifade eden bağıl deformasyon (ε), belirli zaman ve sıcaklık şartları altında Kademe A ve Kademe B olmak üzere iki aşamada ölçülmektedir (TS EN 1605, 1998). Çizelge 3.2'de bu üç durum grubunda, Kademe A ve Kademe B'nin şartları gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Deney şartları (TS EN 1605, 1998)

Durum Grubu	Gerilme kPa	Kademe A		Kademe B	
		Sıcaklık °C	Zaman Saat	Sıcaklık °C	Zaman Saat
1	20	23±5	48±1	80±1	48±1
2	40	23±5	48±1	70±1	168±1
3	80	23±5	48±1	60±1	168±1

Kademe A'da, numune 23±5 °C'de 48±1 saatlik zaman diliminde belirtilen basınç yüküne maruz bırakılmaktadır. Numuneye basınç yükünün uygulanmaya başlandığı anda numune kalınlığı (d_1) ölçülmektedir. Ardından Kademe B'de, üzerine yük uygulanmakta olan numune seçilen durum grubundaki zaman ve sıcaklık şartlarına maruz bırakılmaktadır. Seçilen şartlar altında 5 dakika içerisinde numunenin kalınlığı (d_2) ölçülmektedir. Elde edilen veriler ve deney standardında belirtilen hesaplama yöntemleri kullanılarak numunenin bağıl deformasyon (ε) sonuçları elde edilmektedir. Kademe A'dan sonra elde edilen bağıl deformasyon (ε_1) ve Kademe B'den sonra elde edilen bağıl deformasyon (ε_2) yüzde olarak ifade edilmektedir (TS EN 1605, 1998).

3.2.3. Basınç dayanımının tayini

Taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin kısa süreli yüklere maruz kalacağı durumlarda basınç dayanımı deneyi, TS EN 826'ya göre gerçekleştirilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). En az 6 saat 23±5 °C'de bekletilen numune, 23±5 °C olan ortamda deneye tabi tutulmaktadır. Deney numunelerinin kare formda ve ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında olması gerekmektedir. Numuneler, aşağıda belirtilen ölçülerde ve genişliği en az numunenin kalınlığı kadar olacak şekilde hazırlanmaktadır (TS EN 826, 2013).

- 50 mm x 50 mm
- 100 mm x 100 mm
- 150 mm x 150 mm
- 200 mm x 200 mm
- 300 mm x 300 mm

Bu ölçülere uygun olarak hazırlanan deney numuneleri bilgisayar kontrollü deney cihazına Şekil 3.19'da görüldüğü gibi ortalanarak yerleştirilmektedir.



Şekil 3.19. Deney cihazına yerleştirilen deney numunesi (Akdoğan, 2011; Çamlıca, 2019)

Deney numunesi cihaza yerleştirildikten sonra 250±10 Pa'lık bir ön yükleme gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar kontrollü deney cihazında (Şekil 3.20), biri hareketli biri sabit olacak şekilde birbirine paralel dairesel ya da kare formda pürüzsüz iki plaka bulunmaktadır. Bu plakalar, sabit hızda basınç uygulamaya başlamaktadır. Plakalarda meydana gelen yer değiştirmenin ±0,1 mm ya da ±%5 mm doğrulukla devamlı olarak ölçülmesi gerekmektedir. Belirlenen bu yer değiştirme oranlarından hangisi daha küçükse yer değiştirmedeki tolerans aralığı olarak o değer kabul edilmektedir (TS EN 826, 2013).

Numuneye uygulanan kuvvet (*F*) ve kuvvet karşısında yaşanan birim şekil değiştirme (*X*) eş zamanlı olarak bilgisayara aktarılarak kuvvet (*F*) - birim şekil değiştirme (*X*) eğrisi oluşturulmaktadır. Bilgisayar ortamında oluşturulan eğri, yalıtım malzemesinin basınç altındaki davranışı hakkında bilgi vermektedir. Basınç kuvvetine maruz kalan numunede bir süre sonra kısalma meydana gelmekte ve kuvvetin devam etmesi ile ezilme, çatlama, kırılma olayları gerçekleşmektedir. Deney cihazı basınç uygulamaya birim şekil

değiştirme miktarı %10'a gelinceye kadar ya da numunede akma gözlemleninceye kadar devam etmektedir. Elde edilen ölçümlerin ortalaması alınmaktadır. Ardından deney standardında yer alan hesaplama yöntemlerine göre basınç dayanımı (σ_m), birim şekil değiştirme (ε_m), %10 birim şekil değiştirmeye karşılık gelen basınç gerilmesi (σ_{10}) ve basınç altındaki elastisite modülü (E) değerleri hesaplanmaktadır (TS EN 826, 2013).



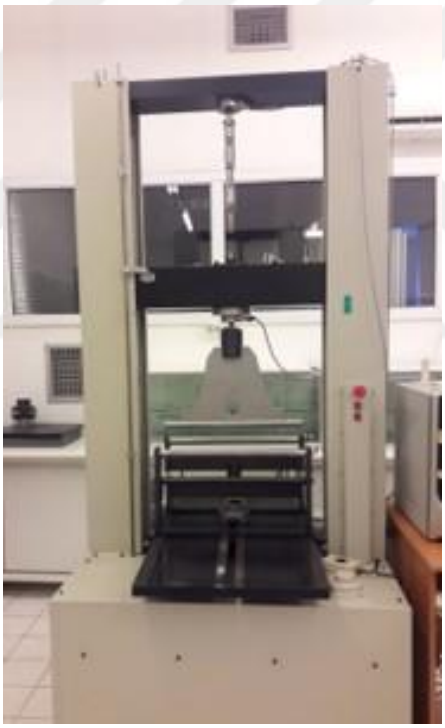
Şekil 3.20. Bilgisayar kontrollü deney cihazı (Anonim, 2023t)

3.2.4. Eğilme dayanımının tayini

Sadece EPS'ye uygulanan eğilme dayanımının tayini (σ_b) TS EN 12089'a göre gerçekleştirilmektedir (TS EN 13163+A2, 2017). Isı yalıtım malzemelerine üç noktadan yükleme yapılması ile gerçekleştirilen deneyde numunenin eğilme davranışı ve meydana gelen sehim incelenmektedir.

Malzeme yüzeyinde bulunan kaplamaların olduğu şekliyle korunduğu numuneler, ilgili malzeme standardında belirtilen adette hazırlanmaktadır. Numune sayısı ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamaması durumunda en az üç numune deneye tabi tutulmaktadır. Dikdörtgen formda olan deney numuneleri tam boyutunda kullanılabildiği gibi deney standardında belirtilen ölçülere göre de hazırlanabilmektedir. Tam boyutlu numunelerde uzunluğun en çok 1300 mm ve genişliğin en az 300 mm olması

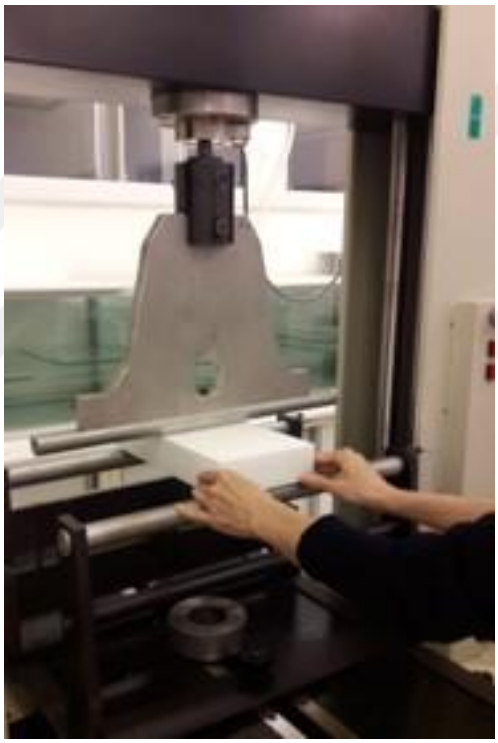
gerekmektedir. Tam boyutlu numunelerin deneylerinde, mesnetler arasındaki mesafe (L) 300 mm ve 1200 mm arasında ayarlanabilmektedir. Isı yalıtım malzemelerinden belirli ölçülerde hazırlanan numunelerin deneylerinde ise mesnetler arasındaki mesafe (L) 200 mm ve 500 mm arasında ayarlanabilmektedir. Numunelerin doğrusal boyutları ±%1 doğrulukla ölçülmektedir. Deney numunesinin kalınlığı en fazla 100 mm olmak şartıyla ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında ve genişliği 150 mm olmaktadır. Numunenin uzunluğunun ise en fazla 550 mm olmak şartıyla ısı yalıtım malzemesinin anma kalınlığının 5 katı+50 mm olması gerekmektedir. Numuneler, en az 6 saat 23±5 °C'de kondisyonlanmakta ve aynı ortam şartlarında bilgisayar destekli deney cihazı ile (Şekil 3.21) deney gerçekleştirilmektedir (TS EN 12089, 2013).



Şekil 3.21. Bilgisayar destekli deney cihazı (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

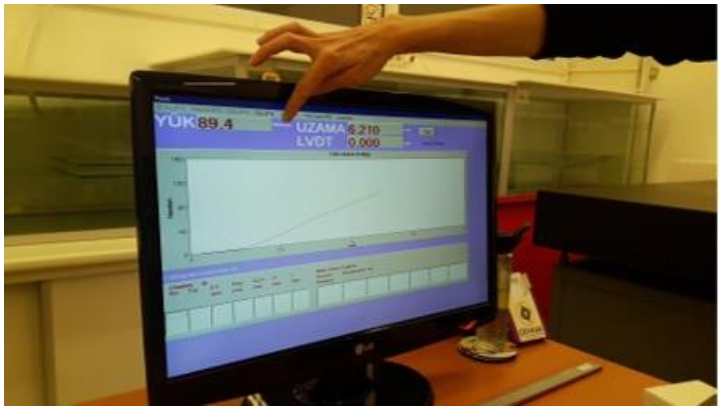
Numuneler, sabit mesnetlerin üzerine yükleme yönü uzunluk eksenine dik olacak biçimde yerleştirilmektedir (Şekil 3.22). Sabit mesnetlerin uzunluğunun deney numunesinin eninden daha uzun olması gerekmektedir. Bu silindir mesnetlerin çapı 30±3 mm ya da 80±3 mm ölçülerinde tercih edilmektedir. Silindirik uçlu yükleme başlığı, 10 mm/min ± %10 sabit hızla numuneye sabit mesnetler arasındaki mesafenin (L) tam ortasından

kuvvet uygulamaya başlamaktadır. Bu kuvvet, hareketli uçta yer alan kuvvet algılayıcısı ile en az ±%1 doğrulukla tespit edilmektedir. Aynı zamanda hareketli ucun kat ettiği mesafe, ±%5 ya da ±0,1 mm değerlerinden küçük olanıyla devamlı bir şekilde ölçülmektedir. Numunenin, yük uygulama ucu tarafından uygulanan yük ile kırılma ihtimalinin olması durumunda yük dağıtım plakaları kullanılmaktadır. Yük dağıtım plakaları en az 1 mm kalınlığında çelik levhalardır. Genişliği 30±1 mm olan yük dağıtım plakalarının uzunluğunun en az deney numunesinin uzunluğu kadar olması gerekmektedir (TS EN 12089, 2013).



Şekil 3.22. Deney cihazına numunenin yerleştirilmesi (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

Uygulanan kuvvetin etkisi ile numunede sehim (X) meydana gelmekte ve deney ile eş zamanlı olarak kuvvet (F) - sehim (X) grafiği oluşturulmaktadır (Şekil 3.23). Oluşturulan grafik ile en büyük kuvvet (F_m) değerine ulaşılmaktadır. İlgili deney standardında yer alan hesaplama yöntemlerine göre ısı yalıtım malzemesinin eğilme dayanımı (σ_b), eğilme gerilmesi (σ_x) ve sehimi (X) kPa cinsinden hesaplanmaktadır (TS EN 12089, 2013).



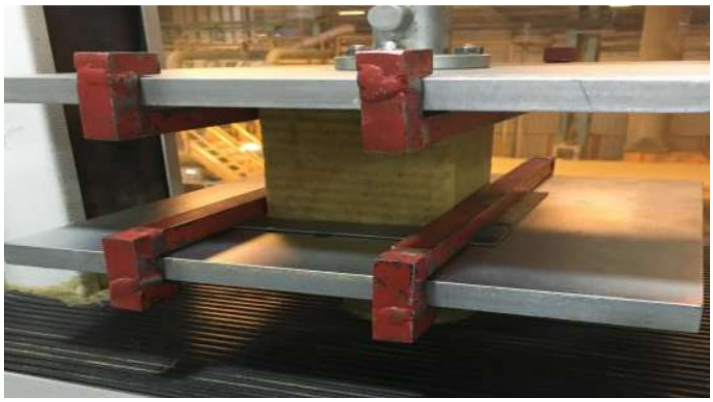
Şekil 3.23. Deney cihazı ile eş zamanlı olarak oluşturulan kuvvet (*F*) - sehim (*X*) eğrisi (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

3.2.5. Yüzeylere dik çekme dayanımının tayini

Taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin yüzeylere dik çekme dayanımı (σ_{mt}) TS EN 1607'ye göre tayin edilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Orijinal kalınlığında hazırlanan deney numunelerinin kare formda ve aşağıda belirtilen ölçülerde olması gerekmektedir (TS EN 1607, 1998).

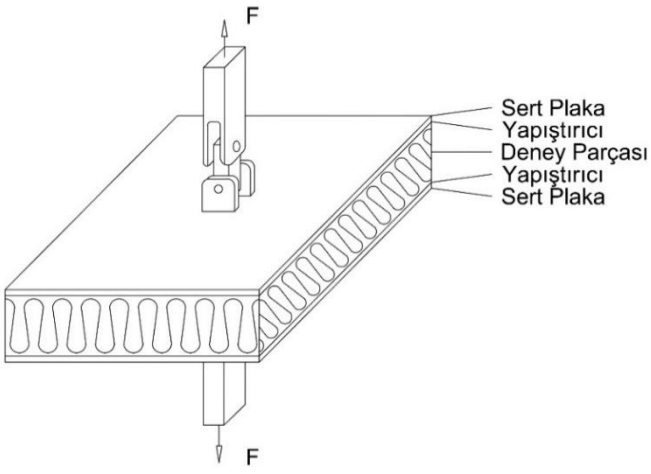
- 50 mm x 50 mm
- 100 mm x 100 mm
- 150 mm x 150 mm
- 200 mm x 200 mm
- 300 mm x 300 mm

Deney, ±%1 doğrulukla ölçüm yapan bilgisayar kontrollü deney cihazı ile gerçekleştirilmektedir (bkz. Şekil 3.20). Hazırlanan numuneler, deney cihazının plakalarına alt ve üst yüzeyinden yapıştırılmaktadır (Şekil 3.24). Kullanılan yapıştırıcının hem numuneye hem de plakalara herhangi bir zarar vermemesi gerekmektedir (TS EN 1607, 1998).



Şekil 3.24. Deney cihazına yerleştirilmiş numune (Çamlıca, 2019)

Numuneler yapıştırıldığı plakalar ile birlikte 23±5 °C sıcaklıkta en az 6 saat bekletilmektedir. Belirlenen sürenin tamamlanmasının ardından deney de 23±5 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Ardından deney cihazının iki yüzeyi, ±%10 toleransla dakikada 10 mm yer değiştirme sağlayarak birbirine zıt yönlere hareket etmeye başlamaktadır. Numune bir noktadan sonra çekme gücüne dayanamayıp kopmakta ve numunenin bütünlüğü bozulmaktadır. Numunede gözlenen kopmanın nasıl gerçekleştiği incelenmekte ve kayıt edilmektedir. Deneyin gerçekleştirildiği esnada deney cihazı ile eş zamanlı olarak bilgisayarda çekme dayanımının grafiği oluşturulmaktadır. Deney sonucunda numunede gözlenen en büyük çekme kuvveti belirlenmekte ve çekme dayanımı (σ_{mt}) standartta belirtilen yöntemlere uygun olarak hesaplanmaktadır. Şekil 3.25'te yüzeylere dik çekme dayanımı deneyi basit bir şekilde görselleştirilmiştir (TS EN 1607, 1998).



Şekil 3.25. Yüzeylere dik çekme dayanımı deney şeması (TS EN 1607, 1998)

3.2.6. Basınç altında sünme tayini

TS EN 1606'ya göre taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin basınç altında sünmesi (ε_{ct}) belirlenmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Basınç sünmesi, sabit basınç dayanımı altında deney numunesinde gerçekleşen deformasyonun ölçülmesi işlemidir. Basınç dayanımı deneyinde kullanılan numuneden, aşağıda belirtilen ölçülerde ve kare formda alınan parçalar bu deneyde kullanılmaktadır.

- 50 mm x 50 mm
- 100 mm x 100 mm
- 150 mm x 150 mm
- 200 mm x 200 mm
- 300 mm x 300 mm

Deneyde kullanılacak olan numunelerin kalınlığının ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında olması gerekmektedir. Kaplamalı yalıtım malzemelerinin deneyleri, aynı şekilde yüzey kaplamalı olarak hazırlanan numuneler ile gerçekleştirilmektedir. %50±5 bağıl nem ve 23±2 °C'de en az 24 saat kondisyonlanan numunelerin deneyi, aynı koşullara sahip ortamda gerçekleştirilmektedir (TS EN 1606, 1998).

Numuneler, gerçekleşen deformasyonu en az 0,01 mm doğrulukla ölçebilen yükleme cihazına yerleştirilmektedir. Deney cihazında birbirine paralel iki plaka bulunmaktadır. Numunenin düşey yönde sıkışmasını sağlayan bu plakalardan biri hareketlidir. Numunenin etkisiz yük altındaki kalınlığı (d_L) referans değeri olarak kabul edilmekte ve kaydedilmektedir. Ardından numuneye 250±10 Pa'lık ön yük uygulanmakta ve numunenin kalınlığı (d_s) tekrar ölçülmektedir. Ulaşılan değer de sonrasında referans değer olarak kullanılmak üzere kaydedilmektedir. 250±10 Pa'lık yük etkisinde numunede ciddi bir deformasyon meydana geliyorsa 50 Pa'lık yük uygulanmaktadır. Belirlenen sabit basınç 10±5 saniye uygulanmakta ve yüklemenin başlangıcından 60±5 saniye sonra numunenin ilk deformasyonu (X_o) ölçülmektedir. Yükleme tamamlandıktan sonra sırasıyla 0,1 saat, 1 saat ve 5 saatte ölçümler yapılmaktadır. Ardından 1., 2., 4., 7., 9., 11., 14., 18., 24., 32., 42., 53., 65. 80. günde ve 90. ile 100. gün arasında bir günde ölçümler alınmaktadır. En az 90 gün süren basınç sünmesi deneyine, 90 günden sonra devam edilmesi durumunda belirli periyotlarda ölçümler alınmaktadır. Her bir numune için, deformasyon yüzdesi standartta belirtilen hesaplama yöntemine göre belirlenmektedir

(TS EN 1606, 1998). Taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'in 10, 25 ve 50 yıla karşılık gerekli deney süreleri sırasıyla 122, 304 ve 608 güne karşılık gelmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015).

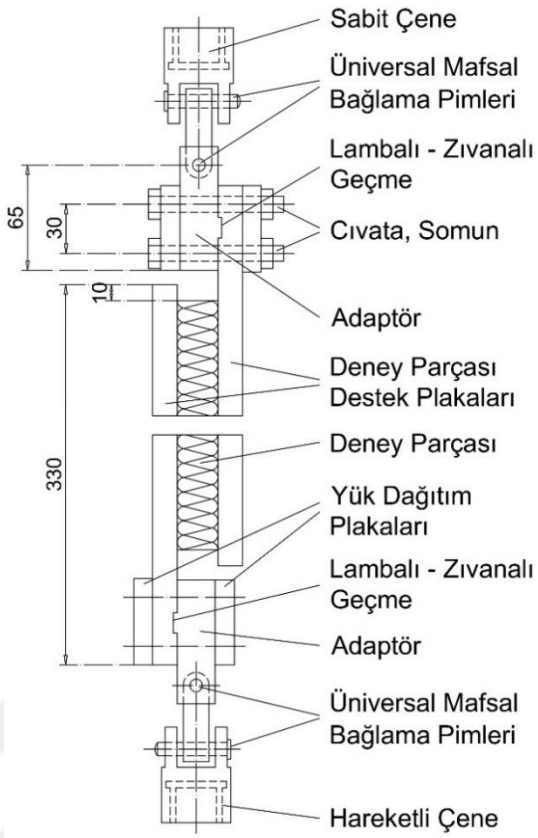
3.2.7. Kesme özelliklerinin tayini

TS EN 12090'a göre taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'nin kesme dayanımı (τ) belirlenmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Bu deney yöntemi ile numunenin yüzeylerine uygulanan zıt iki paralel kuvvetin numune üzerindeki etkisi ölçülmektedir. Diğer bir deyişle paralel yüzeylere yerleştirilen rijit plakalar ile kesme gerilmesi uygulanan numunelerin davranışı incelenmektedir (TS EN 12090, 2002).

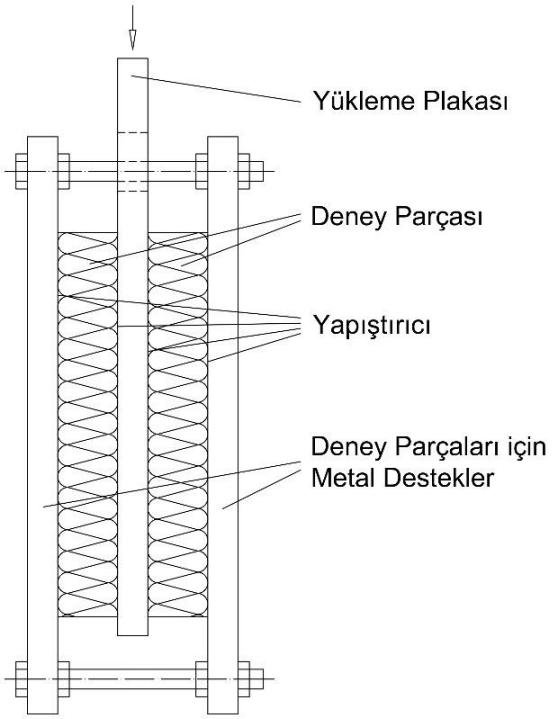
Isı yalıtım malzemesi üzerinde yer alan yüzey kaplamaları, aynen olduğu şekliyle korunarak numuneler hazırlanmaktadır. Numuneler, ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında ve dikdörtgen formda hazırlanmaktadır. Numunelerin yüzeyleri arasındaki düzlükten sapma 0,5 mm'den fazla olmamalı ve numunenin kalınlığının en fazla %0,5'i kadar olmalıdır. İlgili malzeme standardında belirtildiği adette numune deneye tabi tutulmaktadır. Standarttan numune sayısı ile ilgili bir bilgiye ulaşılamaması durumunda en az beş numune kullanılmaktadır (TS EN 12090, 2002).

Isı yalıtım malzemelerinin kesme özellikleri iki farklı düzenek ile tayin edilmektedir. Bunlar; tek numune içeren ve çift numune içeren düzeneklerdir. Tek numuneli düzenekte numune rijit iki plaka arasına yapıştırılmakta ve deney cihazı ile bu plakalara kesme kuvveti uygulanmaktadır. Deney esnasında plakalardan biri sabit tutulmakta iken bu plakaya paralel olan diğer plaka hareket etmektedir. Şekil 3.26'da tek numune içeren deney düzeneği basit bir şekilde gösterilmektedir (TS EN 12090, 2002).

Çift numune içeren düzenekte birbirine paralel plakalara bir çift numune yapıştırılmaktadır. Bu plakalara uzunluk ekseni yönünde kesme kuvveti uygulanmaktadır. Ortada yer alan plaka deney cihazının hareketli çenesine, dışta yer alan plakalar ise hareketsiz çenesine yerleştirilmektedir. Şekil 3.27'de çift numune içeren deney düzeneği basit bir şekilde görselleştirilmiştir (TS EN 12090, 2002).



Şekil 3.26. Tek numune içeren deney düzeneği (TS EN 12090, 2002)

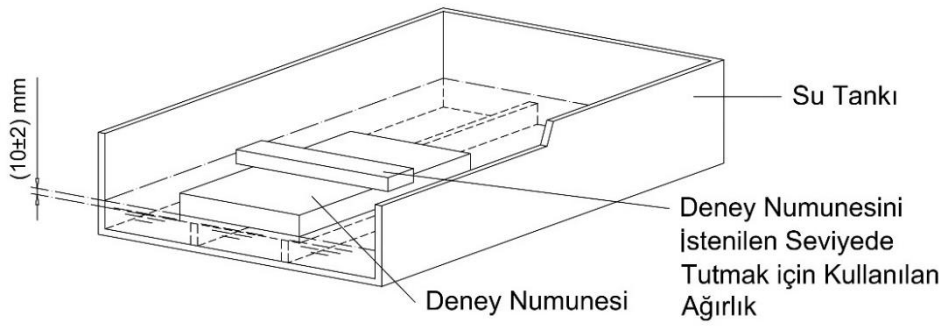


Şekil 3.27. Çift numune içeren deney düzeneği (TS EN 12090, 2002)

En az 6 saat 23±5 °C'de bekletilen numuneler, aynı koşullara sahip ortamda deneye tabi tutulmaktadır. Öncelikle doğrusal boyutları ölçülen numuneler, uygun bir yapıştırıcı ile bilgisayar kontrollü deney cihazının (bkz. Şekil 3.20) plakalarına yapıştırılmaktadır. Yapıştırıcının kesme mukavemetinin numunenin kesme mukavemetinden daha büyük olması gerekmektedir. Böylece kopma, yapıştırıcı yüzeyinden değil numune üzerinde gerçekleşmektedir. Yapıştırıcı yüzeyinde kopma ya da herhangi bir bozulma olması durumunda numune atılmakta ve başka bir numune plakalar arasına yapıştırılarak deney gerçekleştirilmektedir. Plakalara, düşey yönde 3±0,5 mm/min hızla hareket edecek şekilde kuvvet uygulanmaktadır. Deney cihazının numuneye uyguladığı kuvvetin (F) ve hareketli plakanın sabit plakaya göre hareket ettiği mesafenin (γ) en fazla %1'lik oranda hata ile tespit edilmesi gerekmektedir. Elde edilen veriler ile kuvvet (F) - ötelenme (γ) eğrisi oluşturulmaktadır. İlgili deney standardında yer alan hesaplama yöntemlerine göre ısı yalıtım malzemelerinin kesme mukavemeti (τ) ve kesme modülü (G) kPa cinsinden hesaplanmaktadır (TS EN 12090, 2002).

3.2.8. Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini

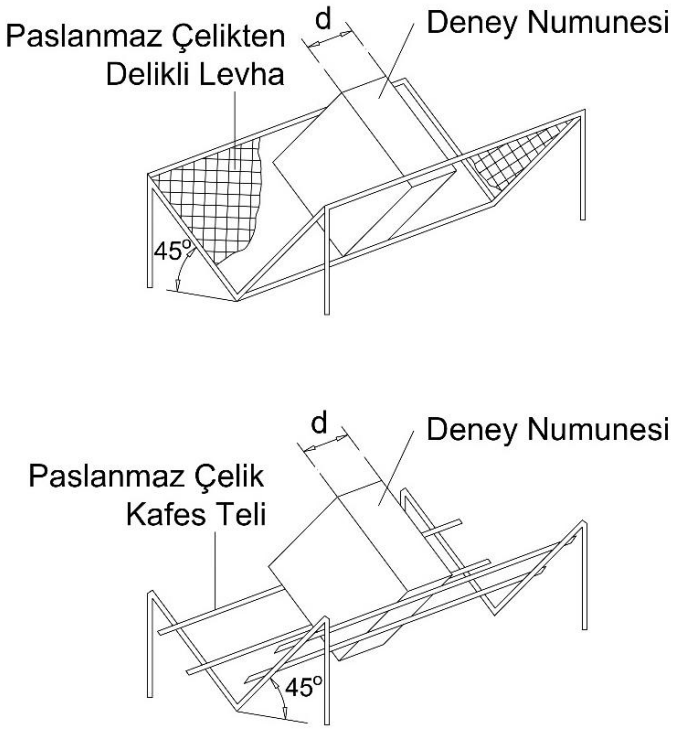
Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu (W_p), yalnızca cam yünü ve taş yününe uygulanmaktadır. TS EN 1609'a göre tayin edilen kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu deneyi, standartta belirtilen metotlar doğrultusunda gerçekleştirilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015). Deneyde, 24 saat boyunca alt yüzeyinden suyla temas halinde olan numunenin zaman içerisinde kütlesinde meydana gelen değişim gözlenmektedir. Şekil 3.28'de kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu deney düzeneği gösterilmektedir (TS EN 1609, 2001).



Şekil 3.28. Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu deney düzeneği (TS EN 12087, 2013)

Isı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında alınan deney numuneleri, bir kenar uzunluğu 200±1 mm olan kare formda hazırlanmaktadır. Isı yalıtım malzemesi üzerinde herhangi bir kaplama ve örtü bulunuyorsa hazırlanan numunelerde aynı şekilde yüzey kaplamalarının bulunması gerekmektedir. İlgili deney standardında belirtilen adette numune deneye tabi tutulmaktadır. Standartta numunelerin sayısı ile ilgili bir bilgi yer almıyor ise deneyde en az dört numune kullanılmaktadır. Numuneler, aksi bir durum bulunmadığı sürece en az 6 saat 23±5 °C sıcaklıkta bekletilmekte ve deney de aynı koşullara sahip ortamda gerçekleştirilmektedir. Deney, boşaltma (Metot A) ve başlangıçta emilen su miktarının tahmini (Metot B) olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu metotlardan hangisinin seçilerek deneyin yapılacağı ilgili malzeme standardında belirtilmektedir (TS EN 1609, 2001).

Boşaltma yöntemi olarak adlandırılan Metot A'da ilk olarak numunelerin başlangıç kütlesi (m_0) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Deneye tabi tutulan numunelerin yarısı su tankının içerisine kullanım yüzeyi aşağıda olacak şekilde, diğer yarısı ise kullanım yüzeyi yukarıda olacak şekilde yerleştirilmektedir. Numunenin istenilen konumda tutulmasını sağlamak amacıyla numune üzerine ağırlık yerleştirilmektedir. Bu ağırlığın alanı, numunenin kesit alanından en fazla %15'lik bir oranda büyük olabilmektedir. Deneyin gerçekleştirildiği süreç boyunca su seviyesinin sabit tutulması şartı ile tanka sıcaklığı 23±2 °C'ye ayarlanmış musluk suyu ilave edilmeye başlanmaktadır. Numunenin alt yüzeyinin üzerindeki su seviyesi 10±2 mm'ye çıkana kadar su ilavesine devam edilmektedir (bkz. Şekil 3.28). Bu şartlar sağlandıktan sonra su tankının içerisinde 24 saat bekletilen deney numunesi, tanktan çıkarılarak suyunu bırakması için 45° eğimli elek üzerine dik bir şekilde yerleştirilmektedir (Şekil 3.29). Numune bu elek üzerinde 10±0,5 dakika bekletildikten sonra numune kütlesinin (m_{24}) tespiti için 0,1 g doğrulukla ölçümler gerçekleştirilmektedir (TS EN 1609, 2001).



Şekil 3.29. Süzdürme eleği örnekleri (TS EN 12087, 2013)

Başlangıçta emilen su miktarının tahmini olarak adlandırılan Metot B'de, öncelikle numunelerin başlangıç kütlesi (m_0) ölçülmekte ve numuneler Metot A'da olduğu şekilde su tankının içine yerleştirilmektedir. Numune, tanka yerleştirildikten 10 saniye sonra yatay biçimde tutularak kaldırılmakta ve 5 saniye içerisinde plastik bir tablaya yerleştirilmektedir. Plastik tabla ile birlikte numunenin kütlesi (m_1) 0,1 g doğrulukla ölçülmekte ve tekrardan su tankına yerleştirilmektedir. Bu ölçüm numune tarafından başlangıçta emilen su miktarını kapsamaktadır. Ayrıca numunenin konduğu tablanın kütlesinin önceden ölçülmüş ve biliniyor olması gerekmektedir. Bu şartlarda tank içerisinde toplam 24 saat bekletilen numune, yatay biçimde tutularak kaldırılmakta ve 5 saniye içerisinde plastik tablaya yerleştirilmektedir. Plastik tabla ile birlikte numunenin kütlesi (m_{24}) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Numunelerin her birinden elde edilen değerin ortalaması alınarak ve standartta belirtilen hesaplama yöntemleri kullanılarak kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonuna (W_p) kg/m^2 cinsinden ulaşılmaktadır. Deney sonucunda elde edilen değerin en fazla 1,0 kg/m^2 olması gerekmektedir (TS EN 1609, 2001).

3.2.9. Daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini

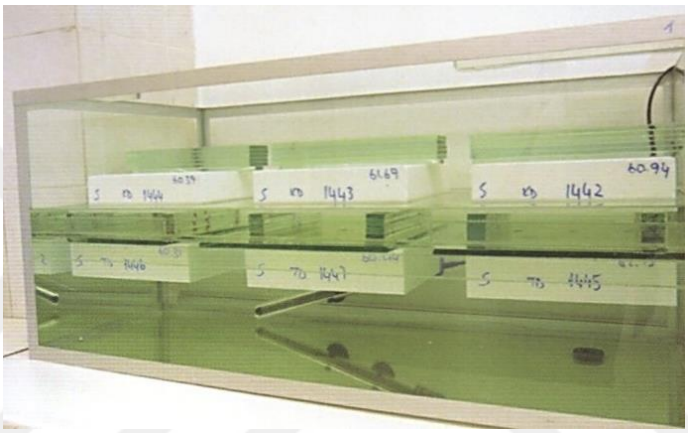
Taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS yalıtım malzemelerinin TS EN 12087'e göre daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonu deneyleri gerçekleştirilmektedir. Deneyler, kısmi daldırma (W_{lp}) ve tam daldırma (W_{lt}) olmak üzere iki yöntem ile yapılmaktadır. Cam yünü ve taş yününe kısmi daldırma yöntemi, EPS'ye hem kısmi daldırma hem tam daldırma yöntemi, XPS'e ise tam daldırma yöntemi uygulanmaktadır (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015).

Bir kenar uzunluğu 200±1 mm olan kare formdaki numuneler, ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında hazırlanmaktadır. Isı yalıtım malzemesinde bulunan yüzey kaplamaları ve kabuklar kaldırılmadan deney numuneleri oluşturulmaktadır. İlgili deney standardında deneye tabi tutulacak numune sayısı ile ilgili herhangi bir bilgi yer almıyorsa en az dört adet numune hazırlanmakta ve deney işlemi uygulanmaktadır. Aksi bir durum olmadıkça deneyde kullanılacak olan numunelerin en az 6 saat 23±5 °C'de bekletilmesi gerekmektedir. Deneyin gerçekleştirileceği ortamın da 23±5 °C olması gerekmektedir (TS EN 12087, 2013).

Daldırmayla uzun süreli su absorpsiyonu deneyleri; kısmi daldırmayla uzun dönemli su emmenin tayini (Yöntem 1) ve tam daldırmayla uzun dönemli su emmenin tayini (Yöntem 2) olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Kısmi daldırmayla uzun dönemli su emmenin tayininde yani Yöntem 1'de numunede gözlenen kütle değişimi belirlenmektedir. Numune yüzeyine tutunan ancak numune tarafından emilmeyen su ölçümler esnasında hesaba katılmamaktadır. Bu sebeple Yöntem 1 kendi içerisinde suyun uzaklaştırılması ile ilgili iki yöntem içermektedir. Bunlar, süzdürme (Yöntem 1A) ve tutulan suyun çıkartılmasıdır (Yöntem 1B) (TS EN 12087, 2013).

Süzdürme olarak adlandırılan Yöntem 1A'da numunelerin boyutları 0,5 mm doğrulukla ve başlangıç kütleri (m_0) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Sonrasında su tankına numunelerin yarısı kullanım yüzeyi aşağıda diğer yarısı kullanım yüzeyi yukarıda olacak şekilde yerleştirilmektedir. Şekil 3.30'da su tankına yerleştirilmiş olan deney numuneleri gösterilmektedir. Su tankına yerleştirilen numunelerin üzerine sıcaklığı 23±5 °C'ye ayarlanmış musluk suyu ilave edilmektedir. Numunenin alt yüzeyinin üzerinde 10±2 mm

su bulunana kadar su ilavesine devam edilmektedir (bkz. Şekil 3.28). Deney süresince su seviyesinin sabit tutulması gerekmektedir. Numunenin istenilen konumda tutulabilmesi için numune üzerine yük uygulanmaktadır. Bu yükün numune üzerinde herhangi bir şekil bozukluğu oluşturmaması gerekmektedir. Bu şartlarda 28 gün bekletilen numuneler bu sürenin sonunda su tankından çıkarılmaktadır. Ardından numuneler, suyunu bırakması için 45° eğimli bir elek (bkz. Şekil 3.29) üzerine dik bir şekilde yerleştirilmekte ve elek üzerinde 10±0,5 dakika bekletilmektedir. Deney sonrasında numunelerin kütlesi (m_{28}) 0,1 g doğrulukla ölçülerek tespit edilmektedir (TS EN 12087, 2013).

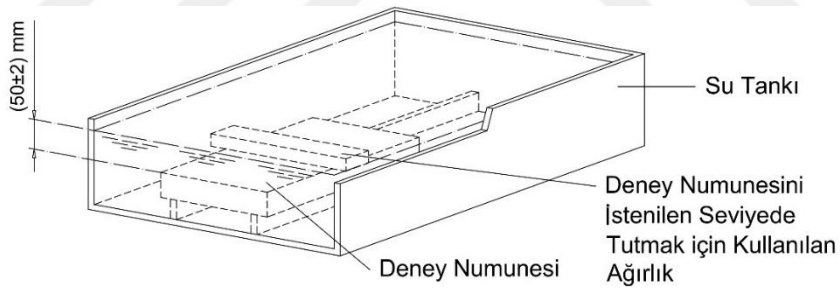


Şekil 3.30. Su tankına kısmi ve tam daldırılmış deney numuneleri (ÇEVKAK, 2021)

Tutulan suyun çıkarılması olarak adlandırılan Yöntem 1B, ilk 10 saniye içerisinde numunenin tuttuğu su miktarının en fazla 0,5 kg/m^2 olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Öncelikle numunelerin başlangıç kütlesi (m_0) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Ardından Yöntem 1'de olduğu gibi numuneler, yarısında kullanım yüzeyleri aşağıda yarısında yukarıda olacak şekilde yerleştirilmektedir. Numuneler, alt yüzeylerinin üzerinde 10±2 mm 23±5 °C musluk suyu bulunacak şekilde kısmen suya daldırılmaktadır (bkz. Şekil 3.28). 10 saniye sonra numune yatay biçimde tutularak kaldırılmakta ve 5 saniye içerisinde kütlesi bilinen plastik tablaya konmaktadır. Plastik tabla ile birlikte numunenin başlangıçta emilen su miktarını kapsayan kütlesi (m_1) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Ölçüm işleminin ardından tekrar su tankına yerleştirilen numuneler bu şekilde 28 gün bekletilmektedir. Ardından numune yatay biçimde kaldırılıp 5 saniye içinde plastik tablaya yerleştirilmekte ve 0,1 g doğrulukla numunenin kütlesi (m_{28}) ölçülmektedir (TS EN 12087, 2013).

Yöntem 2 olarak adlandırılan tam daldırmayla uzun dönemli su emmenin tayininde deney sonucunda Yöntem 1'de olduğu gibi numunede gözlenen kütle değişimi incelenmektedir. Numune tarafından emilmeyen ve yüzeye tutunan fazla su Yöntem 2'de üç farklı yol ile uzaklaştırılmakta ve hesaplamaların dışında tutulmaktadır. Bunlar; Yöntem 2A (süzdürme), Yöntem 2B (tutulan suyun çıkartılması) ve Yöntem 2C'dir (TS EN 12087, 2013).

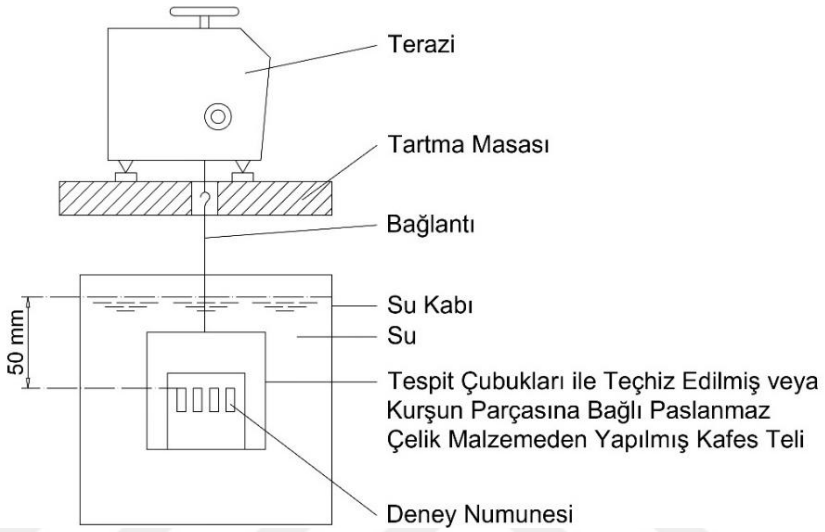
Yöntem 2A ve Yöntem 2B, kısmi daldırmayla uzun dönemli su emme deneylerinde yer alan Yöntem 1A ve Yöntem 1B ile büyük oranda aynı işlemleri kapsamaktadır. Yöntem 1A ve Yöntem 1B'de numunelerin geçmiş olduğu işlemler aynı sıra ile Yöntem 2A ve Yöntem 2B'de uygulanmaktadır. Numuneler, Yöntem 1A ve Yöntem 1B'de numunenin alt yüzeyinin üzerinde 10±2 mm su bulunacak şekilde kısmen suya daldırılırken Yöntem 2A ve Yöntem 2B'de numunenin üst yüzeyi 50±2 mm suyun altında kalacak şekilde tamamen suya daldırılmaktadır (Şekil 3.31). Ardından yapılan işlemler, Yöntem 1A ve Yöntem 1B'de olduğu sıra ile aynı şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.31. Tam daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu Yöntem 2A ve Yöntem 2B deney düzeneği (TS EN 12087, 2013)

Yöntem 2C'de ise ilk olarak numunelerin kütlesi (m_o) 0,1 g doğrulukla ve doğrusal boyutları (l_o, b_o, d_o) 0,5 mm doğrulukla ölçülmektedir. 23±5 °C musluk suyu ile su tankı doldurulmakta ve boş tel kafes su tankına daldırılmaktadır. Suyun içerisinde olan tel kafesin kütlesi (m_1) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. Ardından tel kafes sudan çıkarılarak içerisine numuneler yerleştirilmektedir. Deney numunelerinin üst yüzeyi su seviyesinden 50±2 mm aşağıda kalacak şekilde tel kafes tekrar su tankına yerleştirilmektedir. Su içindeyken numunelerin yüzeyinde hava kabarcıkları oluşması durumunda sarsma

kuvvetiyle ya da fırça yardımıyla kabarcıklar yok edilmelidir. Numunelerin bulunduğu tel kafes teraziye bağlanarak (Şekil 3.32) 28 gün su tankının içinde bekletilmektedir. Bu sürenin sonunda numuneler ve tel kafesin 0,1 g doğrulukla görünür kütlesi (m_{28}) ve 0,5 mm doğrulukla numunelerin doğrusal boyutları (l_1, b_1, d_1) ölçülmektedir (TS EN 12087, 2013).



Şekil 3.32. Tam daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonu Yöntem 2C deney düzeneği (TS EN 12087, 2013)

Deney standardında belirtilen hesaplama yöntemleri ile kısmi daldırma ile uzun süreli su absorpsiyonu (W_{lp}) kg/m^2 cinsinden ve tam daldırma ile uzun süreli su absorpsiyonu (W_{lt}) hacimce % cinsinden hesaplanmaktadır (TS EN 12087, 2013).

3.2.10. Difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyonunun tayini

Yalnızca EPS ve XPS yalıtım malzemeleri difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyonu (W_{dv}) deneyine tabi tutulmaktadır. Bu deney TS EN 12088 kapsamında gerçekleştirilmektedir (TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Difüzyon ile uzun dönemli su absorpsiyonunun tayini ile deney numunesinin uzun süre su buharı basınç farkına, yüksek bağıl neme ve sıcaklık farkına maruz bırakıldığı alanlarda numunenin kütlesindeki değişim belirlenmektedir.

Numuneler, bir kenarı 500±1 mm olan kare formda ve ısı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında hazırlanmaktadır. Isı yalıtım malzemesi belirtilen numune boyutlarını

oluşturmak için yeterli büyüklüğe sahip değil ise orantılı olmak şartıyla numune daha küçük hazırlanabilmektedir. Isı yalıtım malzemesinde yüzey kaplaması bulunuyor ise bu kaplama olduğu haliyle korunarak numuneler oluşturulmalıdır (TS EN 12088, 2002).

En az iki adet numune ile gerçekleştirilen deneyde numuneler, en az 6 saat 23±5 °C'de kondisyonlanmaktadır. Süre tamamlandıktan sonra 0,1 g hassasiyete sahip bir terazi aracılığıyla numunelerin kütlesi (m_0) belirlenmektedir. Ardından korozyona dirençli kaba deney numuneleri uygun bir şekilde yerleştirilmektedir. Bu kap, numuneleri belirli bir seviyede tutabilecek mesnede sahip olmalıdır. Yalnızca bir yüzünde kaplama olan deney numuneleri, kaplama olan yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilmektedir. Numunelerin üzerine 1±0,5 °C'de çalışmaya uygun olan soğutma plakası kapatılmakta ve plakanın sıcaklığının deney boyunca korunması gerekmektedir. Şekil 3.33'te numunenin içine yerleştirildiği cihaz gösterilmektedir (TS EN 12088, 2002).



Şekil 3.33. Deney cihazı (Kişisel arşiv–ÇEVKAK ziyaretinde çekilmiştir)

Numunelerin yerleştirildiği kap, 50±1 °C olan musluk suyu ile doldurulmakta ve termostat içeren bir ısıtıcı ile sıcaklık korunmaktadır. Numuneler 7 günde bir ters yüz edilerek toplam 28 gün cihaz içerisinde tutulmaktadır. Bu süreçte numuneler yüksek su buhar basıncı ve sıcaklık farkına maruz bırakılmaktadır. 28 günlük deney süresi tamamlandıktan sonra numuneler cihaz içerisinden alınarak yüzeyindeki su silinmekte ve numune kütleleri (m_D) 0,1 g doğrulukla ölçülmektedir. İlgili standartta yer alan hesaplama yöntemlerine göre difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyon (W_{dp} ya da W_{dv}) değerleri

hesaplanmaktadır. Elde edilen değerler % ya da kg/m^2 cinsinden ifade edilmektedir (TS EN 12088, 2002).

3.2.11. Donma-çözülme direncinin tayini

Donma-çözülme direnci deneyi, yalnızca EPS ve XPS yalıtım malzemelerine uygulanmakta ve TS EN 12091 kapsamında tayin edilmektedir. Bu deney, daldırmayla ya da difüzyonla su absorpsiyon deneyleri gerçekleştirildikten sonra uygulanmaktadır (TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Isı yalıtım malzemelerinin düşük sıcaklıklara ve çoğunlukla suya maruz kaldığı bölgelerde (önlem alınmamış zeminler, ters çatılar vb.) donma-çözülme özelliklerini tayin edilebilmek amacıyla bu deney gerçekleştirilmektedir. -20 °C ve 20 °C arasında tekrarlanan ıslanma ve donma şartlarında ısı yalıtım malzemelerinde gözlenen donma-çözülme mukavemeti, basınç gerilmesi ve nem etkisi tayin edilmektedir (TS EN 12091, 2002).

Bu deneyin gerçekleştirilebilmesi için TS EN 12087 (daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini) ve TS EN 12088'den (difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyonunun tayini) yararlanılmaktadır. Bu iki yöntemden hangisi ile deneyin gerçekleştirileceği, uygulama alanına bağlı olarak, ilgili malzeme standardına göre belirlenmektedir (TS EN 12091, 2002).

Numunelerde bulunan yüzey kaplamaları ve kabukların olduğu şekliyle, kaldırılmadan deneye tabi tutulması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında olması gereken numuneler, hangi su absorpsiyon deney yönteminin kullanılacağına bağlı olarak aşağıda belirtilen ölçülerde kare formda hazırlanmaktadır (TS EN 12091, 2002).

- 200 mm x 200 mm
- 500 mm x 500 mm

23±5 °C'de aksi bir durum olmadıkça en az 6 saat bekletilen numunelerin deneyi aynı koşullara sahip ortamda gerçekleştirilmektedir. Deneye başlamadan önce ısı yalıtım malzemesinin TS EN 826'ya göre basınç mukavemet özellikleri tayin edilmekte ve uzun süreli su absorpsiyon deneyi gerçekleştirilmektedir. Uzun süreli su absorpsiyon deneyinden geçirilen numuneler, A grubu numuneler olarak adlandırılmaktadır. A grubu

numunelerin kütlesi (m_o) 0,1 g doğruluğa sahip bir terazi aracılığıyla ölçülmektedir. Ardından numuneler sıcaklığın -20±2 °C'de sabit tutulduğu soğuk hücreye yerleştirilmekte ve donma işlemi gerçekleştirilmektedir. Soğuk hücrede 1 saat bekletilen numuneler, hücreden çıkarılıp su sıcaklığının 20±2 °C'de sabit tutulduğu su tankına daldırılmaktadır. Numuneler su tankında 1 saat bekletilerek çözülme işlemi gerçekleşmektedir. 1 saat içerisinde numunelerin ortamının değiştirilemediği durumlarda (gece, hafta sonu vb.) numunelerin soğuk hücrede muhafaza edilmesi gerekmektedir. Soğuk hücre ve su tankı arasındaki ortam değişimi 300 çevrim tamamlanana kadar devam etmektedir. Bu işlem bittikten sonra A grubu numunelerin kütlesi (m_1) terazi ile tekrar ölçülmektedir (TS EN 12091, 2002).

A grubu numunelerden, ıslak şartlarda (B1) ve kuru şartlarda (B2) olmak üzere iki numune grubu oluşturulmaktadır. B1 ve B2 olarak adlandırılan numune gruplarının basınç deneyleri gerçekleştirilmektedir. 300. çevrimden sonra B1 olarak adlandırılan numunelerin 24 saat içerisinde TS EN 826'ya göre basınç mukavemetleri tayin edilmektedir. Havalandırmalı kurutma hücresinde yerleştirilen B2 grubu numuneler, malzeme standardında belirtilen süre boyunca hücrede bekletilmektedir. İlgili standarttan kurutma süresi ile ilgili bir bilgiye ulaşılamıyorsa numuneler sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmaktadır. Kurutma işlemi genellikle aşağıda belirtilen koşullarda ve sürelerde gerçekleştirilmektedir.

- 40 °C'de 7 gün
- 70 °C'de 4 gün
- 105 °C'de 24 saat

En az 40 °C'de kurutulan numunelerin 24 saat aralıklarla yapılan ardışık iki tartım sonucundaki kütle değişimi, toplam kütlenin en fazla %0,5'i kadar ise deney parçası sabit kütleye ulaşmış sayılmaktadır. Sabit kütleye erişen B2 grubu numunelerin TS EN 826'ya göre basınç mukavemetleri belirlenmektedir. Ardından deney standardında yer alan hesaplama yöntemlerine göre su absorpsiyonu (W_m veya W_v) ve basınca mukavemet özelliklerindeki değişim ($\Delta\sigma_{ıslak}$ veya $\Delta\sigma_{kuru}$) hesaplanmaktadır (TS EN 12091, 2002).

3.2.12. Su buharı iletim özelliklerinin tayini

TS EN 12086'ya göre taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS ısı yalıtım malzemelerinin su buharı geçirgenlik özellikleri tayin edilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017; TS EN 13164+A1, 2015). Belirlenen ölçülerde hazırlanan numunelerin kalınlığına bağlı olarak su buharı geçiş değerinde ve iletim hızında değişim gözlemlenmektedir.

Kalınlığı 20 mm'den az olmamak şartı ile yalıtım malzemesinin orijinal kalınlığında hazırlanan numunelerde yüzey kaplaması bulunuyorsa kaplamalar çıkarılarak deney gerçekleştirilmektedir. Deney esnasında numunenin etkileneceği alanın en az 50 cm^2 olması ve numunenin üst ve alt yüzey alanı arasında en fazla %3'lük bir fark bulunması gerekmektedir. Özel durumlar haricinde en az beş deney numunesi deneye tabi tutulmaktadır. Numuneler, 23±5 °C sıcaklıkta en az 6 saat kondisyonlanmaktadır. Ayrıca deney düzeneğinin de 1 ile 24 saat arasında şartlandırılması gerekmektedir. Şekil 3.34'te gösterilen deney cihazına deney düzeneği yerleştirilmektedir. Deney cihazının deney için gerekli olan sıcaklığı ±1 °C, bağıl nemi ise ±%3 tolerans sınırları içerisinde sağlaması gerekmektedir (TS EN 12086, 2013).

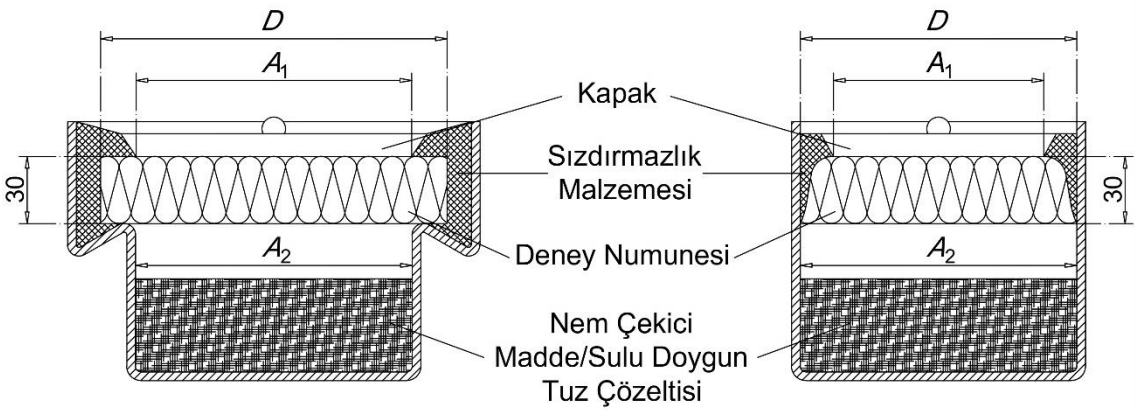


Şekil 3.34. Deney cihazı (Anonim, 2023u)

Deneyde kullanılacak olan kaplar su buharının ve suyun geçmesine izin vermemekte, genellikle yuvarlak formda olmakta ve metal ya da camdan imal edilmektedir (Şekil 3.35). Kalınlığı 15 mm'ye eşit veya daha fazla olacak şekilde deney kabına sulu doygun tuz çözeltisi ya da nem çekici malzeme konmaktadır. Deney kapları ile kapların içerisine konan çözeltiler arasında herhangi bir tepkime oluşmaması gerekmektedir. Deney kaplarının açık kalan yüzü numune ile sızdırmaya imkan vermeyecek biçimde kapatılmaktadır. Deney kaplarının kapakları, oluşabilecek her türlü buhar kaçışını engellemek amacıyla deneyde kullanılan numunenin yüzey alanının %90'ına eşit veya daha fazla olmaktadır. Bu sebeple deney kapları numunenin boyutuna bağlı olarak değişebilmektedir (TS EN 12086, 2013). Şekil 3.36'da deney kaplarına yerleştirilmiş numunelere ait örnekler gösterilmiştir.



Şekil 3.35. Deney kapları (Anonim, 2023u)



Şekil 3.36. Deney düzeneği örnekleri (TS EN 12086, 2013)

Deney için kurulan düzeneğin kütlesi belirli aralıklarla ±1 mg hassasiyete sahip bir teraziyle tartılmaktadır. Bu tartım işlemi deney cihazının içinde gerçekleştirilebildiği gibi belirli koşullar sağlandığı sürece cihaz dışında da gerçekleştirilebilmektedir. Tartım işleminin cihaz dışında gerçekleştirildiği durumlarda tartımın hemen yapılarak deney düzeneğinin en kısa zamanda deney cihazına geri yerleştirilmesi gerekmektedir. Art arda yapılan beş deneyin sonucunda, yapılan tartımlar ile numunenin birim zamandaki kütle değişimi ortalama değer olarak hesaplanmaktadır. En son deneyi gerçekleştirilen numunenin birim zamandaki kütle değişimi hesaplanmaktadır. Bu değerin, elde edilen ortalama değerin ±%5'i içinde kalması gerekmektedir. Geçen süre 24 saatten az olmamak şartı ile numunedeki kütle değişimi bu aralığa ulaşıncaya kadar belirlenen periyotlarda tartıma devam edilmektedir (TS EN 12086, 2013).

Deney esnasında sonuçların daha net gözlemlenebilmesi ve kütle değişiminin kararlı hale geldiğinin anlaşılması amacıyla zaman - kütle değişimi grafiği oluşturulmaktadır. Deneyde elde edilen birim zamandaki kütle değişimi sonucu ve standartta belirtilen hesaplama yöntemleri kullanılarak su buharı iletim debisi (g), su buharı geçişi (W), su buharı direnci (*Z*), su buharı geçirgenliği (δ), su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) ve su buharı difüzyonuna eşdeğer hava tabakası kalınlığı (s_d) değerleri hesaplanmaktadır (TS EN 12086, 2013).

3.2.13. Dinamik rijitliğin tayini

Cam yünü, taş yünü ve EPS yalıtım malzemelerinin TS EN 29052-1'e göre dinamik rijitlik (*s'*) deneyleri gerçekleştirilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015; TS EN 13163+A2, 2017). Yapılarda esnek döşeme altlarında sürekli bir tabaka halinde kullanılan elastik malzemeler ile düzgün yüzeylerin birim alan başına dinamik katılığı bu standartta bahsedilen yöntemler kullanılarak belirlenmektedir (TS EN 29052-1, 1996).

En az üç numunenin deneye tabi tutulması gerekmektedir. Numuneler, kare formda bir kenarı 200 mm olacak şekilde hazırlanmaktadır. Yüzey kusurlarının en fazla 3 mm olduğu durumlarda pürüzsüz olarak kabul edilen numuneler, 0,02 mm kalınlıkta su geçirmez plastik folyo ile kaplanmaktadır. Plastik folyo ile kaplanan yüzey üzerinde oluşabilecek boşluklar hazırlanan alçı tabakası ile kapatılmaktadır. Sulandırılmış alçı tabakası 5 mm

kalınlığında olmalıdır. Bu tabaka kurumadan önce numune üzerine çelik yük plakasının yerleştirilmesi gerekmektedir. Çelik yük plakası kare formda ve her bir kenarı 200±3 mm'dir. Yatay iki yüzey arasında yer alan numune üzerinde, ölçüm cihazı da dahil toplam 8±0,5 kg yük olması gerekmektedir (TS EN 29052-1, 1996).

Yük plakası ve numunelerin rezonans frekansı (f_r) iki farklı yol ile tespit edilebilmektedir. Bu yöntemlerden ilkinde sinüs şeklindeki sinyaller kullanılmakta ikincisinde ise beyaz gürültü ya da darbe sinyalleri kullanılmaktadır. Sinüs şeklindeki sinyaller kullanılarak rezonans frekansının elde edildiği yöntemde, uygulanan sabit güce karşılık güç frekansı değiştirilmektedir. Numuneden beklenen katılık değerine bağlı olarak en az üç noktadan ölçme yapılmaktadır. Beyaz gürültü ya da darbe sinyalleri kullanılarak tespit edilen rezonans frekansına, deney düzeneğinin tepki frekansı analiz edilerek ya da darbe gücü kullanılarak ulaşılmaktadır. İlgili deney standardında belirtilen hesaplama yöntemlerine göre deney numunesinin birim alan başına görünür dinamik katılığı (s'_t) ve esnek malzemenin birim alan başına dinamik katılığı (s') hesaplanmaktadır (TS EN 29052-1, 1996).

3.2.14. Görünür yoğunluğun tayini

Sadece EPS yalıtım malzemesi görünür yoğunluk deneyine tabi tutulmaktadır. TS EN 1602 standardı kapsamında görünür yoğunluk deneyi gerçekleştirilmektedir (TS EN 13163+A2, 2017). EPS'nin görünür toplam kütle yoğunluğunun (ρ_a) ve görünür göbek yoğunluğunun (ρ_c) tespiti ile ilgili yöntemler TS EN 1602 standardında belirtilmektedir. Görünür toplam kütle yoğunluğu, malzemenin birim hacim başına kütlesi anlamına gelmekteyken görünür göbek yoğunluğu, malzemenin göbek kısmında birim hacim başına kütlesi anlamına gelmektedir (TS EN 1602, 1998).

Görünür yoğunluk deneyi, tam boyutta bulunan ısı yalıtım malzemelerine uygulanabildiği gibi başka deneylerde kullanılan numunelerden alınarak da gerçekleştirilebilmektedir. Mümkün olabildiği kadar büyük tercih edilen numune boyutlarının ısı yalıtım malzemesinin orijinal şekli ve boyutuyla orantılı olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemesinin yapısında herhangi bir değişikliğe sebep olmayacak tekniklerle kesilen numuneler, hacim hesabı kolay bir şekilde yapılacak biçimde hazırlanmaktadır. Isı

yalıtım malzemesinde yüzey kaplamaları ve örtüler varsa kaldırılmalı ve numuneler o şekilde hazırlanmalıdır. Eğer numune üzerinde yer alan kaplamalar kaldırılamıyorsa kaplamaların ve varsa yapıştırıcının kütlesi numunenin toplam kütlesinden düşürülerek hesaplamalar yapılmaktadır. Deneye tabi olacak numune sayıları ilgili malzeme standardında belirtilmektedir. Eğer malzeme standardı yok ise deneyde kullanılacak olan numunelerin sayısının önceden belirlenmesi ve en az beş numunenin kullanılması gerekmektedir (TS EN 1602, 1998).

%50±5 bağıl nem ve 23±2 °C'ye sahip ortamda numuneler sabit tartıma ulaşıncaya kadar kondisyonlanmaktadır. Bağıl nem oranının ve ortam sıcaklığının numune üzerinde önemli bir etkisi olmayacaksa 23±5 °C'de de kondisyonlama işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca havalandırmalı bir kurutma hücresinde ön kurutma işlemi yapılarak numunenin kondisyonlama süresini kısaltmak mümkündür. Kondisyonlama işlemi gerçekleştirilen numunelerin deneyi, aynı koşullara sahip ortamda gerçekleştirilmektedir. İlk olarak deney numunelerinin doğrusal boyutları kalınlık, uzunluk ve genişlik olmak üzere %0,5 doğrulukla ölçülmektedir. Elde edilen bu ölçümler ile numunelerin hacimleri hesaplanmaktadır. Ardından %0,5 doğruluğa sahip bir terazi ile deney numunelerinin kütleleri ölçülmektedir. Gerekli tüm bu ölçümler yapıldıktan sonra görünür toplam kütle yoğunluğu (ρ_a) ve görünür göbek yoğunluğu (ρ_c) ilgili deney standardında belirtilen hesaplama yöntemine uygun olarak kg/m^3 cinsinden tespit edilmektedir. Her bir numune için hesaplanan görünür yoğunluk değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak numune için görünür toplam kütle yoğunluğu (ρ_a) ve görünür göbek yoğunluğu (ρ_c) değerlerine ulaşılmaktadır (TS EN 1602, 1998).

3.2.15. Ses yutmanın tayini

Ses yutmanın tayinine yalnızca cam yünü ve taş yününün tabi tutulmaktadır. TS EN ISO 354'e göre bu malzemelerin ses yutma katsayısı (α_p/α_w) hesaplanmaktadır. α_p pratik ses yutma katsayısını, α_w ise ağırlıklı ses yutma katsayısını ifade etmektedir (TS EN 13162+A1, 2015). Standart, deneyin gerçekleştirilmesi için gerekli yöntem ve usulleri içermektedir.

Alanı 10-12 m^2 aralığında olan dikdörtgen numunelerin en boy oranının 0,7 ile 1 aralığında olması gerekmektedir. Numunelerin alanları, ses absorpsiyon katsayısına (α_s) ve çınlama odasının hacmine bağlı olarak belirlenmektedir. Numuneler, çınlama odasına deney standardında belirtilen montaj yöntemlerine uygun şekilde yerleştirilmektedir. Çınlama odasının kenarları ile arasında en az 1 m olması gereken numuneler, odanın en yakın kenarına paralel olmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Dikdörtgen forma sahip ses absorplayıcı bölme ya da yastıklar da standartta tarif edilen montaj biçimine göre yerleştirilmektedir. Sandalye ve paravan gibi bağımsız nesneler ise uygulamadaki konumlarına göre (zemin üzerinde, duvara/tavana monte) çınlama odasına yerleştirilmektedir. Ayrıca bağımsız nesneler aralarında en az 2 m olmak olacak şekilde çınlama odasında rastgele düzenlenmektedir (TS EN ISO 354, 2006).

Deneyin gerçekleştirileceği çınlama odası (Şekil 3.37) hacminin 150-500 m^3 aralığında bulunması gerekmektedir. Çok büyük alanlarda yüksek frekanslarda yapılan ölçümlerde doğruluk oranı düştüğü için oda hacminin bu aralığı aşmaması gerekmektedir. Çınlama odasında dönen pervaneler, asılı ya da sabit saçıcılar kullanılarak odadaki azalan ses alanının dağınıklığı sağlanmaktadır. Çınlama odasında gerçekleştirilen ölçümler, 1/3 oktav bandında olmak şartıyla standartta hertz cinsinden belirtilen frekans değerlerinde yapılmaktadır. Çınlama odasına yerleştirilen numunenin ortalama çınlama süresi iki farklı şekilde ölçülmektedir. Bunlardan birinde numune montaj edilirken diğerinde numune montaj edilmemektedir (TS EN ISO 354, 2006).



Şekil 3.37. Çınlama odası (Anonim, 2023ü)

Aralarında en az 3 m olacak şekilde çınlama odasına yerleştirilen ses kaynaklarının tüm yönlü olarak sesi yayması gerekmektedir. Çınlama odasına bu ses kaynaklarından en az

iki adet yerleştirilmelidir. Deney için gerekli olan bir diğer ekipman ise tüm yönlü bir mikrofondur. Numunelerle arasında 1 m olan mikrofonlar, ölçme işleminde kullanılmaktadır. Odada en az üç adet bulundurulan mikrofonlar aralarında en az 1,5 m olacak şekilde yerleştirilmektedir. Mikrofonlar ile ses kaynakları arasında en az 2 m olmalıdır (TS EN ISO 354, 2006).

Çınlama odasına yerleştirilen numunelerin ortamın sıcaklığı ve bağıl nemi bakımından dengelenmesi gerekmektedir. Çınlama odası boşken ve numune yerleştirildikten sonra yapılan ölçümlerde odanın sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin neredeyse aynı olması gerekmektedir. Ölçümlerin yapıldığı esnada ortamın sıcaklık ya da bağıl nem değerlerinde gözlenen değişimler, çınlama süresine etki etmektedir. Deneyin gerçekleştirildiği süreç boyunca odadaki sıcaklığın en az 15 °C olması ve bağıl nemin %30-90 aralığında bulunması gerekmektedir (TS EN ISO 354, 2006).

Elde edilen veriler doğrultusunda boş çınlama odasının eş değer ses absorpsiyon alanı-frekans grafiği çizilmektedir. Bu grafik eğrisinin düzgün bir eğri olması gerekmektedir. Ayrıca birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda en az on iki adet azalma eğrisinin de elde edilmesi gerekmektedir. Azalma eğrileri, ses kaynağı durdurulduktan sonra odada bulunan ses basınç seviyesinin zamanla azalmasını grafik olarak ifade etmektedir. Ses kaynakları sıra ile kullanılmayıp aynı anda birden fazla ses kaynağı kullanılarak uyarım yapılıyor ise birbirinden bağımsız olarak ölçülen azalma eğrisi sayısı altıya düşürülebilmektedir. Farklı mikrofon konumlarında birbirinden bağımsız olarak ölçülen azalma eğrileri ayrı ayrı ele alınmakta ve birleştirilmemektedir. Azalma eğrileri oluşturulurken iki metoda başvurulmaktadır. Bu metotlar kesilmiş gürültü metodu ve integrali alınmış darbe tepkisi metodu olarak adlandırılmaktadır (TS EN ISO 354, 2006).

İstatiksel bir işlemin sonucu olan kesilmiş gürültü metodunda, bir mikrofondan ölçülen azalma eğrilerinin ya da çınlama sürelerinin ortalamasının alınması zorunlu tutulmaktadır. Bu metotta, sürekli frekans spektrumuna sahip bir hoparlör kaynak olarak kullanılmaktadır. Çınlama odasında oluşan ses basıncı değerleri arasındaki farklar, 1/3 oktav bantlarında en fazla 6 dB olmalıdır. Odaya uyarı sinyali verilmekte ve ilgili frekans

bantlarındaki ses basıncı kararlı duruma gelene kadar uyarı sinyali kesilmemektedir. Genellikle bu uyarılma süresi, çınlama süresinin en az yarısı kadar olmaktadır. İstatistiksel sapmalardan kaynaklanan hataların azaltılabilmesi amacıyla her bir mikrofonda en az üç adet ölçme gerçekleştirilmekte ve ölçümlerin ortalamaları alınmaktadır. Gerçekleştirilen ölçümlerin ortalaması iki farklı şekilde alınabilmektedir. Bu yöntemlerden ilkinde mikrofondan elde edilen azalma eğrilerinin ortalaması alınırken ikinci yöntemde mikrofondan elde edilen azalma eğrilerinin her biri ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Ardından her bir eğriden elde edilen çınlama sürelerinin ortalaması alınmaktadır. İkinci yönteme, ilk yöntem ile ortalama alınamaması durumunda başvurulmaktadır (TS EN ISO 354, 2006).

İntegrali alınmış darbe tepkisi metodunda, yeterli enerji ve bant genişliğine sahip darbe üretebilecek bir darbe kaynağı kullanılmakta ve darbe tepkisi ölçülmektedir. Mikrofon sinyallerinin özel bir işlemden geçirilmesi ile darbe tepkisini oluşturacak ses sinyalleri oluşturulmaktadır. Özel donanımlara sahip cihazlar ya da ölçüm cihazının bir kısmını oluşturan bir cihaz aracılığıyla üretilen sinyallerin bant aralığının 1/3 oktavdan geniş olması gerekmektedir. Deney standardında belirtilen özelliklerde mikrofonlara ve yükselticilere sahip olan kayıt sistemi; elde edilen sinyali sayısallaştırabilmekte, azalma eğrisini hesaplayabilmekte ve darbe tepkisinin integralini alabilmektedir. Gerekli olduğu durumlarda kayıt sistemleri deney sinyalini oluşturabilmekte ve kaydedilen sinyalden darbe tepkisini işleyebilmektedir (TS EN ISO 354, 2006).

İntegrali alınmış darbe tepkisi metodunda kesilmiş gürültü metodundan farklı olarak herhangi bir ortalama alma yöntemi kullanılmamaktadır. Deney sonucunda ulaşılan filtrelenmiş darbe tepkisi değerinin geriye doğru integralinin alınması ile sonuca ulaşılmaktadır. Geriye doğru alınan integral ile her bir frekans değeri için azalma eğrisi çizilmektedir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlar teorik olarak kesilmiş gürültü metodu ile ulaşılan sonuçlara eş değerdir. Deney standardında belirtilen hesaplama yöntemleri ve elde edilen veriler kullanılarak çınlama odasının boş ve numuneli durumlardaki eş değer ses absorplama alanları (A_1/A_2), çınlama süreleri (T), numunenin eş değer ses absorplama alanı (A_T) ve numunenin ses absorpsiyon katsayısı (α_s) hesaplanmaktadır (TS EN ISO 354, 2006).

3.2.16. Hava akış direncinin tayini

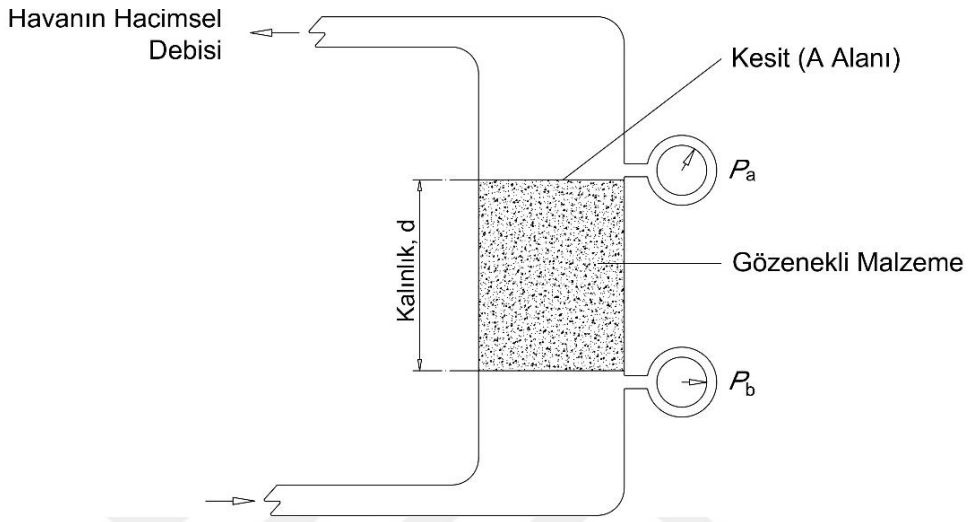
TS EN 29053'e göre yalnızca cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemelerinin hava akış direnci (AF_r) tespit edilmektedir (TS EN 13162+A1, 2015). Standart doğrultusunda, gözenekli malzemelerde malzemenin akustik özellikleri ve yapısı arasındaki ilişki incelenmektedir. Malzemelerin akustik uygulamalarda kullanılacağı durumlarda bu deneye başvurulmaktadır. Deney, doğrudan hava akış metodu (Metot A) ve dalgalı hava akış metodu (Metot B) olmak üzere iki farklı yönteme sahiptir (TS EN 29053, 1996).

Doğrudan hava akış (Metot A) ve dalgalı hava akış metotlarının (Metot B) her ikisinde de ölçme hücresi ve numune kalınlığını ölçecek bir cihaz kullanılmaktadır. Ölçme hücresi numune tutucu ve deney hacmi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Doğrudan hava akış metodunda ekstra olarak düzenli hava akışı üretmek, havanın hacimsel debisini ölçmek ve deney numunesi üzerindeki basınç farkını ölçmek için cihazların bulunması gerekmektedir. Dalgalı hava akış metodunda ise doğrudan hava akış metodundan farklı olarak dalgalı hava akışı üretmek ve deney numunesi ile kapatılmış deney hacminde basıncın dalgalı bileşenini ölçmek için gerekli cihazlar bulunmaktadır. Kurulan düzenek içerisinde ölçülecek olan basınç farkı ve debinin %5 doğruluk oranıyla ölçülmesi gerekmektedir (TS EN 29053, 1996).

Deneye tabi tutulacak ısı yalıtım malzemesi lifli, yumuşak ya da sıkıştırılabilir bir yapıya sahip ise numune boyutlarının, sızıntı oluşmasını önleyebilmek amacıyla ölçme hücresinin boyutundan bir miktar geniş olması gerekmektedir. Deneyde kullanılacak malzeme katı bir malzeme ise kenar yalıtımının iyi yapılması şartı ile numune boyutu ölçme hücresinin boyutuyla aynı olmaktadır. Deney numunelerinin kalınlıkları, basınç değişiminin ölçülebilmesine imkan sağlayacak şekilde belirlenmektedir. Numunelerin kalınlığı basınç değişimini oluşturabilmek için yeterli değil ise en fazla beş tane olmak üzere numuneler üst üste konabilmektedir. Deney, en az üç numune ile gerçekleştirilmektedir (TS EN 29053, 1996).

Doğrudan hava akış metodunda bir diğer adıyla Metot A'da numuneler, kenarları en az 90 mm olan kare kesitli ya da iç çapı en az 95 mm olan silindir boru şeklinde hazırlanmaktadır. Numuneler, yerleştirilecekleri ölçme hücresinin formuna uygun olacak

şekilde seçilmektedir. Şekil 3.38'de gösterildiği gibi ölçme hücresine yerleştirilen numunenin içerisinden tek yönlü hava akımı geçirilmekte ve numunenin iki ucu arasındaki basınç düşmesi tespit edilmektedir (TS EN 29053, 1996). Şekil 3.39'da bu metodun uygulanmasında kullanılan cihaz gösterilmektedir.

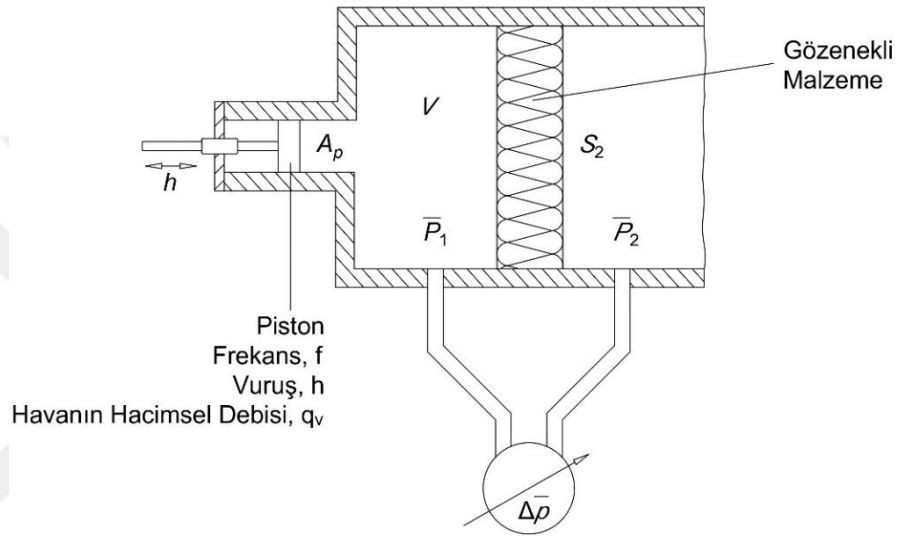


Şekil 3.38. Doğrudan hava akış metodunun (Metot A) şematik gösterimi (TS EN 29053, 1996)



Şekil 3.39. Doğrudan hava akış metodunda (Metot A) kullanılan deney cihazı (Anonim, 2023v)

Dalgalı hava akış metodunda yani Metot B'de kullanılacak olan deney hücresinin yüksekliği, numunenin kalınlığından en az 100 mm daha fazla olmalıdır. Metot A'da belirtilen ölçülerde kare kesitli ya da silindir boru şeklinde numuneler hazırlanmaktadır. Numune, deney hücresinde yer alan tutucunun içerisine yerleştirilmekte ve numunenin içinden yavaş dalgalı hava akımı geçirilmektedir. Bu işlem sonucunda numune ile kapatılan deney hücresinde basıncın dalgalı bileşeni ölçülmektedir (TS EN 29053, 1996). Şekil 3.40'da deney düzeneğinin şematik gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 3.40. Dalgalı hava akış metodunun (Metot B) şematik gösterimi (TS EN 29053, 1996)

Hava akış direnci deneyinde hangi yöntemin tercih edildiği fark etmeksizin numuneler ilk olarak ölçme hücresine yerleştirilmektedir. Numunenin üst yüzeyine yerleştirilen ve hafif bir baskı uygulayan cihaz ile numune kalınlığı ölçülmektedir. Numunenin sıkıştırılmış ya da serbest hacminin hesaplanmasında kullanılan bu kalınlık değeri not edilmelidir. Numunenin sıkıştırılmış ya da serbest hacim değerlerinin elde edilmesiyle de sıkıştırılmış ya da serbest yoğunluk değerlerine ulaşılmaktadır. Deney numunesinin doğrusal hava akış hızının artırılmasıyla spesifik hava akış dayanımı belirlenmektedir. Basınç düşmesi ise doğrusal ya da doğrudan hava akış hızının alt sınırının kademeli olarak düşürülmesiyle belirlenmektedir. Hava akışındaki azalma küçük oranlarda gözlemlendiğinde, deney numunelerinin her biri için doğrusal hava akış hızı - spesifik

hava akış dayanımı grafiği oluşturulmaktadır. Bu sayede, spesifik hava akış direnci elde edilen grafikteki değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır (TS EN 29053, 1996).

3.3. Alan Çalışması: Isı Yalıtım Malzemelerinin Deneysel Yöntemlere ve Standartlara Uygunluğunun Mimarlık Ofisleri Tarafından Dikkate Alınma Durumunun İncelenmesi, Bursa Örneği

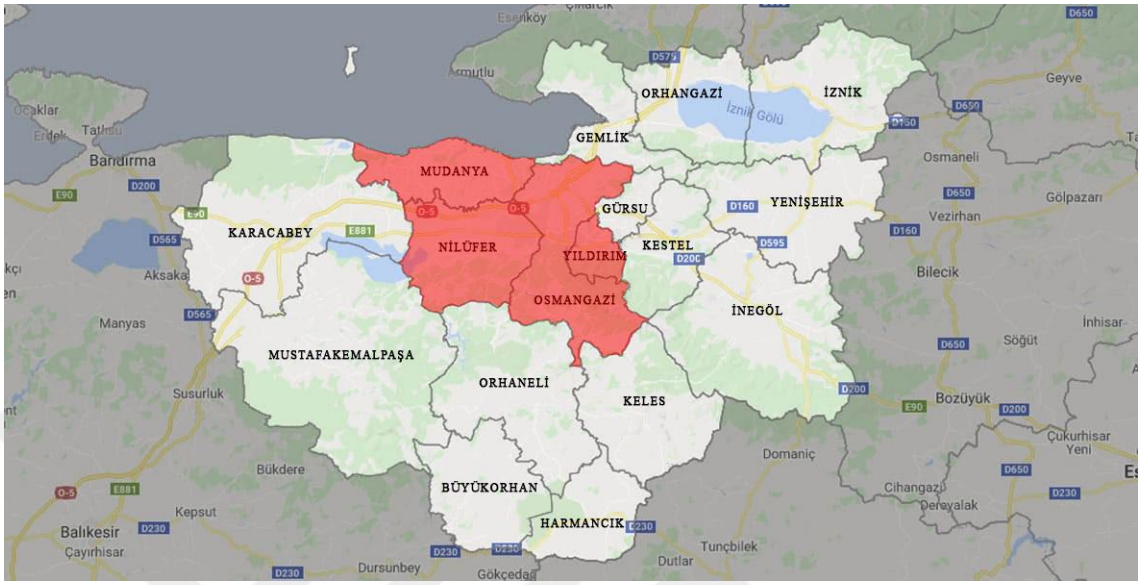
Çalışmanın bu bölümünde Bursa İli'nde gerçekleştirilen alan çalışması değerlendirilmiştir. Bu alan çalışmasında anketler Bursa İli'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.41). Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer alan Bursa İli toplamda 10.886,38 km² yüz ölçümüne ve 2022 yılında elde edilen verilere göre 3.194.720 nüfusa sahiptir (TÜİK, 2023). Bursa'nın kuzeyinde yer alan Marmara Denizi 135 km'lik bir kıyı şeridi oluşturmakta ve denize göre yüksekliği 155 m olan şehrin yaklaşık %35'i dağlardan oluşmaktadır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2023). Bursa; Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, Kestel ve Gürsu merkez ilçeler olmak üzere toplamda 17 ilçe, 230 belde ve 659 köy yerleşiminden oluşmaktadır. Merkez ilçeler haricindeki ilçeler Mudanya, Karacabey, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Büyükorhan, Harmancık, Keles, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi ve Gemlik'tir.



Şekil 3.41. Anket çalışmasının gerçekleştirildiği Bursa İli'nin konumu (Anonim, 2023y)

Anketler toplamda 2.191.482 nüfusa sahip olan Nilüfer, Osmangazi, Yıldırım ve Mudanya ilçelerinde yer alan mimarlık ofisleri ile yapılmıştır (Şekil 3.42). Çalışmadan

elde edilen verilerin mimarlık ofislerinin genelini kapsaması amacıyla ulaşılabilen mimarlık ofislerinin her biri ile görüşülerek anketler tamamlanmıştır.



Şekil 3.42. Bursa İli'nde anket çalışmasının gerçekleştirildiği ilçeler (Yazar tarafından düzenlenmiştir) (Anonim, 2023z)

Toplamda 150 farklı mimarlık ofisi ile yapılan alan çalışmasında mimarlar ile görüşmeler yapılarak anket çalışması uygulanmıştır. Mimarlık ofislerinin ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili görüşleri, test yöntemlerine başvurma durumları ve standartlara uygunluğun ofisler tarafından önemi hakkında fikir sahibi olmak adına yapılan anket çalışması 5 bölümden ve toplam 21 sorudan oluşmaktadır. Tezin bu bölümünde anket çalışması sonucunda elde edilen veriler "Sayı" ve "Oran (%)" şeklinde yorumları ile yer almaktadır.

Anketin ilk bölümünde ofisin faaliyet yılı, ofiste çalışan mimar sayısı, yıllık ortalama proje sayısı gibi künye bilgilerinin yanında ofisin Enerji Kimlik Belgesi (EKB) çıkarma yetkisi ve uygulamalarında ısı yalıtım malzemesini kullanmadan önce test laboratuvarına başvurma durumları sorulmuştur (Çizelge 3.3'ten Çizelge 3.9'a). İkinci bölümde ofislerin ısı yalıtım projelerinde tercih önceliklerine göre verilen ısı yalıtım malzemeleri arasında sıralama yapmaları istenmiştir (Çizelge 3.10'dan Çizelge 3.13'e). Bir sonraki bölümde yapıda ısı yalıtım uygulamasının yapılacağı duvar, çatı ve döşemede ofislerin tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı sorulmuştur (Çizelge 3.14'ten Çizelge 3.16'ya). Dördüncü bölümde ise çeşitli kriterler verilmiş ve ofislerin ısı yalıtım malzemesi seçim

önceliklerine göre bu kriterler arasında sıralama yapmaları istenmiştir (Çizelge 3.17'den Çizelge 3.21'e). Son bölüm olan beşinci bölümde 5'li likert ölçeği ile 12 adet soru sorulmuş ve ofislerinin ısı yalıtımı hakkındaki görüşleri değerlendirilmiştir (Çizelge 3.22'den Çizelge 3.33'e).

Çizelge 3.3. Ofisin faaliyet süresi

Veriler	Sayı	Oran (%)
0-5 yıl	56	37,3
6-10 yıl	32	21,3
11-15 yıl	17	11,3
16-20 yıl	23	15,3
21-25 yıl	5	3,3
26-30 yıl	9	6,0
31 yıl ve üstü	8	5,3

Çizelge 3.3 incelendiğinde anketin gerçekleştirildiği ofislerin çoğunlukla %37,3'lük bir oran ile faaliyet göstermeye yeni başlamış sayılabilecek 0-5 yıllık ofisler olduğu görülmektedir. Ardından çalışma verilerini %21,3 ile 6-10 yıllık ofisler ve %15,3 ile 16-20 yıllık ofisler oluşturmaktadır. %11,3 oran ile 17 mimarlık ofisi 11-15 yıldır faaliyet göstermektedir. Sonrasında sırasıyla %6,0 ile 26-30 yıllık ofisler, %5,3 oran ile 31 yıllık ve üstü ofisler ve son olarak da %3,3'lük 21-25 yıllık ofisler gelmektedir.

Çizelge 3.4. Ofiste çalışan mimar sayısı

Veriler	Sayı	Oran (%)
1-3 kişi	101	67,3
4-6 kişi	32	21,3
7-9 kişi	6	4,0
10-12 kişi	3	2,0
13-15 kişi	2	1,3
16 kişi ve üstü	6	4,0

Anket çalışması yapılan ofislerin %67,3'ünde çalışan mimar sayısı 1-3 aralığında bulunmaktadır. %21,3'ünde 4-6 mimar çalışmakta iken 7-9 mimar ve 16 kişi ve üstü

mimarın bulunduğu ofisler %4,0 oranına sahiptir. %2,0 ile 3 ofiste 10-12 mimar ve %1,3 ile 2 ofiste 13-15 aralığında mimar çalışmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.5. Ofiste yapılan yıllık proje sayısı

Veriler	Sayı	Oran (%)
0-5 proje	25	16,7
6-10 proje	47	31,3
11-15 proje	38	25,3
16-20 proje	17	11,3
20 proje ve üstü	23	15,3

Ofislerde yıllık ortalama yapılan proje sayıları incelendiğinde %31,3'lük oran ile 47 ofis 6-10 proje yaparken ofislerin %25,3'ü de 11-15 proje yapmaktadır. Bu soruya 25 ofis %16,7 ile 0-5 proje cevabını vermiş iken ofislerin %15,3'ü 20 proje ve üstü olarak yanıtlamıştır. %11,3 oran ile yıllık 16-20 aralığında proje yapan ofislerin sayısı ise 17'dir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.6. Ofisin EKB çıkarma yetkisi

Veriler	Sayı	Oran (%)
Ofisin EKB çıkarma yetkisi var	46	30,7
Ofisin EKB çıkarma yetkisi yok	104	69,3

Çizelge 3.6'ya göre ofislerin %69,3'ünün yani 104 ofisin Enerji Kimlik Belgesi çıkarmaya yetkisinin olmadığı, %30,7'sinin ise Enerji Kimlik Belgesi çıkarmaya yetkisinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.7. Ofisin şantiyelerde ısı yalıtım malzemesi kullanmadan önce test laboratuvarına başvurma durumu

Veriler	Sayı	Oran (%)
Ofis test laboratuvarına başvuruyor	21	14,0
Ofis test laboratuvarına başvurmuyor	129	86,0

Ofislerin şantiyelerinde ısı yalıtım malzemesini kullanmadan önce test laboratuvarına başvurma durumları incelendiğinde %14,0 oran ile yalnızca 21 ofisin test laboratuvarlarına başvurduğu görülmektedir. Ofislerin %86,0'sı ise ısı yalıtımı ile ilgili herhangi bir test laboratuvarına başvurmamaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.8. Ofislerin tercih ettikleri test laboratuvarları

Veriler	Sayı	Oran (%)
Ofisin çalıştığı laboratuvar yok	129	86,0
TSE	6	4,0
ÇEVKAK	0	0,0
TEBAR	0	0,0
Diğer	15	10,0

Bu kısımda ofislerin ısı yalıtım malzemelerinin deney işlemleri için başvurdukları test laboratuvarları incelenmiştir. Çizelge 3.7'de belirtildiği üzere ofislerin %86,0'sı ısı yalıtım malzemeleri için test laboratuvarlarına başvurmamaktadır. %10,0'luk bir oranda 15 ofis diğer cevabını vermiş iken %4'ü TSE olarak yanıtlamıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.9. Ofislerin tercih ettikleri test laboratuvarları sorusuna diğer diyenlerin cevapları

Veriler	Sayı	Oran (%)
PROTEST	8	53,3
YAPITEST	5	33,3
Şenkaya Yapısal Analiz	2	13,3

Çizelge 3.8'de diğer cevabını veren 15 ofisin hangi firmalar ile çalıştıkları sorulmuş ve verilen cevaplara Çizelge 3.9'da yer verilmektedir. PROTEST firmasını %53,3 ile 8 ofis, YAPITEST firmasını %33,3'lük oranda ofis ve Şenkaya Yapısal Analiz'i %13,3 oranına sahip 2 ofis tercih etmektedir.

Çizelge 3.10. Ofislerin şantiyelerinde cam yününü tercih etme sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	34	22,7
2. sırada tercih ediliyor	50	33,3
3. sırada tercih ediliyor	29	19,3
4. sırada tercih ediliyor	37	24,7

Çizelge 3.10 incelendiğinde anketin gerçekleştirildiği ofislerin cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS arasından cam yününü %33,3'lük bir oran ile çoğunlukla 2. sırada tercih ettikleri görülmektedir. Cam yünü %24,7 oranla 37 ofis tarafından 4. sırada tercih edilmektedir. Ardından sırasıyla %22,7 ile 1. sırada ve %19,3 ile 3. sırada tercih edildiği görülmektedir.

Çizelge 3.11. Ofislerin şantiyelerinde taş yününü tercih etme sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	64	42,7
2. sırada tercih ediliyor	35	23,3
3. sırada tercih ediliyor	19	12,7
4. sırada tercih ediliyor	32	21,3

Ofisler belirtilen 4 ısı yalıtım malzemesi arasından taş yününü %42,7 oranıyla çoğunlukla ilk sırada tercih etmektedir. Ardından taş yünü sırasıyla 35 ofis tarafından %23,3 ile 2. sırada, 32 ofis tarafından %21,3 oranıyla 4. sırada ve 19 ofis tarafından %12,7 oranı ile 3. sırada tercih edilmektedir (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.12. Ofislerin şantiyelerinde EPS'yi tercih etme sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	35	23,3
2. sırada tercih ediliyor	20	13,3
3. sırada tercih ediliyor	45	30,0
4. sırada tercih ediliyor	50	33,3

Çizelge 3.12'ye bakıldığında EPS, ankette belirtilen malzemeler arasında en çok 4. sırada %33,3 oran ile 50 ofis tarafından tercih edildiği görülmektedir. Ardından %30,0 ile 3.

sırada seçilen EPS, %23,3'lük bir oran ile 1. sırada tercih edilmektedir. EPS tercih sırasına göre 20 ofis ve %13,3 oran ile 2. sırada yer almaktadır.

Çizelge 3.13. Ofislerin şantiyelerinde XPS'i tercih etme sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	17	11,3
2. sırada tercih ediliyor	45	30,0
3. sırada tercih ediliyor	57	38,0
4. sırada tercih ediliyor	31	20,7

XPS sırasıyla %38,0'lik bir oran ile 57 ofis tarafından 3. sırada, %30,0 ile 45 ofis tarafından 2. sırada ve %20,7 oran ile 31 ofis tarafından 4. sırada tercih edilmektedir. Ardından XPS'in %11,3 ile ilk sırada tercih edildiği sonucuna ulaşılmaktadır (Çizelge 3.13).

Ofislere ısı yalıtım uygulamalarında taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS haricinde herhangi bir ısı yalıtım malzemesi tercih edip etmedikleri sorusu yöneltilmiştir. Bu soruya cam köpüğü, betopan kaplama malzemesi ve ısı yalıtımlı gazbeton olmak üzere 3 farklı yanıt verilmiştir.

Çizelge 3.14. Ofislerin duvarlarda tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı

Veriler	Sayı	Oran (%)
0-3 cm	12	8,0
4-6 cm	112	74,6
7-10 cm	12	8,0
11-14 cm	7	4,7
15 cm ve üstü	7	4,7

Ofislerin duvarlarda tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı incelendiğinde büyük bir oran olan %74,6 ile 112 ofisin 4-6 cm yalıtım kalınlığını tercih ettiği görülmektedir. 0-3 cm ve 7-10 cm yalıtım kalınlığını ofislerin %8,0'i seçmekte iken 11-14 cm ve 15 cm ve üstü yalıtım kalınlığını ofislerin %4,7'si tercih etmektedir (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.15. Ofislerin çatılarda tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı

Veriler	Sayı	Oran (%)
0-3 cm	13	8,7
4-6 cm	44	29,3
7-10 cm	65	43,3
11-14 cm	11	7,3
15 cm ve üstü	17	11,3

Çizelge 3.15'e göre ofisler çatılarda %43,3 ile çoğunlukla 7-10 cm yalıtım kalınlığını tercih etmekte iken ofislerin %29,3'ü ise 4-6 cm aralığında malzeme kullanmaktadır. %11,3'lük bir oran ile 17 ofis 15 cm ve üstü yalıtım kalınlığını, %8,7 ile 13 ofis ise 0-3 cm aralığını seçmektedir. Son olarak %7,3 oranı ile 11-14 cm ofisler tarafından en az tercih edilen yalıtım kalınlığıdır.

Çizelge 3.16. Ofislerin döşemelerde tercih ettikleri ortalama yalıtım kalınlığı

Veriler	Sayı	Oran (%)
0-3 cm	70	46,7
4-6 cm	51	34,0
7-10 cm	9	6,0
11-14 cm	6	4,0
15 cm ve üstü	14	9,3

Döşemelerde tercih edilen ortalama yalıtım kalınlığının incelendiği Çizelge 3.16'da %46,7 oranıyla 0-3 cm aralığının en çok tercih edilen yalıtım kalınlığı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. %34,0'lük oran ile 51 ofis 4-6 cm yalıtım kalınlığını seçerken ofislerin %9,3'ü döşemelerde 15 cm ve üstü yalıtım kalınlığını kullanmaktadır. Ardından sırası ile %6,0 ile 7-10 cm ve %4,0 ile 11-14 cm aralığının tercih edildiği görülmektedir.

Çizelge 3.17. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "sağlığa etkisinin" önem sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	20	13,3
2. sırada tercih ediliyor	22	14,7
3. sırada tercih ediliyor	29	19,3
4. sırada tercih ediliyor	33	22,0
5. sırada tercih ediliyor	46	30,7

Çizelge 3.17 incelendiğinde ofislerin ısı yalıtım malzemesinin sağlığa etkisi, ekonomikliği, standartlara uygunluğu, ısı iletim katsayısında küçük değere sahip olması ve yangına karşı davranışı kriterleri arasından ısı yalıtım malzemesinin sağlığa etkisini %30,7'lik bir oran ile çoğunlukla 5. sırada tercih ettikleri görülmektedir. Isı yalıtım malzemesinin sağlığa etkisi kriteri %22,0 oranla 33 ofis tarafından 4. sırada tercih edilmektedir. Ardından sırasıyla %19,3 ile 3. sırada, %14,7 ile 2. sırada ve %13,3 oranı ile 1. sırada tercih edildiği görülmektedir.

Çizelge 3.18. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinde "ekonomikliğin" önem sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	32	21,3
2. sırada tercih ediliyor	33	22,0
3. sırada tercih ediliyor	36	24,0
4. sırada tercih ediliyor	21	14,0
5. sırada tercih ediliyor	28	18,7

Ofisler, belirtilen 5 seçim kriteri arasından ısı yalıtım malzemesinin ekonomikliğini %24,0 oranıyla çoğunlukla 3. sırada tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Ardından bu kriter sırası ile %22,0 oranıyla 2. sırada, %21,3 ile 1. sırada, %18,7 ile 5. sırada ve %14,0 oranı ile 21 ofis tarafından 4. sırada tercih edilmektedir (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.19. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinde "standartlara uygunluğun" önem sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	32	21,3
2. sırada tercih ediliyor	38	25,3
3. sırada tercih ediliyor	30	20,0
4. sırada tercih ediliyor	27	18,0
5. sırada tercih ediliyor	23	15,3

Isı yalıtım malzemesinin standartlara uygunluğu, ankette belirtilen seçim kriterleri arasında en çok 2. sırada %25,3 oran ile 38 ofis tarafından tercih edilmektedir. Ardından %21,3 ile 1. sırada tercih edilen standartlara uygunluk kriterinin %20,0'lik bir oran ile 3. sırada, %18.0 oranıyla 4. sırada ve %15,3 oranı ile 23 ofis tarafından 5. sırada tercih edildiği görülmektedir (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.20. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "ısı iletkenlik katsayısının düşük değere sahip olmasının" önem sırası

Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	47	31,3
2. sırada tercih ediliyor	31	20,7
3. sırada tercih ediliyor	22	14,7
4. sırada tercih ediliyor	32	21,3
5. sırada tercih ediliyor	18	12,0

Isı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısının küçük değere sahip olması kriteri ise %31,3'lük bir oran ile 47 ofis tarafından en çok 1. sırada tercih edilmektedir. Bu kriter %21,3 ile 32 ofis tarafından 4. sırada ve %20,7 oran ile 31 ofis tarafından 2. sırada tercih edilmektedir. Ardından ısı iletim katsayısının küçük değere sahip olması seçim kriteri %14,7 oran ile 3. sırada ve %12,0 ile son sırada tercih edilmektedir (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.21. Ofisler için ısı yalıtım malzemesinin "yangına karşı davranışının" önem sırası

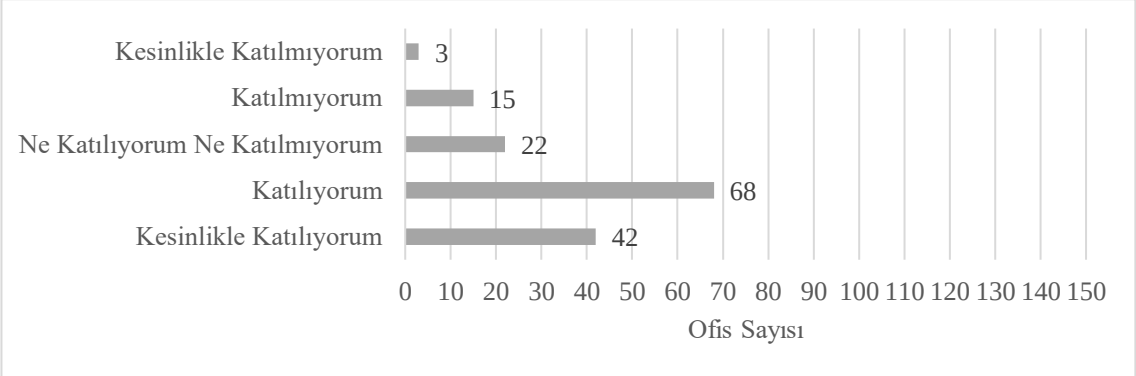
Veriler	Sayı	Oran (%)
1. sırada tercih ediliyor	19	12,7
2. sırada tercih ediliyor	26	17,3
3. sırada tercih ediliyor	33	22,0
4. sırada tercih ediliyor	37	24,7
5. sırada tercih ediliyor	35	23,3

Çizelge 3.21 incelendiğinde ısı yalıtım malzemesinin yangına karşı davranışının %24,7 ile 37 ofis tarafından 4. sırada tercih edilen bir seçim kriteri olduğu görülmektedir. Yangına karşı davranış kriteri tercih sırasına göre %23,3 ile 5. sırada, %22,0 ile 3. sırada, %17,3 oranı ile 2. sırada yer almaktadır. Son olarak %12,7 oranıyla bu seçim kriteri ofisler tarafından en az 1. sırada tercih edilen bir kriterdir.

Ofislere ısı yalıtım malzemesinin sağlığa etkisi, ekonomikliği, standartlara uygunluğu, ısı iletim katsayısında küçük değere sahip olması ve yangına karşı davranışı kriterleri haricinde ısı yalıtım malzemesi seçim aşamasında başka bir kriterlerinin olup olmadığı sorulmuş ve eğer farklı bir seçim kriterleri bulunuyor ise bunu belirtmeleri istenmiştir. Bunun üzerine malzemenin hem ısı hem de su yalıtımını aynı anda sağlayabiliyor olmasının malzeme seçim aşamasında öncelik verdikleri kriterlerden biri olduğunu belirten bir ofis olmuştur.

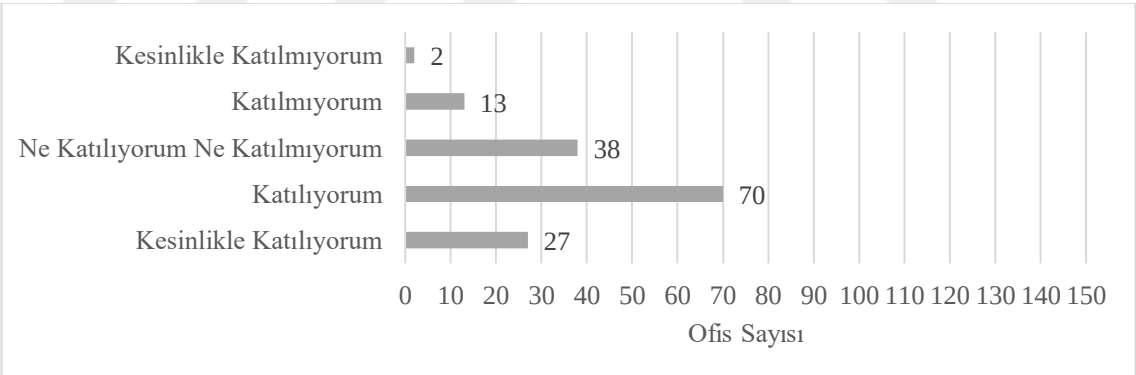
Anketin son bölümünde, ofislerin ısı yalıtımı ile ilgili genel görüşleri hakkında fikir edinebilmek amacıyla ofislere 5'li likert ölçeği ile on iki ifade yöneltilmiştir. Aşağıda her bir ifadeye verilen cevaplar, ofis sayısını ifade eder biçimde çubuk grafikler halinde gösterilmiştir (Çizelge 3.22, Çizelge 3.23, Çizelge 3.24, Çizelge 3.25, Çizelge 3.26, Çizelge 3.27, Çizelge 3.28, Çizelge 3.29, Çizelge 3.30, Çizelge 3.31, Çizelge 3.32, Çizelge 3.33). On iki soruya verilen cevapların oran (%) olarak ifade edildiği tablo ise bu bölümün sonunda yer almaktadır (Çizelge 3.34).

Çizelge 3.22. "Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır" ifadesinin yanıtları



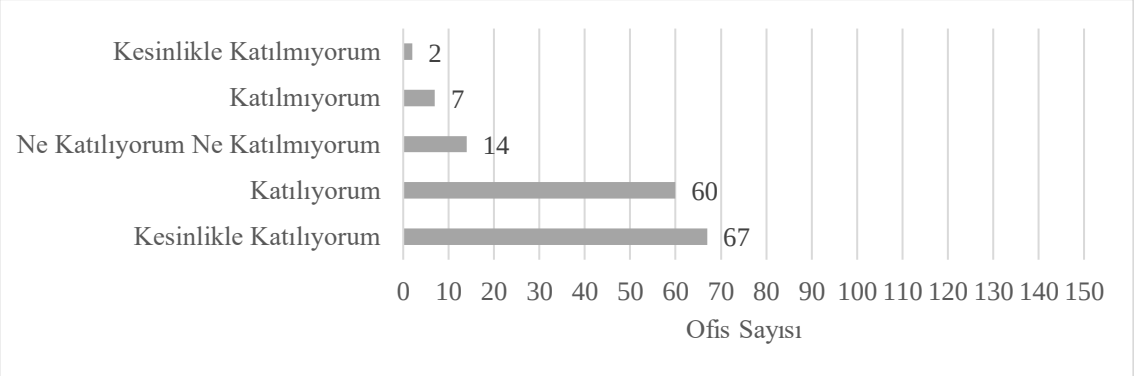
Çizelge 3.22 incelendiğinde "Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır" ifadesine 68 ofis %45,3 oranı ile katılıyorum, 42 ofis %28,0 ile kesinlikle katılıyorum, 22 ofis ne katılıyorum ne katılmıyorum, 15 ofis katılmıyorum ve %2,0 ile 3 ofis ise bu fikre kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir.

Çizelge 3.23. "Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder" ifadesinin yanıtları



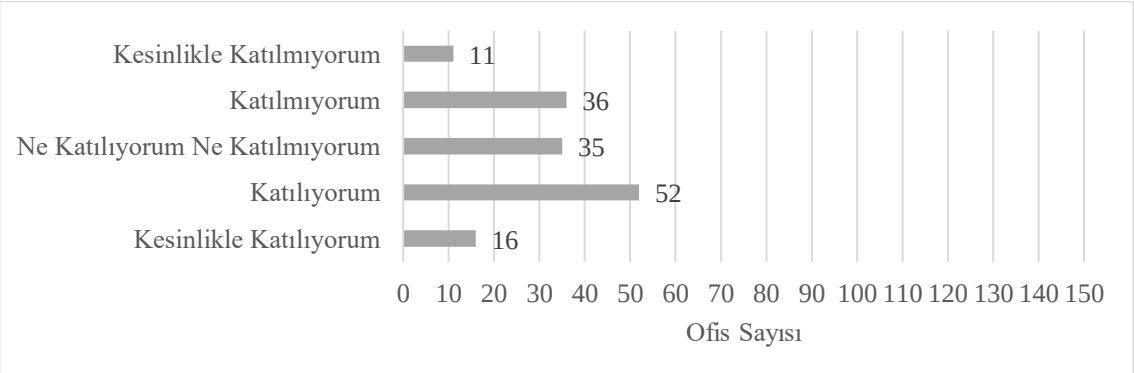
"Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder" ifadesine %46,7 oranıyla 70 ofis katılıyorum yanıtını vermiştir. 38 ofis arada kalarak ne katılıyorum ne katılmıyorum, 27 ofis kesinlikle katılıyorum, %8,7 ile 13 ofis katılmıyorum ve %1,3'lük bir oranla 2 ofis ise kesinlikle katılmıyorum seçeneğini seçmiştir (Çizelge 3.23).

Çizelge 3.24. "Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz" ifadesinin yanıtları



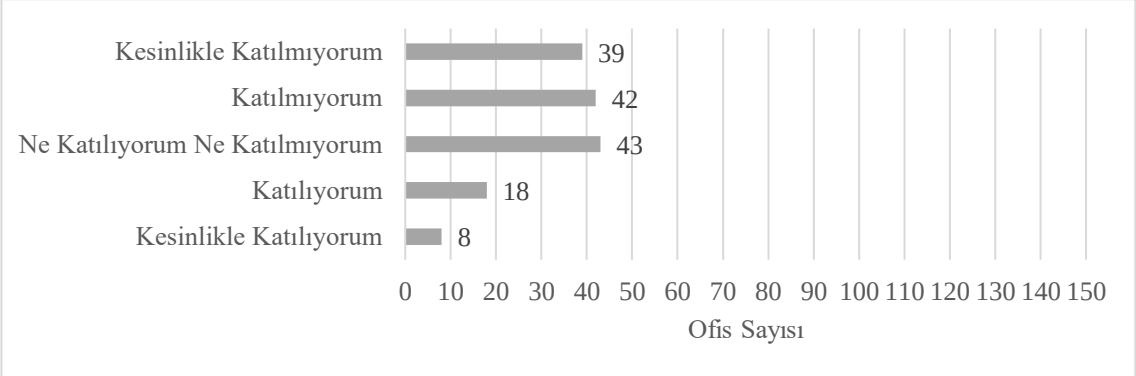
"Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz" ifadesi %44,7 ile 67 ofis tarafından kesinlikle katılıyorum ve 60 ofis tarafından katılıyorum cevaplarını almıştır. 14 ofisin ne katılıyorum ne katılmıyorum seçeneğini tercih ederek arada kaldığı görülmüştür. 7 ofis katılmıyorum derken %1,3 oranıyla 2 ofis ise kesinlikle katılmıyorum seçeneğini tercih etmiştir (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.25. "Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız" ifadesinin yanıtları



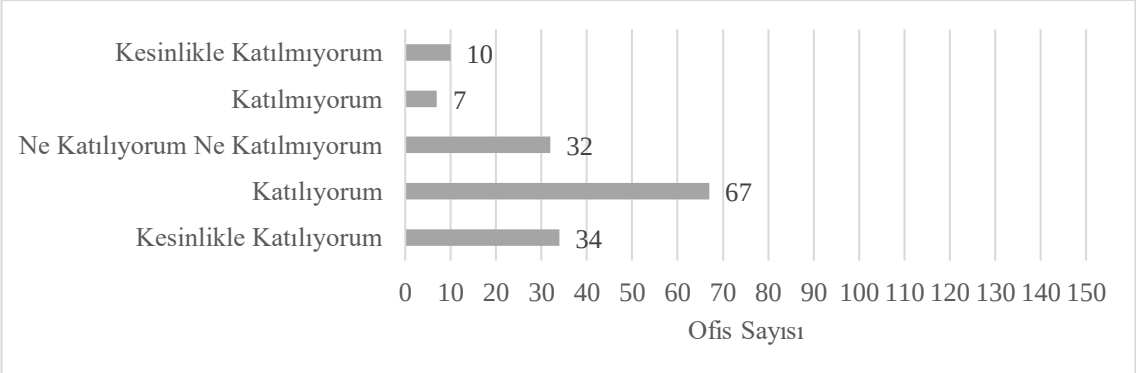
Çizelge 3.25 incelendiğinde "Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız" ifadesine 52 ofis %34,7 oranı ile katılıyorum derken 36 ofis katılmıyorum yanıtını vermiştir. 35 ofis ise %23,3 oranı ile kararsız kalarak ne katılıyorum ne katılmıyorum demiştir. Kesinlikle katılıyorum seçeneğini %10,7'lik bir oranla 16 ofis, kesinlikle katılmıyorum seçeneğini ise %7,3 ile 11 ofis seçmiştir.

Çizelge 3.26. "Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz" ifadesinin yanıtları



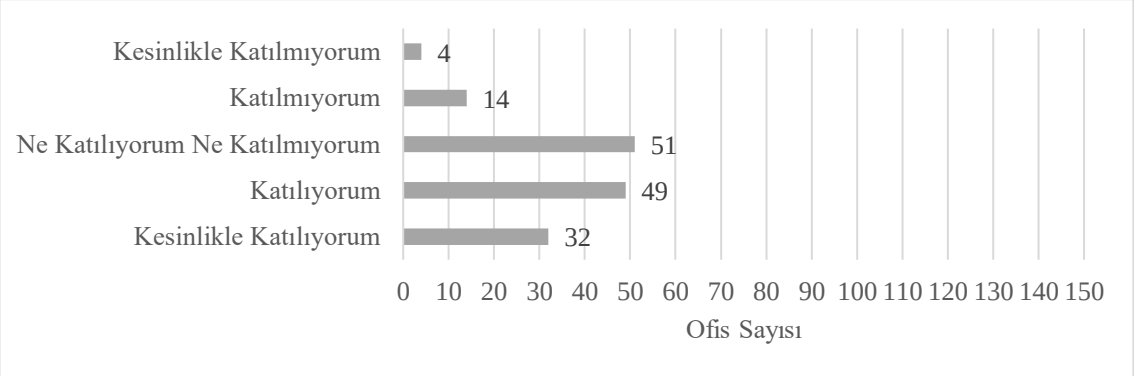
"Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz" ifadesinde %28,7 oranı ile 43 ofis ne katılıyorum ne katılmıyorumu seçmiştir. Ardından 42 ofis katılmıyorum, 39 ofis ise kesinlikle katılmıyorum seçeneğini tercih etmiştir. %12,0 ile 18 ofis katılıyorum ve 8 ofis kesinlikle katılıyorum yanıtını vermiştir (Çizelge 3.26).

Çizelge 3.27. "Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir" ifadesinin yanıtları



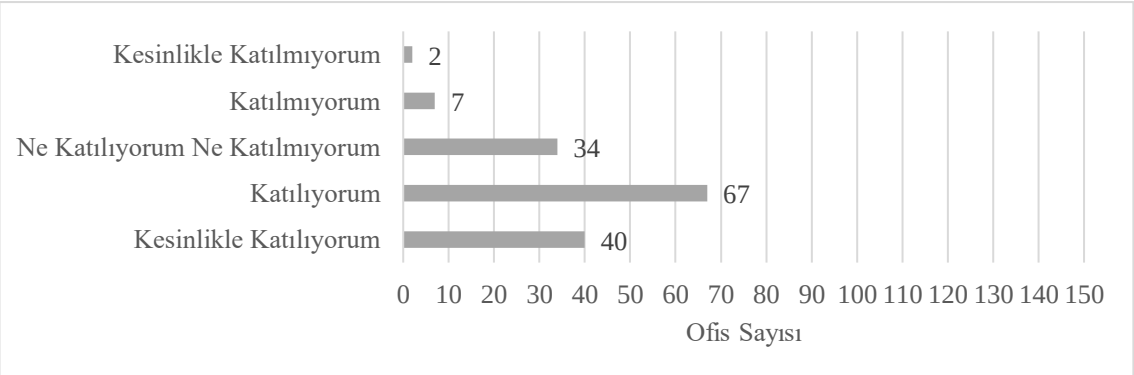
"Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir" ifadesine ofislerin %44,7'sini oluşturan 67 ofis katılıyorum seçeneğini seçmiştir. 34 ofis kesinlikle katılıyorum derken 32 ofis ne katılıyorum ne katılmıyorum demiştir. Kesinlikle katılmıyorum10 ofis tarafından, katılmıyorum ise %4,7 oranıyla 7 ofis tarafından tercih edilmiştir (Çizelge 3.27).

Çizelge 3.28. "Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir" ifadesinin yanıtları



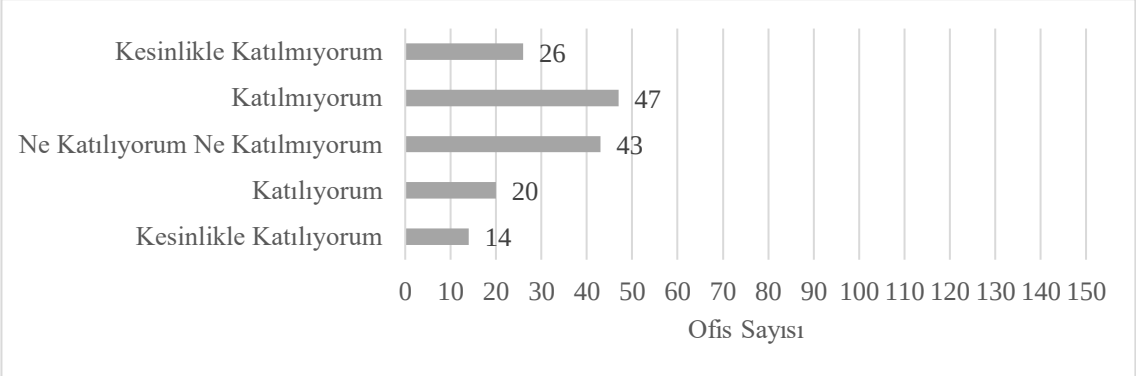
Çizelge 3.28 incelendiğinde "Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir" ifadesine 51 ofis %34,0 oranı ile ne katılıyorum ne katılmıyorum yanıtını vermiştir. 49 ofis ise %32,7 ile katılıyorum demiştir. Ardından sırasıyla ofislerin 32'si kesinlikle katılıyorum, 14'ü katılmıyorum ve %2,7 ile 4 ofis ise bu fikre kesinlikle katılmıyorum seçeneğini seçmiştir.

Çizelge 3.29. "Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz" ifadesinin yanıtları



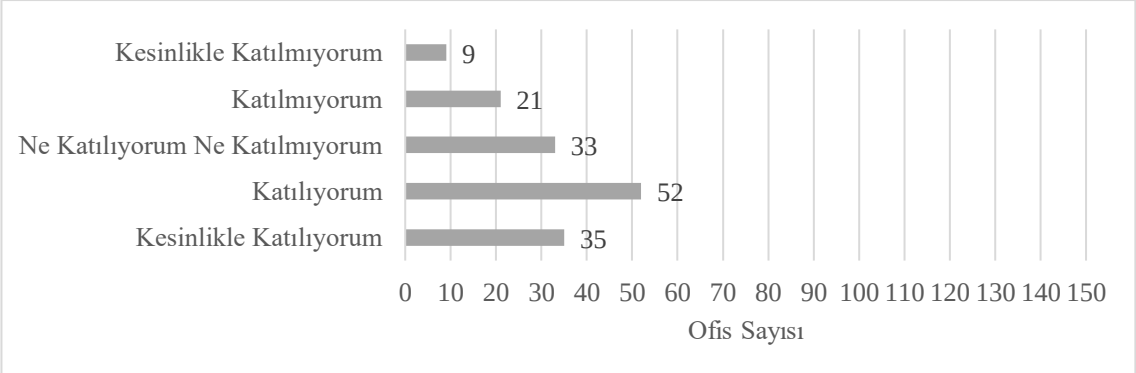
"Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz" ifadesinde %44,7 ile 67 ofis katılıyorum seçeneğini tercih etmiştir. 40 ofis kesinlikle katılıyorum derken 34 ofis ise ne katılıyorum ne katılmıyorum demiştir. Ardından %4,7 ile 7 ofis katılmıyorum ve %1,3'lük bir oranla 2 ofis kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir (Çizelge 3.29).

Çizelge 3.30. "Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız" ifadesinin yanıtları



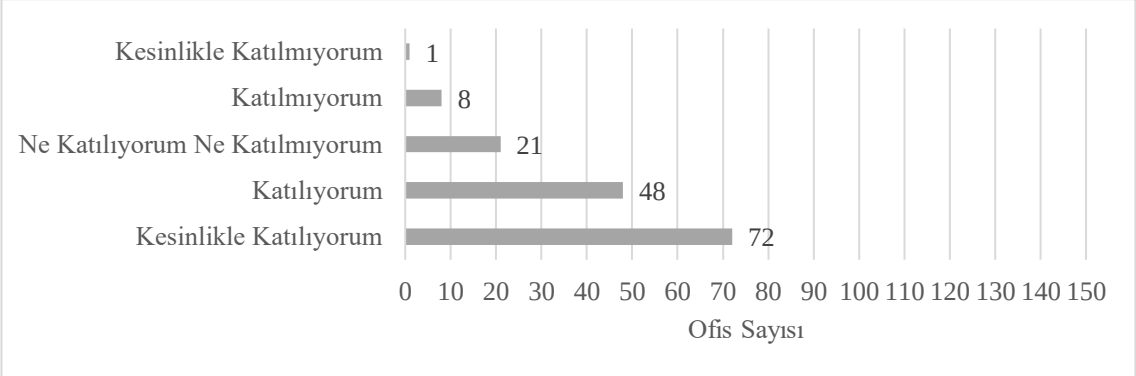
"Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız" ifadesine ofislerin %31,3'ünü oluşturan 47 ofis katılmıyorum seçeneğini seçerken %28,7 oranı ile 43 ofis ne katılıyorum ne katılmıyorum seçeneğini tercih etmiştir. Kesinlikle katılmıyorum26 ofis tarafından, katılıyorum 20 ofis tarafından ve kesinlikle katılıyorum %9,3 oranıyla 14 ofis tarafından tercih edilmiştir (Çizelge 3.30).

Çizelge 3.31. "Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz" ifadesinin yanıtları



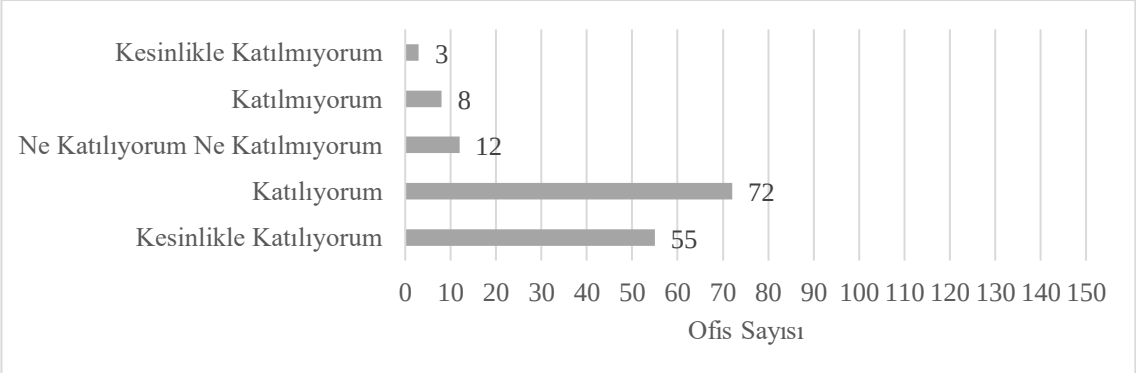
Çizelge 3.31 incelendiğinde "Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz" ifadesine %34,7 oranı ile 52 ofis katılıyorumu tercih etmiştir. Ardından 35 ofis kesinlikle katılıyorum derken 33 ofis ne katılıyorum ne katılmıyorum demiştir. Ofislerin 21'i katılmıyorum, %6,0 oranı ile 9 ofis ise kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir.

Çizelge 3.32. "Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız" ifadesinin yanıtları



"Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız" ifadesine 72 ofis kesinlikle katılıyorum yanıtını verirken %32,0 ile 48 ofis katılıyorum yanıtını vermiştir. Ardından sırasıyla ne katılıyorum ne katılmıyorum 21 ofis tarafından, katılmıyorum 8 ofis tarafından ve kesinlikle katılmıyorum seçeneği yalnızca 1 ofis tarafından tercih edilmiştir (Çizelge 3.32).

Çizelge 3.33. "Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız" ifadesinin yanıtları



"Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız" ifadesinde %48,0'lık bir oran ile 72 ofis katılıyorum yanıtını vermiştir. 55 ofis kesinlikle katılıyorumu seçerken %8,0 ile 12 ofis arada kalarak ne katılıyorum ne katılmıyorumu seçmiştir. Ardından 8 ofis katılmıyorum ve 3 ofis %2,0 oranıyla kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir (Çizelge 3.33).

Çizelge 3.34. Ofislerin ısı yalıtımı konusunda genel düşüncelerinin oran (%) olarak ifadesi

Sorular	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
	Oran (%)				
Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır	28,0	45,3	14,7	10,0	2,0
Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder	18,0	46,7	25,3	8,7	1,3
Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz	44,7	40,0	9,3	4,7	1,3
Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız	10,7	34,7	23,3	24,0	7,3
Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz	5,3	12,0	28,7	28,0	26,0
Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir	22,7	44,7	21,3	4,7	6,7
Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir	21,3	32,7	34,0	9,3	2,7
Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz	26,7	44,7	22,7	4,7	1,3
Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız	9,3	13,3	28,7	31,3	17,3
Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz	23,3	34,7	22,0	14,0	6,0
Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız	48,0	32,0	14,0	5,3	0,7
Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız	36,7	48,0	8,0	5,3	2,0

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'e uygulanan deney yöntemleri değerlendirilmiştir. Ardından Bursa'da yer alan mimarlık ofisleri ile gerçekleştirilen anket çalışmasından elde edilen veriler incelenmiştir. İncelenen deney yöntemleri ve yapılan anketler bağlamında ısı yalıtım malzemelerinin standartlara uygunluğunun önemi ve ofisler tarafından deneysel kontrol yöntemlerine başvurulma durumu değerlendirilmiştir.

Isı yalıtım malzemelerinin ilgili malzeme standartlarına ve malzemeden beklenen özelliklere uygunluğunun kontrolü amacıyla deneysel kontrol yöntemlerine başvurulmaktadır. Her bir malzeme ile ilgili hazırlanmış olan standartlar doğrultusunda, tezde belirtilen ısı yalıtım malzemelerine uygulanması gereken deneyler incelenmiştir. Bu tez çalışmasında incelenen cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemleri Çizelge 4.1'de listelenmiştir.

Çizelge 4.1. Cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'e, TSE Standartları'nda belirtildiği üzere uygulanması gereken deney yöntemleri

Deneyler		**Cam yünü**	**Taş yünü**	**EPS**	**XPS**
Isı Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Temel Deneyler	Isıl direnç ve ısıl iletkenlik tayini	✓	✓	✓	✓
	Uzunluk ve genişlik tayini	✓	✓	✓	✓
	Kalınlık tayini	✓	✓	✓	✓
	Gönyeden sapma tayini	✓	✓	✓	✓
	Yüzey düzlüğünün tayini	✓	✓	✓	✓
	Piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini	✓	✓	✓	✓
	Belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayini	✓	✓	✓	✓
	Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyut kararlılığının tayini			✓	✓
	Basınç dayanımının tayini	✓	✓	✓	✓
	Eğilme dayanımının tayini			✓	

Çizelge 4.1. Cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'e, TSE Standartları'nda belirtildiği üzere uygulanması gereken deney yöntemleri **(devam)**

Malzemenin Türüne ve Kullanım Yerine/Koşuluna Göre Uygulanan Spesifik Deneyler	Yüzeylere dik çekme dayanımının tayini	✓	✓	✓	✓
	Basınç altında sünme tayini	✓	✓	✓	✓
	Kesme özelliklerinin tayini	✓	✓	✓	✓
	Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini	✓	✓		
	Daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini	✓	✓	✓	✓
	Difüzyon ile uzun süreli su absorpsiyonunun tayini			✓	✓
	Donma-çözülme direncinin tayini			✓	✓
	Su buharı iletim özelliklerinin tayini	✓	✓	✓	✓
	Dinamik rijitliğin tayini	✓	✓	✓	
	Görünür yoğunluğun tayini			✓	
	Ses yutmanın tayini	✓	✓		
	Hava akış direncinin tayini	✓	✓		

Ülkemizde cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS ısı yalıtım malzemelerine uygulanan temel deneyler incelendiğinde belirtilen yalıtım malzemelerinin hepsinin bu deneylere tabi tutulması gerektiği görülmüştür. Bu doğrultuda ısıl direnç ve ısıl iletkenliğin tayini, uzunluk ve genişliğin tayini, kalınlığın tayini, gönyeden sapmanın tayini, yüzey düzlüğünün tayini ve piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini deneyleri cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'e uygulanmaktadır.

Malzemenin türüne ve kullanım yerine/koşuluna göre uygulanan spesifik deneylerden belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayinine cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS malzemelerin hepsi tabi tutulmaktadır. Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartlarında boyut kararlılığının tayini ise EPS ve XPS'e uygulanmaktadır. Basınç dayanımının tayin edildiği deney yönteminde cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'in her biri deneye tabi tutulmaktadır. Yalnızca EPS'ye uygulanan deney yöntemi ise eğilme dayanımının tayinidir. Cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'in her birinin tabi tutulduğu diğer deneyler ise yüzeylere dik çekme dayanımının tayini, basınç altında sünme tayini

ve kesme özelliklerinin tayini olarak sıralanmaktadır. Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini ise cam yünü ve taş yününe uygulanmaktadır. Daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini deneyine çalışmada belirtilen ısı yalıtım malzemelerinin hepsi tabi tutulmaktadır. Difüzyon ile uzun dönemli su absorpsiyonunun tayini ve donma-çözülme direncinin tayini EPS ve XPS üzerinde gerçekleştirilen deneylerdir. Su buharı iletim özelliklerinin tayini cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'in her biri üzerinde gerçekleştirilmektedir. Dinamik rijitlik cam yünü, taş yünü ve EPS yalıtım malzemelerine uygulanırken görünür yoğunluk yalnızca EPS ısı yalıtım malzemesine uygulanmaktadır. Bu grupta incelenen son deneyler olan ses yutmanın tayini ve hava akış direncinin tayini deneylerinde cam yünü ve taş yünü malzemeler deneye tabi tutulmaktadır.

Isı yalıtım malzemelerinin bu deney yöntemlerinden geçmiş ve standartlara uygun olmasının mimarlık ofisleri açısından öneminin tespiti amacıyla Bursa'da gerçekleştirilen anketler sonucunda, ofislerin çoğunluğunun 0-5 yıllık faaliyet göstermeye yeni başlamış sayılabilecek ofisler olduğu gözlenmiştir. 0-5 yıllık ofisler, toplamda 150 ofisin %37,3'ünü oluşturan 56 ofise denk gelmektedir. Buradan da son yıllarda yeni açılan ofis sayılarında artış olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür. Anket yapılan ofislerin her birinde çalışan mimar sayısı incelendiğinde ise en çok %67,3'lük oranla 101 ofiste 1-3 mimar çalıştığı görülmüştür. Buradan da yeni açılan ve gelişmekte olan ofislerin genelinde az sayıda mimarın çalıştığı sonucu çıkarılabilmektedir. Ofisler, yıllık yapmış oldukları proje sayıları açısından incelendiğinde çoğunlukla yılda 6-10 aralığında mimari proje hazırlandığı gözlenmiştir. Ortalama bir değer olarak kabul edilebilecek olan yıllık 6-10 proje, 47 ofis tarafından %31,3 oranıyla seçilmiştir.

Ofislerin Enerji Kimlik Belgesi çıkarma yetkilerinin bulunma durumu incelendiğinde çoğunlukla bu yetkiye sahip olunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. %69,3 ile 104 ofis EKB çıkarma konusunda yetkinliğe sahip değildir. Ofislerin, ısı yalıtım malzemelerini deneysel kontrol yöntemlerinden geçirmek amacıyla test laboratuvarlarına başvurma durumları incelendiğinde ise çok ciddi bir fark ortaya çıkmıştır. Anket yapılan ofislerin 129'u yani %86,0'sı test laboratuvarlarına başvurmadıklarını bildirmişlerdir. Bu doğrultuda ofislerin oldukça büyük bir kısmının, tercih ettikleri ısı yalıtım malzemesinin

standartlara uygun olup olmama durumuna dikkat etmedikleri ve bunun için kontrol yöntemlerine başvurmadıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Ofislerin cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS ısı yalıtım malzemelerini seçim önceliğinde ilk sırada yüksek yalıtım özelliği ve yangına karşı direncinin fazla olması sebebiyle taş yünü gelmektedir. İkinci sırada cam yünü, üçüncü sırada XPS'in tercih edildiği görülmüştür. Ardından dördüncü sırada EPS tercih edilmiştir. Çizelge 4.2'de ısı yalıtım malzemelerinin tercih edilme sıraları gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Isı yalıtım malzemelerinin tercih edilme sırası

Tercih Sırası	Isı Yalıtım Malzemeleri
1.	Taş yünü
2.	Cam yünü
3.	XPS
4.	EPS

Isı yalıtım uygulamalarında duvarlarda tercih edilen yalıtım kalınlığı ofislerin çoğu tarafından 4-6 cm olarak seçilmiştir. 10 cm üzerinde yalıtım kalınlığının oldukça düşük oranda tercih edildiğini de bu veriler doğrultusunda söylemek mümkündür. Ofislerin çatılarda sıklıkla tercih ettikleri yalıtım kalınlığı 7-10 cm olarak belirlenmiştir. Yapılan görüşmeler esnasında, ofislerin çoğunluğu döşemelerde ekstra bir yalıtım tercih etmediklerini bildirerek 0-3 cm yalıtım kalınlığını tercih etmişlerdir. Çizelge 4.3'te ısı yalıtım malzemelerinin yapılardaki uygulama yerlerine göre en çok tercih edilen yalıtım kalınlıkları gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Isı yalıtım malzemelerinin yapılarda uygulama yerine göre en çok tercih edildiği yalıtım kalınlığı

Uygulama Yeri	Isı Yalıtım Kalınlığı
Duvar	4-6 cm
Çatı	7-10 cm
Döşeme	0-3 cm

Ofislerin belirlenen kriterler arasında seçim önceliği değerlendirildiğinde ilk sırada ısı iletim katsayısında küçük değerin olduğu görülmüştür. İkinci sırada malzemenin standartlara uygunluğu ve üçüncü sırada ekonomikliği yer almıştır. Malzemenin yangın karşısındaki davranışı dördüncü sırada tercih edilirken son sırada malzemenin sağlığa etkisi yer almıştır. Çizelge 4.4'te ofislerin ısı yalıtım malzemelerinden bekledikleri kriterler öncelik sırasına göre listelenmiştir.

Çizelge 4.4. Belirlenen kriterlerin önem sırası

Tercih Sırası	Kriterler
1.	Isı iletkenlik katsayısında düşük değer
2.	Standartlara uygunluk
3.	Ekonomiklik
4.	Yangın karşısındaki davranış
5.	Sağlığa etki

Ofislerin ısı yalıtımı hakkındaki genel görüşlerinin değerlendirilebilmesi için 5'li Likert ölçeği ile yöneltilen ifadelerden anket puanı hesaplanmıştır. Anket puanı; ifadelerin her birine verilen cevaplardan kesinlikle katılıyorum 2, katılıyorum 1, ne katılıyorum ne katılmıyorum 0, katılmıyorum -1, kesinlikle katılmıyorum -2 ile çarpılarak bu değerlerin toplanması ile hesaplanmıştır. Çizelge 4.5'te hesaplanan anket puanına göre ofislerin kesinlikle katıldıkları ifadeler "yeşil", katıldıkları ifadeler "sarı", katılmadıkları ifadeler "turuncu" ve kesinlikle katılmadıkları ifadeler "kırmızı" ile ifade edilmiştir.

Çizelge 4.5. Ofislerin ısı yalıtımı hakkındaki genel görüşlerine dair elde edilen anket puanları

Sorular	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum	**Anket Puanı (Toplam)**
Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır	84	68	0	-15	-6	131
Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder	54	70	0	-13	-4	107
Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz	134	60	0	-7	-4	183
Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız	32	52	0	-36	-22	26
Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz	16	18	0	-42	-78	-86
Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir	68	67	0	-7	-20	108
Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir	64	49	0	-14	-8	91
Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz	80	67	0	-7	-4	136
Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız	28	20	0	-47	-52	-51
Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz	70	52	0	-21	-18	83
Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız	144	48	0	-8	-2	182
Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız	110	72	0	-8	-6	168

151 - 300 = Kesinlikle katılıyorum, 1 - 150 = Katılıyorum, (-1) - (-150) = Katılmıyorum, (-151) - (-300) = Kesinlikle katılmıyorum

Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Katılmıyorum Kesinlikle katılmıyorum

Elde edilen anket puanları doğrultusunda "Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır" ifadesine ofislerin katıldıkları sonucuna ulaşılmıştır. Kesinlikle katılıyorum ve katılıyorum seçenekleri toplamda %73,3 oranıyla

110 kişi tarafından seçilerek bu fikre ankete katılım sağlayan ofislerin çoğunluğunun katıldığı görülmüştür. “Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder” ifadesine toplam %64,7’lik bir oran ile 97 ofis bu görüşe katıldıklarını belirtmişlerdir. Bir diğer ifade olan “Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz” görüşüne ofisler yüksek oranda katıldıklarını belirtmişlerdir. Toplamda 127 ofisin %84,7 oranıyla bu fikre katıldığı görülmüştür. “Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız” ifadesine ofislerin katıldıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ofislerin %45,4’ü yani 68 ofis, bu görüşe katıldıklarını belirtmiştir.

“Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz” ifadesinde ise ofislerin bu fikre katılmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ofislerin %54,0’üne denk gelen 81 ofis kesinlikle katılmıyorum ve katılmıyorum seçeneklerini seçerek görüşlerini olumsuz yönde belirtmişlerdir. Her bir mimarlık ofisinin bu deneyleri yaptırmak için test laboratuvarına başvurması hem ekonomik açıdan hem de sürecin ilerleyişi bakımından çok makul bir beklenti değildir. Ancak ofislerin ısı yalıtım malzemesi seçim aşamasında, malzemenin deneysel kontrol yöntemlerinden geçmiş olmasını da bir kriter haline getirmeleri gerekmektedir. Bu kriter göz önünde bulundurularak uygulama alanına göre en uygun malzemenin seçilmesi ve yalıtım uygulamalarından alınacak verimin artışı sağlanabilir.

Bir diğer görüş olan “Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir” ifadesinde genel görüşün olumlu yönde olduğu görülmüştür. Toplamda 101 ofis, %67,4 oranı ile kesinlikle katılıyorum ve katılıyorum yanıtlarını vermiştir. %54,0’lük bir oran ile 81 ofis, “Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir” ifadesine katıldıklarını belirterek olumlu yönde tercih yapmışlardır. Anket puanı doğrultusunda “Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz” ifadesine ofislerin büyük bir kısmının katıldığı görülmüştür. Toplamda %71,4 oranıyla 107 ofis bu görüşe olumlu yanıt vermiştir. Ofislerin çoğunun katılmadığı “Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız” ifadesi %48,6 oranı ile 73 ofis tarafından kesinlikle katılmıyorum ve katılmıyorum yanıtlarını almıştır. “Isı yalıtım

malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz" görüşüne %58,0 oranıyla 87 ofisin genel görüşünün katılıyorum şeklinde olduğu çıkarılmıştır. "Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız" ifadesine toplam %80,0'lik bir oran ile 120 ofis tercihlerini kesinlikle katılıyorum ve katılıyorumdan yana kullanarak genel görüşlerinin olumlu yönde olduğunu belirtmişlerdir. "Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız" görüşüne ofislerin tercihlerinin katılıyorum yönünde olduğu görülmüştür. Toplam 127 ofis %84,7 oranı ile kesinlikle katılıyorum ve katılıyorum yanıtlarını vermiştir.

5. SONUÇ

Kentleşme, nüfus artışı gibi olayların gerçekleşmesi ile zaman içerisinde enerji kaynaklarının tüketimi artmıştır. Enerji tüketiminin enerji üretiminden fazla olması sebebiyle ülkeler enerjide dışa bağımlı hale gelmiştir. Bu bağımlılığın ve enerji tüketiminin azaltılması adına yapılarımızda ısı yalıtımı yapmanın zorunlu bir ihtiyaç olduğu açıkça ortadadır. Bunun yanında ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri ve yapıda kullanılmadan önce çeşitli deneysel yöntemlerden geçirilmeleri de oldukça önemli ve dikkat edilmesi gereken bir konudur.

1900'lü yıllardan itibaren yapı sektöründe karşımıza çıkmaya başlayan ısı yalıtım malzemeleri, 1970'li yıllar ile birlikte yapılarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Isı yalıtımının zaman içerisinde kullanımının giderek artması, enerji tüketiminin de artması sebebiyle beklenen bir şeydir. Isı yalıtım uygulamalarının artması beraberinde bu uygulamaların kontrolü amacıyla çeşitli yönetmelik, standart ve mevzuatlara gerekliliği ortaya çıkarmıştır.

Farklı uygulama yöntemleri ile ısı yalıtımında kullanılan malzemeler birçok çeşide sahiptir. Yapılarda kullanılacak olan bu ısı yalıtım malzemeleri seçilirken malzemelerin doğru üretilmiş olması, ilgili malzeme standartlarına uygun olması ve CE işaretine sahip olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin malzeme standartlarında belirtilen özelliklere uygunluğu, bu standartlarda belirtilen deneyler ile test edilmektedir. Bu malzemelerden beklenen performansın sağlanabilmesi için ısı yalıtım malzemelerinin deneysel kontrollerden geçmeleri gerekmektedir. Malzeme standardının yönlendirdiği deney standartlarına uygun olarak ısı yalıtım malzemeleri deneylere tabi tutulmaktadır. Ülkemizde bu deneysel kontrol yöntemleri TSE, ÇEVKAK ve TEBAR firmaları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Deneye tabi tutulacak numune, bulunduğu üretim grubu içerisinden rastgele alınmaktadır. Üretim grubu içinden alınan ısı yalıtım malzemesinin belirtilen deneylerden geçirilmesi sonucunda malzeme standartlara uyuyorsa o grup içerisindeki tüm ısı yalıtım malzemeleri standartlara uygun olarak değerlendirilmektedir. Ancak deney uygulanan malzemenin

standartlara uygun olmaması durumunda grupta yer alan tüm malzemelerin standartlara uygun olmadığı düşünülmektedir.

Ülkemizde ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemleri, ısı yalıtım malzemelerinin sahip olması gereken standartlar hakkında yeterli bilgi seviyesinde olunmadığının düşünülmesi ve bu konu ile ilgili açıklayıcı ve yeterli yazınsal kaynak bulunmaması sebebiyle çalışma konusu olarak seçilmiştir. Hazırlanan tez çalışmasının; ısı yalıtımı, ısı yalıtım malzemeleri, ülkemizdeki mevzuat ve standartların anlatıldığı ve yapılarda en çok karşılaştığımız ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler ile ilgili detaylı bilgiler içeren bir çalışma olması hedeflenmiştir.

Ülkemizde mimarlık ofislerinin ısı yalıtım malzemelerine ait standartlar hakkında yeterli bilgiye sahip olup olmama durumunun tespiti ve değerlendirilmesi amacıyla alan çalışması yapılmıştır. Bu tezde alan çalışması ile birlikte ülkemizde ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deney yöntemleri incelenmiş ve bu konuya açıklık getirilmiştir. Bursa İli'nde yer alan 150 mimarlık ofisi ile alan çalışması yapılmıştır. Alan çalışması kapsamında mimarlık ofisleri ile yapılan görüşmeler ve anketlerle özellikle ısı yalıtım malzemelerinin uygulanmadan önce deney yöntemlerinden geçirilme, kontrol edilme durumu ve bu durumların mimarlık ofisleri için önemi tespit edilmek istenmiştir.

Isı yalıtım malzemelerine uygulanan deneylerin gerçekleştirildiği firmalar olarak ÇEVKAK, TEBAR ve TSE'ye ulaşılmıştır. Bu doğrultuda akredite bir ısı yalıtım laboratuvarı olan ÇEVKAK firması ziyaret edilerek ve ilgili deney standartlarından yararlanılarak taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'ye uygulanan deney yöntemleri incelenmiştir. Uygulama yeri fark etmeksizin ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler; ısıl direnç ve ısıl iletkenlik tayini, uzunluk ve genişlik tayini, kalınlık tayini, gönyeden sapma tayini, yüzey düzlüğünün tayini ve piyasaya arz edilen mamulün yangına tepki sınıfının tayini başlıklarında incelenmiş olup taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS malzemelerinin her birine uygulanmaktadır.

Yapıdaki uygulama yerine göre ekstra olarak uygulanan deneyler ise; belirli nem ve sıcaklık şartları altında boyut kararlılığının tayini, belirli basınç yükü ve sıcaklık

şartlarında boyut kararlılığının tayini, basınç dayanımının tayini, eğilme dayanımının tayini, yüzeylere dik çekme dayanımının tayini, basınç altında sünme tayini, kesme özelliklerinin tayini, kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini, daldırma yöntemiyle uzun süreli su absorpsiyonunun tayini, difüzyon ile uzun dönemli su absorpsiyonunun tayini, donma-çözülme direncinin tayini, su buharı iletim özelliklerinin tayini, dinamik rijitliğin tayini, görünür yoğunluğun tayini, ses yutmanın tayini ve hava akış direncinin tayini başlıklarında incelenmiştir. Bu deneylerin bazıları cam yünü, taş yünü, EPS ve XPS'in her birine uygulanmaktayken bazı deneyler bu ısı yalıtım malzemelerinden yalnızca biri ya da birkaçına uygulanmaktadır.

Bursa'da mimarlık ofisleri ile gerçekleştirilen anket sonuçlarına bakıldığında ofislerin ısı yalıtım malzemelerinde önem verdikleri kriterler öncelik sırasına göre ısı iletim katsayısında küçük değer, standartlara uygunluk, ekonomiklik, yangın karşısındaki davranış ve sağlığa etki olarak sıralanmıştır. Yapılarda en çok tercih edilen yalıtım kalınlıklarının ise duvarlarda 4-6 cm, çatılarda 7-10 cm ve döşemelerde 0-3 cm olarak tercih edildiği görülmüştür. Ofislerin ısı yalıtım malzemesi seçiminde en çoktan en aza olacak şekilde sırasıyla taş yünü, cam yünü, XPS ve EPS'yi tercih ettikleri çalışmadan elde edilmiştir.

Bursa ili'nde faaliyet gösteren ısı yalıtım firmaları ile yapılan yüz yüze görüşmelerde; ofisler, firmalar tarafından ya da büyük ölçekli projelerde çoğunlukla yüksek yalıtım özelliği ve yanmaz bir malzeme olması nedeniyle taş yününün tercih edildiğini ancak bireysel yapılar için yapılan tercihlerde daha ekonomik bir malzeme olması nedeniyle EPS'nin tercih edildiğini belirtmişlerdir. Bursa İli'nde dış cephe yalıtım uygulamalarının yapıldığı duvarlarda yaklaşık 4-5 cm yalıtım kalınlığının uygulandığı ve yalıtım malzemelerinin hammaddelerinin oldukça yüksek bir oranda yurtdışından ithal edildiği bilgilerine ulaşılmıştır.

Yapılan ankette ofislerin çoğunluğu seçtikleri ısı yalıtım malzemelerinin standartlara uygunluğunun oldukça önemli bir kriter olduğunu ve malzemelerin standartlara uygunluğunu kontrol ettiklerini belirtmişlerdir. Ancak uygulamaya bakıldığında ofislerin oldukça az bir kısmının test laboratuvarlarına başvurarak malzemelerin standartlara

uygun olup olmadığını kontrol ettirdiği görülmüştür. Bunun sebebi olarak ülkemizde bu kontrolleri zorunlu tutan herhangi bir denetim mekanizmasının olmayışını göstermek mümkündür.

Isı yalıtım malzemelerinin standartlara uygunluğunun ve deneysel test yöntemlerinden geçmesinin önemi büyüktür. Ülkemizde ısı yalıtım malzemeleri için deneysel çalışmalar mevcuttur fakat bu deney yöntemlerinin uygulanması ile ilgili herhangi bir zorunluluk ve denetim söz konusu değildir. Isı yalıtım malzemeleri sadece üretim aşamasındayken bu deney yöntemlerinden geçmektedir. Piyasaya arz edildikten sonra firmaların taahhüt ettikleri özelliklere sahip malzeme kullanıp kullanmadıkları mimarlık ofisleri tarafından genellikle kontrol edilmemektedir. Ancak ofislerin bu malzemeleri alırken ya da yapılarda uygulamadan önce bu kontrole çoğunlukla başvurmadığı görülmüştür. Bu deneylerin gerçekleştirilmesi tamamen mimarlık ofislerinin kendi tercihlerine bırakılmış durumdadır.

Her bir mimarlık ofisinin deneyleri yaptırmak için laboratuvarlara başvurmaları çok makul bir beklenti değildir. Ancak ofislerin, ısı yalıtımının yapılacağı yapı bölümüne göre en uygun malzemenin hangisi olacağına ve hangi uygulama yönteminin tercih edileceğine karar vermek amacıyla malzemenin geçirildiği deney yöntemlerini göz önünde bulundurmaları ve değerlendirmeleri gerekmektedir. Ayrıca mimarlık ofislerinin; ısı yalıtım malzemelerinin deneylerden geçirilmiş ve standartlara uygun olması, CE işaretlemesinin bulunması, uygun koşullarda üretilmesi, uygun paketlemeye sahip olması gibi kriterleri sorgulayarak farkındalık sahibi olmaları sağlanmalıdır. Bu sayede ısı yalıtımından alınacak verimde artış sağlanabilir. Ayrıca ısı yalıtım malzemeleri, yapıların inşa aşamasında itina ile seçilmekte ve uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Ancak orta ve uzun vadeli kullanımda yapılarda gerçekleşebilecek fonksiyon değişikliği, bakım/onarım gibi süreçlerde ısı yalıtım malzemelerinin itina ile güncellenmesi ve uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Aynı özen ile yürütülmeyen süreçler sonucunda ısı yalıtım performansında olumsuz bir değişimin gözlenmesi kaçınılmazdır.

Belirtilen bu kriterler de göz önünde bulundurularak mimarlık ofislerinin ısı yalıtım malzemelerine uygulanan deneyler ile ilgili kapsamlı bilgiye sahip olmaları ve gerek görülen durumlarda bu deneyleri yaptırmaları ile uygulanmadan önce malzemelerde olumsuz bir sonuçla karşılaşılması durumunda bu malzemelerin yapılarda kullanımının önüne geçilebilir. Bu sayede ısı yalıtım uygulamalarından maksimum verim alınması sağlanmalıdır. Ofislerin deneysel yöntemlere başvurmama durumunun ortadan kaldırılabilmesi için belirlenen yasa ve yönetmeliklerce seçilen ısı yalıtım malzemeleri mutlaka testlerden geçirilmelidir. Dolayısıyla gerekli kamu, kurum ya da kuruluşlarca bunların denetlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Ağıl, N. (2011). *Hazardous waste and recovery a case study of life cycle and environmental impact assessment of glass wool*. [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].

Ahmedov, R. (2012). *Çimento-EPS köpüğü-kum karışımının hafif dolgu malzemesi olarak geoteknik özelliklerinin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Akdoğan, E. (2011). *Farklı katkı maddelerinin poliüretan malzemelerin mekanik özellikleri üzerine etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi].

Akıncı, H. (2007). *Günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri, uygulama teknikleri ve fiyat analizleri*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Aktacir, M. A., Nacar, M. A. ve Yeşilata, B. (2011). Binalarda enerji verimliliği amaçlı yazılımlar üzerine kısa bir değerlendirme. *Enerji Verimliliği Dergisi,* 50-57.

Akyol, T. (2006). *Binaların ısı yalıtımında enerji ve ekserji analizi*. [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi].

Alak, D. (2016). *Evaluation of shear strength properties of modified expanded polystyrene (MEPS) comparing with sand*. [Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi].

Altuntop, E. S. (2019). *Farklı yoğunlukta kademelendirilmiş taşyünü imalatı için mekanik sistem tasarımı ve ürünün ısıl özelliklerinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi].

Anıl, F. (2015). *Kentsel dönüşümü bir fırsat kabul ederek binalarda ısı yalıtımının faydalarının araştırılması.* [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi].

Anonim. (2023aa). Yapılarda ısı kayıp alanları. https://termografiteknikk.no/hvorfor-trykkteste/ - (Erişim tarihi: 03.10.2023).

Anonim. (2023ab). Yapılarda ısının hareketi. https://gosmartbricks.com/home-energy-savings-sequence-how-walls-can-save-energy/ - (Erişim tarihi:03.10.2023).

Anonim. (2023ac). Yapılarda ısının hareketi. https://www.elevatenp.org/publications/air-sealing-and-insulation-ameren/ - (Erişim tarihi: 03.10.2023).

Anonim. (2023aç). Isı yalıtımı. https://www.izoder.org.tr/sayfa/31/genel-bilgi-almak-istiyorum - (Erişim tarihi: 16.05.2023).

Anonim. (2023ad). Enerji Kimlik Belgesi. https://www.austrotherm.com.tr/bilgi-servisi/haberler/enerji-kimlik-belgesini-kimler-duezenleyebilir - (Erişim tarihi: 03.09.2023).

Anonim. (2023b). Cam yünü levha. https://www.oraymekanik.com/cam-yunu-silte-levha/ - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023c). Cam yünü şilte. https://www.kucukdeveci.com.tr/camyunu-izocam/ - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023ç). Cam yünü boru. https://www.izocam.com.tr/tr/urunler/tesisat-yalitimi/prefabrik-boru - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023d). Cam yünü şilte uygulaması. https://balkotrade.com/uygulamalar/camyunu - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023e). Taş yünü levha. https://allwool.com.tr/ - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023f). Taş yünü. https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/tasyunu - (Erişim tarihi: 05.10.2023).

Anonim. (2023g). Dökme taş yünü. https://www.izocam.com.tr/tr/urunler/sanayi-yalitimi/dokme - (Erişim tarihi: 05.10.2023).
Anonim. (2023ğ). EPS. https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekspande-polistiren-(eps) - (Erişim tarihi: 05.10.2023).
Anonim. (2023h). EPS. https://www.macarpol.com/urun-detay/109/eps - (Erişim tarihi: 05.10.2023).
Anonim. (2023ı). XPS. https://www.beypanxps.com/y/beypan-xps-karbon-60-mm.html - (Erişim tarihi: 06.10.2023).
Anonim. (2023i). XPS. https://www.beypanxps.com/y/beypan-xps-mavi-30mm.html - (Erişim tarihi: 06.10.2023).
Anonim. (2023j). XPS. https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekstrude-polistiren-%28xps%29 - (Erişim tarihi: 06.10.2023).
Anonim. (2023k). TSE. https://www.tse.org.tr/ - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023l). TSE logo. https://www.wqacert.com/blog/tse-nedir-10 - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023m). TEBAR logo. https://portal.myk.gov.tr/index.php?option=com_kurulus_ara&view=kurulus_ara&layout=kurulus&kurId=7043 - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023n). ÇEVKAK logo. https://www.cevkak.org/tr - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023o). TEBAR. https://www.tebar.com.tr/ - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023ö). Sokak görüntüsü. https://www.google.com/maps - (Erişim tarihi: 26.12.2023).
Anonim. (2023p). ÇEVKAK konum. https://yandex.com.tr/harita - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023r). Uzunluk tayini. https://www.hekimyapi.com/hekimpor/ - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023s). Gönyeden sapma tayini. https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=tr&product_id=253 - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023ş). Tutuşabilirlik deney cihazı. https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=tr&path=160_227&product_id=486 - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023t). Bilgisayar kontrollü deney cihazı. https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=tr&path=160_229&product_id=511 - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023u). Deney cihazı ve deney kapları. https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=tr&path=160_227&product_id=254 - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023ü). Çınlama odası. https://marmatek.com/2015/11/21/tse-yalitim-laboratuvarlari-kompleksi-akustik-yalitim/ - (Erişim tarihi: 24.09.2023).
Anonim. (2023v). Deney cihazı. https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=tr&path=160_227&product_id=516 - (Erişim tarihi: 03.10.2023).
Anonim. (2023y). Bursa İli. https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Bursa_in_Turkey.svg - (Erişim tarihi: 28.09.2023).
Anonim. (2023z). Bursa'nın ilçeleri. https://sehirsorgula.com/bursa-ilceleri/ - (Erişim tarihi: 28.09.2023).

Anonim. (2024). Ülkemizdeki ısı yalıtımlı bina oranı. https://sogutmadunyasi.com/turkiyede-binalarin-sadece-si-isi-yalitimli/ - (Erişim tarihi: 16.02.2024).

ASHRAE. (1997). Bölüm 20: Isı yalıtımı ve buhar kesiciler-esaslar. *ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals)*. (F. Özgüç, Çev.). Tesisat Mühendisleri Derneği.

Azizi, S. (2007). *Perlit katkılı hafif betonların mekanik özellikleri ve ısı yalıtımı*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Baba, E. (2018). *Hafiflik, ekonomiklik, ısı yalıtımı ve yeterli basınç dayanımı unsurları taşıyan kompozit malzeme üretimi*. [Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi].

Bayraktar, D. ve Bayraktar, E. A. (2016). Mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *7*(1), 59–66.

Bayram, M. (2010). Binaların enerji performansı yönetmeliği ve enerji kimlik belgesi uygulaması. *İzolasyon Dünyası*, *82*, 16–19.

Bayram, M. (2011). Enerji kimlik belgesi uygulaması ve BEP-TR. *İzolasyon Dünyası*, *86*, 8–10.

Bektaş, V. (2018). *Binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi].

Bektaş, V., Çerçevik, A. E. ve Kandemir, S. Y. (2017). Binalarda ısı yalıtımının önemi ve ısı yalıtım malzemesi kalınlığının yalıtıma etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *4*(1), 36–42.

BEP (2008). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.* Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Resmi Gazete, 27075, 5 Aralık 2008.

Bynum, R. T. (2000). *Insulation handbook*. McGraw-Hill.

Candan, N. (2007). *Isı yalıtım sistemleri ve özelliklerinin karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Ceylan, N. (2012). *Türkiye'de konut dış duvar sistemlerinde gerçekleştirilen ısı yalıtımı uygulamalarının üretim ve yapım süreçlerinin çevresel değerlendirmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Chasan, S. (2013). *Dış cephe bitirme sistemlerinde ısı yalıtımının sıcaklık ve nem performansına etkisinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].

Cihan, M. T. (2004). *EPS-bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvarlı binanın ısıl performansı*. [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].

Çamlıca, S. (2019). *Taşyünü ürünlerinin çekme ve basma özelliklerini test edebilen, gelişmiş bir deney makinesinin tasarlanması ve uygulanması*. [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi].

Çavuşoğlu Aydın, G. (2007). *Dar kanallarda kanal genişliğinin ısı yalıtımı açısından incelenmesi ve modellenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Çetinel, E. (2012). *Tarihsel süreç içinde dış cephe kaplama malzemelerinin ısı yalıtımı açısından irdelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].

ÇEVKAK. (2021). [Broşür]. Çevre Enerji Verimlilik Kalite Kurulu İktisadi İşletmesi.

Çöl, F. (2020). *Isı yalıtımı açısından konvansiyonel malzemelerle nanoteknolojik malzemelerin karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi].

Dağıdır, C. ve Bolattürk, A. (2011). Sıcak iklim bölgelerindeki binalarda ısıtma ve soğutma yüküne göre tespit edilen optimum yalıtım kalınlıklarının karşılaştırılması. *Tesisat Mühendisliği*, 124, 64–77.

Dağsöz, A. K. (1999). *Türkiye'de yapıların yalıtımı ve yalıtım sanayiinin durumu*. İstanbul Ticaret Odası.

Danovska, M., Pernigotto, G., Baratieri, M., Baggio, P. ve Gasparella, A. (2020). Influence of moisture content, temperature and absorbed solar radiation on the thermal performance of a spruce XLAM wall in the Italian climates. *Journal of Physics: Conference Series*, *1599*, 1–9. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1599/1/012028

Demir Özkan, Ç. (2005). *Konya'daki yapılarda ısı yalıtım malzemesi (XPS, EPS) uygulamalarının TS 825'e göre değerlendirilmesi, çevre ve enerji etkilerinin araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi].

Dere, Z. (2011). *Yapılarda su ve ısı yalıtımı uygulamaları ve bu uygulamaların yer altı ulaşım yapılarında irdelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi].

Doğruel, N. (2010). *Binalarda cephe kaplamalarının ısı yalıtımına etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].

Durmuş, M. Ö. (2006). *Dış cephe ısı yalıtımı sıvalı kompozit sisteminde bağlantı elemanı olarak kullanılan dübellerin aderans kuvveti*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Ekşi, A. (2016). *Mevcut binaların cephelerinde dıştan ısı yalıtımı uygulamalarının İstanbul'da alanda incelenmesi ve higrotermal performansın benzetimle değerlendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Engin, T. (2001). *Yapı fiziğine uygun ısı ve su izolasyonu uygulama teknikleri ve projelendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi].

Erbil, Y. (2003). *Tünel kalıp sistemi ile üretilen toplu konutlarda ısı yalıtımı ve sorunlarının incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi].

Erdabak, M. (2010). *Binalarda ısı yalıtımındaki eksikliklerin enerji tasarrufuna olan etkilerinin uygulamalı olarak araştırılması.* [Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi].

Erdemli, E. (2016). *The effect of density on impact sound insulation of the expanded polystrene (EPS) block used as filler in one way hollow core slab in dwellings*. [Yüksek Lisans Tezi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi].

Fırat, İ. (2013). *Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtım uygulamaları ve ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisinin ekonomik analizi*. [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi].

Gökçe, N. (2019). *Isı yalıtımı ile verimli enerji kullanımı modelinin ANFIS ile oluşturulması: Cumhuriyet Üniversitesi uygulaması*. [Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi].

Güven, G. (2020). *An investigation on the mechanical properties and behavior of expanded polystyrene (EPS) geofoam*. [Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi].

İlhan, B. (2018). *A life cycle sustainability assessment methodology for thermal insulation materials*. [Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].

İsmail, S. (2012). *Enerji verimli binalarda ısı yalıtımının toplam bina maliyetindeki etkisi Yunanistan-Türkiye karşılaştırması*. [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].

İşbilir, D. (2009). *Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ve sorunlarının araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi].

Ji, R., Zhang, Z., He, Y., Liu, L. ve Wang, X. (2015). Synthesis, characterization and modeling of new building insulation material using ceramic polishing waste residue. *Construction and Building Materials*, *85*, 119–126. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2015.03.089

Kahraman, F. (1999). *Isı tutucu malzemeler ve yapılarda uygulama olanaklarının araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Kan, A. (2007). *Isıl işlem yöntemiyle modifiye edilmiş atık EPS köpüklerin beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması*. [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi].

Kaplan, M. M. (2019). *Performance assessment of lime-pozzolan mortars with straw aggregate for sound and thermal insulation purposes*. [Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].

Karaağaç, D. (2019). *Nanopartikül takviyeli XPS ve EPS kompozitlerin üretimi ve mekanik özelliklerin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi].

Karaca, T. (2001). *Ekstrüde polistren köpük levhaların dış duvarlarda kullanımı*. [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].

Karagöz, N. (2004). *Konutlarda çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarının incelenmesi ve değerlendirilmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi].

Karakoç, T. H., Binyıldız, E. ve Turan, O. (1999). *Binalarda ve tesisatlarda ısı yalıtımı.* ODE Teknik Yayınları.

Karamanos, A., Hadiarakou, S. ve Papadopoulos, A. M. (2008). The impact of temperature and moisture on the thermal performance of stone wool. *Energy and Buildings*, *40*(8), 1402–1411. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2008.01.004

Kaya, A. (2016). *Genleştirilmiş polistren (EPS) atığının çeşitli bağlayıcı kombinasyonlarında yeniden değerlendirilmesi*. [Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi].

Kiper Yılmaz, G. H. (2009). *Binalarda dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamalarının enerji korunum performansları açısından incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].

Kiriş, H. H. (2019). *Genleştirilmiş polistiren (EPS) köpüğün geoteknikte kullanılması*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Kocagül, M. (2013). *Isı yalıtımında ideal yalıtım malzemesi kullanılmasının deneysel araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi].

Koçu, N. ve Dereli, M. (2010). *Dış duvarlarda ısı yalıtımı ile enerji tasarrufu sağlanması ve detaylarda karşılaşılan sorunlar (Konya kentinden örnekler).* [Sözel Bildiri]. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir.

Kuk, İ. E. (2019). *Sürdürülebilirlik açısından konut tipi yapılarda ısı yalıtımı uygulamalarının farklı parametrelere göre incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].

Kulaksızoğlu, Z. (2006). *Isı yalıtım sektör araştırması*. Mart 2023 tarihinde https://www.inceten.com/wp-content/uploads/2016/10/Yal%C4%B1t%C4%B1m-Sektor-arast%C4%B1rmas%C4%B1.pdf adresinden erişildi.

Kut, U. (2018). *Yapılarda ısı yalıtımı için geopolimer malzeme üretimi ve karakterizasyonu*. [Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi].

Mermer, M. (2019). *Bina ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi ve optimizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Mesci, B. (1998). *Çeşitli ısı yalıtım malzemeleri kullanarak yapılarda ısı yalıtımı yoluyla hava kirliliğinin önlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi].

Mıhlayanlar, E. (2005). *Genleştirilmiş polistiren köpük (EPS) yalıtım levhalarının özelliklerini etkileyen üretim parametrelerinin irdelenmesi*. [Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi].

Mor, R. (2007). *BIMS betondan imal edilmiş yapı elemanlarının ısı iletim katsayılarının iyileştirilme katsayıları*. [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi].

Okumuş, F. (2015). *Taşyünü üretim tesisinde hata türü ve etkileri analizi ile Taguchi deney tasarımının birlikte uygulanması*. [Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi].

Onaylı, S. (2002). *Binalarda ısı yalıtımı ve son teknolojik gelişmeler*. [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi].

Özçelik, H. (2013). *Genleştirilmiş polistiren köpük (EPS) ile atık polistiren köpük granüllerin betona karıştırılmasıyla elde edilen hafif betonun karakteristik özelliklerinin belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi].

Özer, M. (1982). *Yapılarda ısı-su yalıtımları*. Özer Yayınları. Ekim 2023 tarihinde https://www.imo.org.tr/TR,89471/yapilarda-isi-su-yalitimlari--muzaffer-ozer.html adresinden erişildi.

Öziç, İ. H. (2013). *Binalarda ısı yalıtımı üzerine deneysel bir çalışma*. [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi].

Özlük, F. (2021). *Bor ilavesinin perlit esaslı ısı yalıtım malzemelerinin ısıl ve mekanik özelliklere etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi].

Özşahin, B. (2004). *EPS bloklu çelik donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi*. [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi].

Öztürk, İ. (2015). CE işaretlemelerinin amacı ve ülkemizde uygulanması. *Gümrük&Ticaret Dergisi, 6,* 110-112.

Özutku, O. (2012). *Binalarda ısı yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu MKÜ Mühendislik Fakültesi binası örneği*. [Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi].

Paralı, D. (2009). *Bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Savaş, S. (2000). TS-825, binalarda ısı yalıtım kuralları ve uygulama sorunları. *Tesisat Mühendisliği*, 62.

Schiavoni, S., D'Alessandro, F., Bianchi, F. ve Asdrubali, F. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *62*, 988–1011. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.05.045

Sipahioğlu, Ö. (2010). BEP (Binalarda Enerji Performansı) Yönetmeliği. *İzolasyon Dünyası*, *82*, 42–43.

Stec, A. A. ve Hull, T. R. (2011). Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. *Energy and Buildings*, *43*(2–3), 498–506. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2010.10.015

Şahin, M. T. (1991). *Thermal insulation and energy conservation measures for low-cost housing*. [Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].

Şahin, T. (2012). *Şişebilen polistiren (EPS) boncuklardan izolasyon malzemesi üretim parametrelerinin optimizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi].

Şen, A. O. (2006). *Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri Dünyada ve Türkiyede yalıtım*. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].

Şenkal Sezer, F. (2005). Türkiye'de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10*(2), 79–85.

Şenyurt, S. (2006). *İklimlendirme sistemlerinde havalandırma kanallarının seramik katkılı boyalarla ısı yalıtımı ve klasik yalıtım sistemleri ile karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi].

Şimşek, Z. (2019). Konut yapılarında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin incelenmesi. *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, *14*(4), 147–162. https://doi.org/10.12739/nwsa.2019.14.4.2a0177

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2013). *Yapı Malzemeleri Yönetmeliği.* Resmi Gazete: 28703. Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Isı yalıtım uygulama kılavuzu*. Ekim 2022 tarihinde https://cevresehiriklimkutuphanesi.csb.gov.tr/ShowPDF/c0e9b667-40eb-4c65-b46b-eecb0b04c234 adresinden erişildi.

T.C. Dışişleri Bakanlığı. (2022). *Türkiye'nin uluslararası enerji stratejisi.* Ekim 2022 tarihinde *https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa* adresinden erişildi.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2007). *5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu.* Resmi Gazete: 26510. Ankara.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2023). *Coğrafya.* Eylül 2023 tarihinde *https://bursa.ktb.gov.tr/TR-70229/cografya.html* adresinden erişildi.

Tan, H. (2017). *Farklı nem ve gözeneklilik değerleriyle EPS yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliğinin deneysel ve sayısal incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi].

Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L. (2004). *Yapı elemanı tasarımında malzeme*. Literatür Yayınevi.

TÜİK. (2023). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2022.* Aralık 2023 tarihinde *https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685* adresinden erişildi.

Türk Standartları Enstitüsü. (2013). *TS 825: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları,* ICS. 91.120.10, Ankara.

TS EN 12086. (2013). Isı yalıtım mamulleri – Binalar için – Su buharı iletim özelliklerinin tayini.

TS EN 12087. (2013). Binalar için ısı yalıtım malzemeleri – Daldırma yöntemiyle uzun dönemli su emmenin tayini.

TS EN 12088. (2002). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Daldırma metoduyla uzun süreli difüzyona bağlı su absorpsiyonunun tayini.

TS EN 12089. (2013). Binalar için ısı yalıtım malzemeleri – Eğilme davranışının tayini.

TS EN 12090. (2002). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Kayma özelliklerinin tayini.

TS EN 12091. (2002). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Donma-Çözülme mukavemetinin tayini.

TS EN 12667. (2003). Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısıl performansı – Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısıl direncin tayini – Yüksek ve orta ısıl dirençli mamuller.

TS EN 13162+A1. (2015). Isı yalıtım mamulleri – Binalar için – Mineral yün (MW) fabrikasyon mamuller – Özellikler.

TS EN 13163+A2. (2017). Isı yalıtım mamulleri – Binalar için – Genleştirilmiş polistiren (EPS) fabrikasyon mamuller – Özellikler.

TS EN 13164+A1. (2015). Isı yalıtım mamulleri – Binalar için – Ekstrüde polistiren köpük (XPS) fabrikasyon mamuller – Özellikler.

TS EN 13172. (2012). Isı yalıtım mamulleri – Uygunluk değerlendirmesi.

TS EN 13501-1+A1. (2010). Yapı mamulleri ve yapı elemanları – Yangın sınıflandırması – Bölüm 1: Yangın karşısındaki davranış deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma.

TS EN 1602. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Görünür yoğunluk tayini.

TS EN 1604. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Belirli sıcaklık ve nem şartları altında boyut kararlılığının tayini.

TS EN 1605. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Belirli basınç yükü ve sıcaklık şartları altında deformasyon tayini.

TS EN 1606. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Basınç altında sünme tayini.
TS EN 1607. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Yüzeylere dik çekme dayanımının tayini.
TS EN 1609. (2001). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Kısmi daldırma ile kısa süreli su absorpsiyonunun tayini.
TS EN 29052-1. (1996). Akustik – Dinamik katılığın tayini – Bölüm 1 meskenlerde esnek döşeme altında kullanılan malzemeler.
TS EN 29053. (1996). Akustik – Akustik uygulamaları için malzemeler – Hava akış direncinin tayini.
TS EN 822. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Uzunluk ve genişlik tayini.
TS EN 823. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Kalınlık tayini.
TS EN 824. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Gönyeden sapma tayini.
TS EN 825. (1998). Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Yüzey düzlüğünün tayini.
TS EN 826. (2013). Isı yalıtım mamulleri – Binalar için – Basınç altındaki davranışın tayini.
TS EN ISO 354. (2006). Akustik – Çınlama odasında ses absorpsiyonunun ölçülmesi.
Tuncer, M. (2007). *Isıtılan ve soğutulan mahallerde ısı yalıtımının optimizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
Tuzcu, H. (2010). *Isı yalıtımı ve otomotiv endüstrilerinde kullanılan yanmaya dirençli poliüretan esaslı malzemelerin tutuşma ve yanma karakteristiklerinin deneysel incelenmesi*. [Yüksek Lisas Tezi, Pamukkale Üniversitesi].
Türkmen, M. (2016). *Bina kabuğunda ısı yalıtımı uygulamalarının yapısal performansı ve etkinliğinin İstanbul'da bir alan çalışması ile incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
Usta, S. (2009). TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına göre ikinci bölgede bulunan bir binanın yalıtımsız ve yalıtımlı durumlarının enerji verimliliği bakımından karşılaştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5*(1), 1–24.
Ünal, Ö. (t.b.). *Binaların ısı yalıtımında kullanılacak malzemeler ve kalınlık hesapları* [Poster]. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Enerji Komisyonu, Ankara.
Ünalan, H. (2003). *Yapı kabuğunda ısı yalıtımının irdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları iyileştirme projesi örneği*. [Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi].
Vrána, T. ve Gudmundsson, K. (2010). Comparison of fibrous insulations – cellulose and stone wool in terms of moisture properties resulting from condensation and ice formation. *Construction and Building Materials, 24*(7), 1151–1157.
Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalıkuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş. ve Özgür, D. (2015). Binalarda ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri, 4*(487), 62–75.
Yeşilyurt, M. K. (2013). *Expanded polystyrene styrofoam (EPS) ısı yalıtım malzemelerinde gözenekliliğin ısıl iletkenliğe etkisinin deneysel ve sayısal incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi].
Yıldız, A. (1998). *Konut dış duvarlarında ısı yalıtımı sürekliliğinin sağlanması üzerine bir inceleme*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
Yılmaz, A. (2012). *Apartmanların dış kabuğuna uygulanan ısı yalıtımının bina enerji performansına etkisi (Konya ve Erzincan örneği)*. [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi].

Yuan, J., Farnham, C., Emura, K. ve Alam, M. A. (2016). Proposal for optimum combination of reflectivity and insulation thickness of building exterior walls for annual thermal load in Japan. *Building and Environment*, *103*, 228–237. https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2016.04.019

EKLER

EK 1 Anket Çalışma Soruları

EK 2 Literatürde Isı Yalıtımı Üzerine Ulaşılan Tez Çalışmalarının Listesi

EK 1 Anket Çalışma Soruları

İNŞAAT SÜREÇLERİNDE KULLANILACAK ISI YALITIM MALZEMESİ SEÇİMİ KONUSUNDA MİMARLIK OFİSLERİNİN TERCİHLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu araştırma Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde "Türkiye'de Isı Yalıtım Malzemelerine Uygulanan Deney Yöntemlerinin İncelenmesi" adlı tez konusu kapsamında yüksek lisans öğrencisi tarafından yürütülen bilimsel bir çalışma olup, tüm cevaplar gizli tutulacaktır.

Anket No:

Ofisin faaliyet gösterme yılı: ☐ 0-5 yıl ☐ 6-10 yıl ☐ 11-15 yıl ☐ 16-20 yıl ☐ 21-25 yıl ☐ 26-30 yıl ☐ 31 yıl ve üstü

Ofiste çalışan mimar sayısı: ☐ 1-3 kişi ☐ 4-6 kişi ☐ 7-9 kişi ☐ 10-12 kişi ☐ 13-15 kişi ☐ 16 kişi ve üstü

Ofisin yıllık ortalama proje sayısı: ☐ 0-5 proje ☐ 6-10 proje ☐ 11-15 proje ☐ 16-20 proje ☐ 20 proje ve üstü

Ofisinizin EKB (Enerji Kimlik Belgesi) çıkarma yetkisi var mı?: ☐ Evet ☐ Hayır

Şimdiye kadar şantiyelerinizde ısı yalıtım malzemesi kullanmadan önce herhangi bir test laboratuvarına başvurdunuz mu?: ☐ Evet ☐ Hayır

Aşağıda adı geçen test laboratuvarlarından çalıştıklarınız var mı? Varsa işaretleyiniz:
☐ Çalıştığım laboratuvar yok ☐ TSE ☐ ÇEVKAK ☐ TEBAR ☐ Diğer (belirtiniz)……

Projelerinizde tercih ettiğiniz ısı yalıtım malzemesi türleri (kullanım sıklığına göre 1'den 5'e kadar numara veriniz):

Yalıtım Malzemesi	Tercih Sırası (en çok kullandığınıza 1 yazabilirsiniz)
Cam yünü	
Taş yünü	
EPS	
XPS	
Diğer (belirtiniz)	

Projelerinizde yerine göre tercih ettiğiniz ortalama ısı yalıtım uygulaması kalınlıkları aşağıdakilerden hangisidir (tercih ettiğiniz kalınlık aralığına "X" koyunuz):

		Yalıtım Kalınlığı				
		0-3 cm	4-6 cm	7-10 cm	11-14 cm	15 cm ve üzeri
Yalıtım Yeri	Duvar					
	Çatı					
	Döşeme					

Isı yalıtım malzemesi seçiminde kriterleriniz nelerdir (önceliğinize göre 1'den 5'e kadar numara veriniz):

Kriterler	Tercih Sırası (öncelikli tercihinize 1 yazabilirsiniz)
Sağlığa Etkileri	
Ekonomiklik	
Standartlara Uygunluk	
Isı İletim Katsayısında Küçük Değer	
Yangın Karşısındaki Davranış	
Diğer (belirtiniz)	

Aşağıdaki görüşlerden sizin için en uygun olanının yanına "X" koyunuz:

	KESİNLİKLE KATILIYORUM	KATILIYORUM	NE KATILIYORUM NE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KESİNLİKLE KATILMIYORUM
Ofisimizde ısı yalıtım malzemesi seçimi proje tasarım sürecinde önemle dikkate alınır					
Ofisimiz ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standartları güncel olarak takip eder					
Isı yalıtım malzemesi seçerken seçtiğimiz malzemenin standartlara uygun olup olmadığını kontrol ederiz					
Yalıtım malzemesi seçim aşamasında yalnızca malzeme kataloğundaki değerleri dikkate alırız					
Isı yalıtım malzemesi seçerken deneysel kontrol için test laboratuvarlarına başvuruyoruz					
Ofisimiz ısı yalıtımı malzemesi seçiminde malzemenin ekonomik olmasına önem verir					
Ofis çalışanları ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına etkileri üzerine detaylı bilgiye sahiptir					
Yaptığımız inşaatlarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde ofis olarak hassas davranıyoruz					
Duvar, çatı, döşeme gibi yapı elemanlarında tek tip ısı yalıtım malzemesi kullanırız					
Isı yalıtım malzemesi seçerken tercih ettiğimiz firmadan örnek numune isteriz					
Isı yalıtım malzemesi seçimi yaparken farklı firmalardan teklif alırız					
Duvar, çatı, döşeme gibi farklı yapı elemanları için farklı ısı yalıtım malzemesi seçimi yaparız					

Anketimize katıldığınız için teşekkürler…

EK 2 Literatürde Isı Yalıtımı Üzerine Ulaşılan Tez Çalışmalarının Listesi

No	Tez Adı	Yıl	Yazarı	Yüksek Lisans/Doktora Tezi	Üniversite
Bölüm: Mimarlık					
1	Konut Dış Duvarlarında Isı Yalıtımı Sürekliliğinin Sağlanması Üzerine Bir İnceleme	1998	Ayhan YILDIZ	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
2	Tünel Kalıp Sistemi ile Üretilen Toplu Konutlarda Isı Yalıtımı ve Sorunlarının İncelenmesi	2003	Yasemin ERBİL	Yüksek Lisans Tezi	Uludağ Üniversitesi
3	Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımının İrdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları İyileştirme Projesi Örneği	2003	Hakan ÜNALAN	Yüksek Lisans Tezi	Anadolu Üniversitesi
4	Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) Yalıtım Levhalarının Özelliklerini Etkileyen Üretim Parametrelerinin İrdelenmesi	2005	Esma MIHLAYANLAR	Doktora Tezi	Trakya Üniversitesi

5	Konya'daki Yapılarda Isı Yalıtım Malzemesi (XPS, EPS) Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi, Çevre ve Enerji Etkilerinin Araştırılması	2005	Çiğdem DEMİR ÖZKAN	Yüksek Lisans Tezi	Selçuk Üniversitesi
6	Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması	2009	Derya İŞBİLİR	Yüksek Lisans Tezi	Selçuk Üniversitesi
7	Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından İncelenmesi	2009	Güler Hacer KİPER YILMAZ	Yüksek Lisans Tezi	Dokuz Eylül Üniversitesi
8	Yapılarda Su ve Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Bu Uygulamaların Yer Altı Ulaşım Yapılarında İrdelenmesi	2011	Zuhal DERE	Yüksek Lisans Tezi	Haliç Üniversitesi
9	Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Enerji Performansına Etkisi (Konya ve Erzincan Örneği)	2012	Arzu YILMAZ	Yüksek Lisans Tezi	Selçuk Üniversitesi

10	Enerji Verimli Binalarda Isı Yalıtımının Toplam Bina Maliyetindeki Etkisi Yunanistan-Türkiye Karşılaştırması	2012	Simpel İSMAİL	Yüksek Lisans Tezi	Trakya Üniversitesi
11	Türkiye'de Konut Dış Duvar Sistemlerinde Gerçekleştirilen Isı Yalıtımı Uygulamalarının Üretim ve Yapım Süreçlerinin Çevresel Değerlendirmesi	2012	Nurten CEYLAN	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
12	Tarihsel Süreç İçinde Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Isı Yalıtımı Açısından İrdelenmesi	2012	Ender ÇETİNEL	Yüksek Lisans Tezi	Dokuz Eylül Üniversitesi
13	Dış Cephe Bitirme Sistemlerinde Isı Yalıtımının Sıcaklık ve Nem Performansına Etkisinin İncelenmesi	2013	Selnta CHASAN	Yüksek Lisans Tezi	Trakya Üniversitesi

14	Mevcut Binaların Cephelerinde Dıştan Isı Yalıtımı Uygulamalarının İstanbul'da Alanda İncelenmesi ve Higrotermal Performansın Benzetimle Değerlendirilmesi	2016	Ayşegül EKŞİ	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
15	Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Yapısal Performansı ve Etkinliğinin İstanbul'da Bir Alan Çalışması ile İncelenmesi	2016	Mehmet TÜRKMEN	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
16	The Effect of Density on Impact Sound Insulation of the Expanded Polystrene (EPS) Block Used as Filler In One Way Hollow Core Slab in Dwellings	2016	Eray ERDEMLİ	Yüksek Lisans Tezi	Bilkent Üniversitesi
17	Kentsel Dönüşümü Bir Fırsat Kabul Ederek Binalarda Isı Yalıtımının Faydalarının Araştırılması	2015	Faruk ANIL	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

18	A Life Cycle Sustainability Assessment Methodology for Thermal Insulation Materials	2018	Burak İLHAN	Yüksek Lisans Tezi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
19	Performance Assessment of Lime-Pozzolan Mortars with Straw Aggregate for Sound and Thermal Insulation Purposes	2019	Miyase Merve KAPLAN	Yüksek Lisans Tezi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
20	Isı Yalıtımı Açısından Konvansiyonel Malzemelerle Nanoteknolojik Malzemelerin Karşılaştırılması	2020	Fırat ÇÖL	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Aydın Üniversitesi
Bölüm: İnşaat Mühendisliği					
21	Thermal Insulation and Energy Conservation Measures for Low-Cost Housing	1991	M. Tuncer ŞAHİN	Yüksek Lisans Tezi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
22	Yapı Fiziğine Uygun Isı ve Su İzolasyonu Uygulama Teknikleri ve Projelendirilmesi	2001	Taylan ENGİN	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Üniversitesi
23	EPS Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi	2004	Burak ÖZŞAHİN	Yüksek Lisans Tezi	Trakya Üniversitesi

24	EPS-Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı	2004	Timur CİHAN	Yüksek Lisans Tezi	Trakya Üniversitesi
25	Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Dübellerin Aderans Kuvveti	2006	Maviş Özge DURMUŞ	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
26	Isıl İşlem Yöntemiyle Modifiye Edilmiş Atık EPS Köpüklerin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması	2007	Abdulkadir KAN	Doktora Tezi	Atatürk Üniversitesi
27	Çimento-EPS Köpüğü-Kum Karışımının Hafif Dolgu Malzemesi Olarak Geoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi	2012	Ruslan AHMEDOV	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
28	Binalarda Isı Yalıtımı Üzerine Deneysel Bir Çalışma	2013	İbrahim Hakkı ÖZİÇ	Yüksek Lisans Tezi	Pamukkale Üniversitesi
29	Evaluation of Shear Strength Properties of Modified Expanded Polystyrene (MEPS) Comparing with Sand	2016	Dilek ALAK	Yüksek Lisans Tezi	Gaziantep Üniversitesi

30	Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması	2018	Veli BEKTAŞ	Yüksek Lisans Tezi	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
31	Hafiflik, Ekonomiklik, Isı Yalıtımı ve Yeterli Basınç Dayanımı Unsurları Taşıyan Kompozit Malzeme Üretimi	2018	Erman BABA	Yüksek Lisans Tezi	Kocaeli Üniversitesi
32	Sürdürülebilirlik Açısından Konut Tipi Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Farklı Parametrelere Göre İncelenmesi	2019	İsmail Ergün KUK	Yüksek Lisans Tezi	Karadeniz Teknik Üniversitesi
33	Genleştirilmiş Polistiren (EPS) Köpüğün Geoteknikte Kullanılması	2019	Hulusi Hakan KİRİŞ	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi
34	An Investigation on The Mechanical Properties and Behavior of Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam	2020	Güral GÜVEN	Yüksek Lisans Tezi	Atılım Üniversitesi
Bölüm: Makine Mühendisliği					
35	Binalarda Isı Yalıtımı ve Son Teknolojik Gelişmeler	2002	Serap ONAYLI	Yüksek Lisans Tezi	Süleyman Demirel Üniversitesi

36	İklimlendirme Sistemlerinde Havalandırma Kanallarının Seramik Katkılı Boyalarla Isı Yalıtımı ve Klasik Yalıtım Sistemleri ile Karşılaştırılması	2006	Serkan ŞENYURT	Yüksek Lisans Tezi	Gazi Üniversitesi
37	Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Ekserji Analizi	2006	Tuğrul AKYOL	Yüksek Lisans Tezi	Balıkesir Üniversitesi
38	Isıtılan ve Soğutulan Mahallerde Isı Yalıtımının Optimizasyonu	2007	Muzaffer TUNCER	Yüksek Lisans Tezi	Yıldız Teknik Üniversitesi
39	Dar Kanallarda Kanal Genişliğinin Isı Yalıtımı Açısından İncelenmesi ve Modellenmesi	2007	Gülcan ÇAVUŞOĞLU AYDIN	Yüksek Lisans Tezi	Sakarya Üniversitesi
40	Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması	2010	Mustafa ERDABAK	Yüksek Lisans Tezi	Cumhuriyet Üniversitesi
41	Binalarda Cephe Kaplamalarının Isı Yalıtımına Etkisi	2010	Nurullah DOĞRUEL	Yüksek Lisans Tezi	Trakya Üniversitesi

42	Isı Yalıtımı ve Otomotiv Endüstrilerinde Kullanılan Yanmaya Dirençli Poliüretan Esaslı Malzemelerin Tutuşma ve Yanma Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi	2010	Halil TUZCU	Yüksek Lisans Tezi	Pamukkale Üniversitesi
43	Farklı Katkı Maddelerinin Poliüretan Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri	2011	Erkin AKDOĞAN	Yüksek Lisans Tezi	Pamukkale Üniversitesi
44	Binalarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu MKÜ Mühendislik Fakültesi Binası Örneği	2012	Onur ÖZUTKU	Yüksek Lisans Tezi	Mustafa Kemal Üniversitesi
45	Isı Yalıtımında İdeal Yalıtım Malzemesi Kullanılmasının Deneysel Araştırılması	2013	Murat KOCAGÜL	Yüksek Lisans Tezi	Fırat Üniversitesi
46	Erzincan İlindeki Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları ve Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufuna Etkisinin Ekonomik Analizi	2013	İlker FIRAT	Yüksek Lisans Tezi	Atatürk Üniversitesi

47	Expanded Polystyrene Styrofoam (EPS) Isı Yalıtım Malzemelerinde Gözenekliliğin Isıl İletkenliğe Etkisinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi	2013	Murat Kadir YEŞİLYURT	Yüksek Lisans Tezi	Kırıkkale Üniversitesi
48	Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) ile Atık Polistiren Köpük Granüllerin Betona Karıştırılmasıyla Elde Edilen Hafif Betonun Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi	2013	Hüsniye ÖZÇELİK	Yüksek Lisans Tezi	Karabük Üniversitesi
49	Farklı Nem ve Gözeneklilik Değerleriyle EPS Yalıtım Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi	2017	Hüsamettin TAN	Yüksek Lisans Tezi	Kırıkkale Üniversitesi
50	Bina Isı Yalıtım Sistemlerinin İncelenmesi ve Optimizasyonu	2019	Merve MERMER	Yüksek Lisans Tezi	Sakarya Üniversitesi

51	Farklı Yoğunlukta Kademelendirilmiş Taşyünü İmalatı için Mekanik Sistem Tasarımı ve Ürünün Isıl Özelliklerinin İncelenmesi	2019	Enis Selçuk ALTUNTOP	Yüksek Lisans Tezi	Erciyes Üniversitesi
52	Taşyünü Ürünlerinin Çekme ve Basma Özelliklerini Test Edebilen, Gelişmiş Bir Deney Makinesinin Tasarlanması ve Uygulanması	2019	Sabri ÇAMLICA	Yüksek Lisans Tezi	Erciyes Üniversitesi
Bölüm: Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği					
53	Isı Yalıtımı ile Verimli Enerji Kullanımı Modelinin ANFIS ile Oluşturulması	2019	Nilüfer GÖKÇE	Yüksek Lisans Tezi	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
54	Bor İlavesinin Perlit Esaslı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isıl ve Mekanik Özelliklere Etkisi	2021	Fethullah ÖZLÜK	Yüksek Lisans Tezi	Batman Üniversitesi
Bölüm: Kimya Mühendisliği					
55	Perlit Katkılı Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı	2007	Senem AZİZİ	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Teknik Üniversitesi

56	Şişebilen Polistiren (EPS) Boncuklardan İzolasyon Malzemesi Üretim Parametrelerinin Optimizasyonu	2012	Tuncay ŞAHİN	Yüksek Lisans Tezi	İstanbul Üniversitesi
57	Genleştirilmiş Polistren (EPS) Atığının Çeşitli Bağlayıcı Kombinasyonlarında Yeniden Değerlendirilmesi	2016	Ayşe KAYA	Doktora Tezi	Fırat Üniversitesi
Bölüm: Malzeme Bilimi ve Mühendisliği					
58	Yapılarda Isı Yalıtımı için Geopolimer Malzeme Üretimi ve Karakterizasyonu	2018	Uğur KUT	Doktora Tezi	Dumlupınar Üniversitesi
59	Nanopartikül Takviyeli XPS ve EPS Kompozitlerin Üretimi ve Mekanik Özelliklerin İncelenmesi	2019	Damla KARAAĞAÇ	Yüksek Lisans Tezi	Uşak Üniversitesi
Bölüm: Endüstri Mühendisliği					
60	Taşyünü Üretim Tesisinde Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Taguchi Deney Tasarımının Birlikte Uygulanması	2015	Fatih OKUMUŞ	Yüksek Lisans Tezi	Kocaeli Üniversitesi

Bölüm: Çevre Mühendisliği					
61	Çeşitli Isı Yalıtım Malzemeleri Kullanarak Yapılarda Isı Yalıtımı Yoluyla Hava Kirliliğinin Önlenmesi	1998	Başak MESCİ	Yüksek Lisans Tezi	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
62	Hazardous Waste and Recovery a Case Study of Life Cycle and Environmental Impact Assessment of Glass Wool	2011	Nil AĞIL	Yüksek Lisans Tezi	Dokuz Eylül Üniversitesi
Bölüm: Yapı Eğitimi					
63	Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünya'da ve Türkiye'de Yalıtım	2006	Ali Osman ŞEN	Yüksek Lisans Tezi	Sakarya Üniversitesi