

**DIŞ CEPHE MANTOLAMA MALZEMELERİNİN
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevcan ÖZGÜVEN

DANIŞMAN

Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak, 2015

Bu tez çalışması 14.FENBİL.11 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DIŞ CEPHE MANTOLAMA MALZEMELERİNİN
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sevcan ÖZGÜVEN

DANIŞMAN

Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak, 2015

TEZ ONAY SAYFASI

Sevcan ÖZGÜVEN tarafından hazırlanan “DIŞ CEPHE MANTOLAMA MALZEMELERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU

Başkan : Prof.Dr. İlker Bekir TOPÇU
ESOGÜ Mühendislik Fakültesi.

İmza

Üye : Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU
AKÜ Mühendislik Fakültesi.

İmza

Üye : Doç.Dr. İbrahim GÜNEŞ
AKÜ Teknoloji Fakültesi.

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23/01/2015

İmza

Sevcan ÖZGÜVEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DIŞ CEPHE MANTOLAMA MALZEMELERİNİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sevcan ÖZGÜVEN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU

Bu çalışmada, dış cephe mantolama malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ülkemizdeki yapılara 2017 yılına kadar enerji kimlik belgesi alabilmek için ısı yalıtımı yaptırılması zorunludur. İzolasyon amacıyla kullanılan malzemelerin performansları da can ve mal güvenliği açısından çok önemlidir. Çalışmada, tuğla duvar yüzeyine monte edilmiş EPS, XPS ve taş yünü gibi malzemeler üzerine farklı kalınlıklarda sıva yapılmıştır. Daha sonra her bir malzemenin duvar yüzeyindeki ısı iletkenlik değeri, sıvanın yapışma ve kayma dayanımı değerleri ile yangın performansları belirlenerek karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak mekanik özellikler açısından en iyi yalıtım levhası XPS iken yangın performansı açısından taş yünü olduğu görülmüştür. Yapılarda hem izolasyon hem de can ve mal güvenliği dikkate alınarak kaplama malzemelerinin seçimiyle en iyi performans sağlanacaktır.

2014, ix + 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dış Cephe, Mantolama, Yalıtım Levhası, Performans

ABSTRACT

M.Sc Thesis

COMPARISON OF PERFORMANCES OF EXTERIOR CLADDING MATERIALS

Sevcan ÖZGÜVEN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc.Prof. Tayfun UYGUNOĞLU

This study aimed to determine the physical and mechanical properties of exterior sheathing materials. Structures in the country to obtain the identification of energy until 2017, thermal insulation is necessary. The performance of insulation materials used is very important for the safety of life and material. In the study, the different thicknesses of plaster will be applied on EPS, XPS and rockwool materials that mounted on the surface of brick walls. Then, thermal conductivity on the wall, adhesion of plaster with insulation material, flexural, compressive strength and water absorption values of cladding materials will be determined. As a result, to ensure the safety of life and property as well as the effective use of coating materials will be provided in buildings for insulation.

2014, ix + 73 pages

Key Words: Exterior Wall, Cladding, Insulation Material, Performance

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Tayfun UYGUNOĞLU'na teşekkür ederim.

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmayı, 14.FENBİL.11 numaralı proje ile destekleyen AKÜ BAPK birimine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tüm yaşantım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve manevi desteğinden dolayı Hocam Onk. Dr. Haluk Nurbaki'ye teşekkürlerimi sunarım.

Sevcan ÖZGÜVEN

AFYONKARAHİSAR, 2015

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ	4
2.1 Binalarda Enerji Verimliliği	4
2.2 Dış Cephe Mantolama (ETICS).....	7
2.3 ETICS bileşenleri	9
2.3.1 Yapıştırıcı	10
2.3.2 Yalıtım Malzemesi.....	11
2.3.2.1 EPS (Expanded polystyrene)	11
2.3.2.2 XPS (Extruded polystyrene)	15
2.3.2.3 Mineral yünü.....	16
2.3.3 Mekanik sabitleme elemanları	17
2.3.4 Temel kaplama	18
2.3.5 Güçlendirme (Reinforcement)	18
2.3.6 Nihai Kaplama	19
2.4 Mevcut Durum.....	19
2.5 Yapılarda Yangın.....	20
3. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	24
4. MATERYAL VE METOT.....	27
4.1 Kullanılan malzemeler	27
4.1.1 EPS.....	27
4.1.2 XPS	27

4.1.3 Taş yünü	28
4.1.4 Mineral sıva harcı	28
4.1.5 Sıva filesi	28
4.1.6 Dekoratif sıva harcı.....	28
4.2 Yalıtım levhalarının hazırlanması	28
4.3 Yapılan deneyler	29
4.3.1 Yalıtım levhalarının özellikleri	29
4.3.2 Sıva harcı özellikleri	31
4.3.3 Yangın testi	31
4.3.4 Isı iletkenlik testleri	33
4.3.5 Yapışma testi	35
4.3.6 Kayma dayanımı testi	36
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
5.1 Yalıtım levhalarının özellikleri	38
5.2 Sıva harcı özellikleri	40
5.3 Yangın testi bulguları	42
5.3.1 Yalıtım levhası tipinin etkisi	42
5.3.2 Sıva kalınlığının yanmaya etkisi	48
5.4 Isı iletkenlik deneyi bulguları	56
5.5 Yapışma testi bulguları.....	57
5.5.1 Sıva kalınlığının yapışma dayanımına etkisi.....	57
5.5.2 Sıva filesi konumunun yapışma dayanımına etkisi	58
5.5.3 Yalıtım levhası tipinin yapışma dayanımına etkisi.....	59
5.6 Kayma dayanımı testi bulguları	61
5.6.1 Sıva kalınlığının kayma dayanımına etkisi	61
5.6.2 Yalıtım levhası tipinin kayma dayanımına etkisi.....	61
5.6.3 Yalıtım levhalarının yerinde kalite kontrolü	62
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR.....	67

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

EPS	Genleştirilmiş polistren
XPS	Ekstrüze polistren
R	Isıl direnç katsayısı
U	Isıl geçirgenlik katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Duvar dış cephesinde mantolamada kullanılan malzemeler.....	9
Şekil 2.2 Polistrenin kimyasal yapısı.....	12
Şekil 2.3 Mantolama kompozitlerinde kullanılan dubeller.....	17
Şekil 5.1 Yalıtım levhalarının eğilme dayanımları	38
Şekil 5.2 Sıva harcının eğilme ve basınç dayanımları.....	40
Şekil 5.3 Fileli sıva harcının çekme gerilmesi	41
Şekil 5.4 Kaplamanın dış yüzeyindeki sıcaklık dağılımı	42
Şekil 5.5 Yalıtım levhalarının yanma yükseklikleri	45
Şekil 5.6 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma derinliği.....	45
Şekil 5.7 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma hacimleri.....	47
Şekil 5.8 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma hızları.....	48
Şekil 5.9 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği	49
Şekil 5.10 Gri EPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği.....	50
Şekil 5.11 XPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği	50
Şekil 5.12 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma hacmi	51
Şekil 5.13 Gri EPS'li kaplamalarda yanma hacmi.....	51
Şekil 5.14 XPS'li kaplamalarda yanma hacmi	52
Şekil 5.15 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma derinliği	53
Şekil 5.16 Gri EPS'li kaplamalarda yanma derinliği	53
Şekil 5.17 XPS'li kaplamalarda yanma derinliği.....	54
Şekil 5.18 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma hızı	54
Şekil 5.19 Gri EPS'li kaplamalarda yanma hızı	55
Şekil 5.20 XPS'li kaplamalarda yanma hızı	55
Şekil 5.21 Sıva harcının yalıtım levhasına yapışma dayanımı	58
Şekil 5.22 Filenin konumuna bağlı sıva harcının yapışma dayanımı.....	59
Şekil 5.23 Yalıtım levhalarında yapışmanın karşılaştırılması	60
Şekil 5.24 Sıva kalınlığına bağlı kayma dayanımı	61
Şekil 5.25 Yalıtım levhalarının kayma dayanımlarının karşılaştırılması	62

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1	Bina dış cephe yüzeyine ETICS uygulamaları.....	8
Resim 2.2	Mantolama kompozitlerinde kullanılan yapıştırma harcı.....	18
Resim 2.3	Mantolama kompozitlerinde kullanılan sıva filesi.....	19
Resim 3.1	Test duvarı yüzeyine bariyerli kaplanmış EPS'nin yangındaki davranışı....	24
Resim 4.1	Yalıtım levhalarına sıva yapılması	29
Resim 4.2	Yalıtım levhalarında eğilme deneyi	30
Resim 4.3	Yalıtım levhalarında tutuşma deneyi	30
Resim 4.4	Mantolama kesiti ve sıvalı yalıtım levhasının boyutlandırılması.....	32
Resim 4.5	Sıvalı kaplamanın yangın sonrası iç yüzeyinden bir görünüm	33
Resim 4.6	Kaplama levha yüzeylerindeki sıcaklık dağılımlarının ölçümü	33
Resim 4.7	Isı iletkenlik cihazı içerisindeki mantolama yapılmış duvarın görünümü	34
Resim 4.8	Mantolama levhalarına yapışma testi için levha yapıştırılması	35
Resim 4.9	Sıvalı yalıtım levhalarında yapışma dayanımının belirlenmesi	36
Resim 4.10	Sıvalı yalıtım levhalarında kayma dayanımının belirlenmesi.....	37
Resim 5.1	Yalıtım levhalarının yangın sınıflarının belirlenmesi	39
Resim 5.2	Gri ve beyaz EPS'lerde sıva arkasında oluşan hasar.....	43
Resim 5.3	XPS Yalıtım levhalarında sıva arkasında oluşan hasar	44
Resim 5.4	Yalıtım levhası üzerinden sıvası düşmüş bir yapı.....	61
Resim 5.5	Yapışma testinde mantolama levhalarında görülen deformasyon.....	62
Resim 5.6	Düşey düzlemde sıva yapışma deneyi.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Malzemelerin yangın sınıfları	22
Çizelge 5.1 Sertleşmiş sıva harçlarının genel özellikleri	40
Çizelge 5.2 Mantolama yapılmış duvar elemanın ısı özellikleri	56

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının tükenmeye yüz tutması ile birlikte kaynakları verimli kullanmak amacıyla binaların içten veya dıştan yalıtılması ihtiyacı öne çıkmıştır. Yapılan ısı yalıtımı sonucunda hem enerji tasarrufu sağlamak hem de iç iklim şartlarını istenilen seviyede tutmak mümkün olabilmektedir. Isı yalıtımı denilince, akla ilk gelen soğuk hava şartlarında bina iç hacimlerinin daha iyi ısınması, içerideki ısının dışarı kaçmaması akla gelir. Hâlbuki ısı yalıtımı sadece soğuk hava şartları için değil, sıcak hava şartları için de gereklidir. Diğer bir ifadeyle sadece kış ayları için değil, yaz ayları için de binalarda ısı yalıtımı oldukça önemlidir. İnsanoğlu dış hava şartları ne olursa olsun, iç hacimde konforlu, kendisini rahat hissedecek ve vücut ısınısını dengede tutacak iç iklim şartını oluşturmaya çalışır. Bunun için de yaz aylarında serinleme ihtiyacı duyarken, kış aylarında da ısınma ihtiyacı duymaktadır (Aksoy 2008).

Binalarda çatı, döşeme, kapı ve pencere gibi bölümler ısı yalıtımı uygulanması gereken yerlerin başında gelmektedir. Ancak ısının en çok kaybolduğu yerler, binanın büyük bir yüzey alanını teşkil eden ve ısı köprülerinin bulunduğu duvarlar ile taşıyıcı yapı elemanlarıdır (Aksoy 2008, Radhi 2010). Yapının bu bölümlerinden kaynaklanan ısı kayıpları %50'yi bulabilmektedir. Türkiye’de binaların neredeyse %85-90’ında duvar oluşturma malzemesi olarak tuğlalar kullanılmaktadır. Tuğlanın kullanılmasının en büyük nedenleri, hafif olmasından dolayı yapıya getireceği ölü yükün az olması, hammaddesinin ülkemizde neredeyse her yerde bulunabilmesi, nispeten üretimin seri halde yapılabilmesi ve diğer yapı malzemelerinden daha ucuz olması olarak sıralanabilir. Ancak yalıtım açısından ele alındığında, deliklerdeki hava sirkülasyonu nedeniyle tuğlanın ısı iletim katsayısı yalıtım malzemelerine göre oldukça yüksektir (Aksoy 2008). Dolayısıyla tuğla ile yapılan binalarda ısı kayıpları da oldukça fazla olmaktadır. Buna bağlı olarak da, yapılarda ısınma için kullanılan elektrik, doğal gaz, odun, kömür vb yakıt tüketimi de arttırılarak hem ekonomik yönden zarar edilmekte hem de doğaya direkt olarak zarar verilmektedir. Çünkü tüketilen enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Isı yalıtımıyla konut başına atmosfere yayılan atık gaz miktarı da yarı yarıya azaltılabilmektedir. Yapılarda enerji tasarrufu sağlamanın en pratik yollarından birisi de dış cephenin yalıtım malzemeleriyle kaplanması olan mantolama işlemidir.

Ülkemizde, 2000 yılından bu yana yürürlükte olan “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” ne göre, bu tarihten sonra inşa edilen yeni binalar ısı yalıtımı olarak projelendirilmektedir. Yönetmeliğin 1 Kasım 2008 tarihinde yürürlüğe giren revizyonu gereğince, mevcut eski binaların tadilatla yenilenen ve ilave edilen kısımları da enerji verimli olarak projelendirilmek zorundadır (Anonim 2007). Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla en çok kullanılan malzeme tipleri EPS (genleştirilmiş polistren), XPS (ekstrüde polistren), poliüretan köpük, taş yünü ve cam yünüdür. Binayı sadece ısıya karşı değil, aynı zamanda rutubetten ve her türlü dış etkenlerden koruyan bu uygulamalar, binanın ömrünü de artırmaktadır. Binaları tamamen yalıtımak mümkün olmakla birlikte, bu durum bina içerisinde yoğuşmaya neden olacaktır. Bu nedenle bina ile dış ortam arasında az da olsa bir ısı alışverişi olmalıdır. Buna binanın nefes alması da denilir. Binaların ısıya karşı yalıtılmasıyla %50 ile %70 oranlarına kadar enerji tasarrufu elde etmek mümkündür (Hasan 1999, Aköz vd 2001).

Dış cephelerde izolasyon amacıyla kullanılan malzeme tiplerinin çoğu sağladıkları ısı yalıtımı ile avantaja, yangın gibi yüksek sıcaklık etkisi altında oldukça çabuk deforme olmaları ile dezavantaja sahiptirler (ETAG 2013, İşbilir 2009). Enerji tasarrufu amacıyla yapılan mantolama/kaplama uygulamalarında kullanılan tüm malzemelerin yangın sınıfı imalatçı/satıcı firmalar tarafından verilmesine rağmen yapılarda diğer sıva filesi, sıva ve dekoratif kaplamalarla oluşturulan kompozit malzemelerin davranışları belirsizdir. Konuyla ilgili özellikle ülkemizdeki uygulamalara çözüm getirecek çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Özellikle ulusal literatürde bu konuda büyük boşluk ve belirsizlik bulunmaktadır. Avrupa ve ABD’de bu tip malzemelerin kullanımı oldukça yaygın olmakla birlikte daha kalın (100 mm) yalıtım malzemeleri seçilmektedir. Bunun yanı sıra tercih edilen yalıtım malzemeleri alev geciktiricili (fire retardant) malzemelerdir (Soğukoğlu ve İnce 2013). Ülkemizde ise yapıların mantolanması gerekliliği daha yeni anlaşılmaya başlanmış, yaptırımlarla uygulanmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde 2014 yılı itibariyle yapıların yaklaşık %85’i yalıtımsızdır.

Bu tez çalışması ile EPS, XPS ve taş yünü gibi yalıtım malzemelerinin performanslarının karşılaştırılması üzerine geniş kapsamlı çalışmalar gerçekleştirilerek,

kaplama yüzeyindeki sıvalı durumda, yalıtım malzemesinin duvar yüzeyine yapışma dayanımı, yangın sırasındaki yanma özellikleri ve duvar yüzeyinde sağladıkları ısı yalıtımı özellikleri gibi veriler alınarak malzeme performansları ortaya konmuştur. Bu sayede kullanıcılar başta olmak üzere kaplama yapımını üstlenen firmaların da bilgilendirilmesi sağlanacaktır.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde tez konusu hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, ülkemiz yapılarında yaygın bir şekilde kullanılan EPS, XPS, taş yünü gibi yalıtım levhalarının üretim yöntemleri, karakteristik özellikleri ve kullanım şekilleri hakkında detaylı bilgi sunulmaktadır. Üçüncü bölümde laboratuvar ortamında gerçekleştirilen sıvalı haldeki yalıtım levhalarının mantolama kompoziti olarak özelliklerinin incelenmesini kapsayan deneysel çalışmalar sunulmaktadır. Dördüncü bölümde deney sonuçları literatür bilgileriyle birlikte karşılaştırılıp tartışılarak yorumlanmıştır. Son bölüm olan sonuçlar başlığı altında da bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ana başlıklar halinde verilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1 Binalarda Enerji Verimliliği

“Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” ile binaların birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, çevre korunmasının düzenlenmesi amaçlanmaktadır. AB’nin 2002/91/EC sayılı “Binaların Enerji Performansı Direktifi” baz alınarak yönetmelik hazırlanmıştır. 2008 yılında hazırlanan iki temel yönetmelik (BEP ve MISSIGP) AB Direktifi Sertifikasyon uygulamasının da önemli aşamalarını oluşturmaktadır.

BEP Yönetmeliğinin amacı; dış iklim şartlarını, iç mekan ihtiyaçlarını, yerel şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için en düşük enerji performans gereklerinin belirlenmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği mevcut ve yeni yapılacak binalarda;

- Mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine,
- Enerji kimlik belgesi (EKB) düzenlenmesi, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmelere,
- Enerji ihtiyacının, kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına,
- Ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulmasına ve güncel tutulmasına, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine, ilişkin iş ve işlemleri kapsar.

yönetmelik kapsamında Enerji Kimlik Belgesi (EKB)'nin hazırlanmasında kullanılacak ulusal hesaplama yönteminin yazılımı olan Bina Enerji Performansı Yazılımı (BEP-TR) 2010 yılı sonunda tamamlanmıştır.

Enerji Verimliliği Kanunu gereğince, tüm binaların 2 Mayıs 2017 tarihine kadar Enerji Kimlik Belgesi almaları zorunludur. Ancak ülkemizdeki mevcut binaların 2017 yılına kadar Enerji Kimlik Belgesi almalarının teşviki için Yönetmelikte bina alım satım ve kiralama aşamasında mal sahibi tarafından yeni kullanıcısına verilmesi öngörülmüştür. Ülkemizde mevcut binaların Bina Enerji Performansı Yönetmeliği çerçevesinde iyileştirilmesi için teşvik veya finansman mekanizmalarının oluşturulması ile birlikte Yönetmeliğin ülke çapında tüm binalar için tam olarak uygulanması öngörülmektedir. Bakanlığımız teşvik veya finansman mekanizmaları konusunda da çalışmalarını yürütmektedir.

BEP-TR ulusal yazılımın kullanılmasını müteakip ilgili yazılımın veri bankası kullanılarak binanın fonksiyonuna (otel, hastane, mesken, okul, AVM vb), bulunduğu bölgenin iklim şartlarına (sıcaklık, rüzgar etkisi vb), mimari tasarımına, (yönlendirme vb) ve yürürlükteki zorunlu standartlara (TS 825 Isı Yalıtım Standardı, vb) uygun inşa edilme durumuna göre ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma gibi konuları kapsayan azami yıllık enerji talebi belirlenmekte, söz konusu enerji talebinin enerji verimli ve/veya temiz enerji kaynaklarından ve teknolojilerinden karşılanması esas alınmak suretiyle atmosfere salınımına müsaade edilecek azami CO₂ salınımı miktarı belirlenerek bu sınır değerleri aşan yeni bina yapımına izin verilmemektedir. BEP-TR veri bankasındaki istatistiki bilgiler kullanılarak yıllar bazında müsaade edilen enerji tüketim sınıfı ve CO₂ salım sınıfı değerlerinin yıllar bazında iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

Avrupa Birliği'nin 2010/31/EU direktifinde de öngörüldüğü gibi ülkemizde de Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi uygulaması ile beraber yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanılmasının artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Enerji Kimlik Belgesinde binanın ne kadar yenilenebilir enerji kaynağı kullandığı gösterilmekte olup, BEP-TR veri bankasında bu

konu ile ilgili oluşan veriler değerlendirilerek binalarda yıllara göre yenilenebilir enerji kaynağı kullanım oranının arttırılması amaçlanmaktadır.

Gerekli teşviklerin sağlanması halinde 2023 yılında; en az 10.000.000 konut ile birlikte ticari ve hizmet binalarının tamamında, belirlenmiş standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli sistemlerin bulunması amaçlanmaktadır.

Yürürlükteki mevzuatın etkin şekilde uygulanabilmesi için ilgili mercilerin personeli, yerel yönetimler, yapı denetim şirketleri ve Enerji Verimliliği Danışmanlığı şirketleri (EVD’ler) eğitilmektedir.(İnt.Kyn.1)

– ***Binalarda Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Nedir?***

“5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu” ve buna bağlı olarak çıkartılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ne göre, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının nlenmesine ve çevrenin korunmasını sağlamak için, asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belgedir. Enerji Kimlik Belgesi (EKB), Aşağıda belirtilen yapıların dışında tüm binalarda kullanılacaktır.

- Sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen binalar,
- Planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar,
- Toplam kullanım alanı 50 m²’nin altında olan binalar,
- Seralar, Atölyeler,
- Münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına, soğutulmasına gerek duyulmayan depo, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar,
- Mücavir alan dışında kalan ve toplam inşaat alanı 1.000 m²’den az olan binalar.

- İlgili idareler, enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlar, yatırımcı kuruluşlar, bina sahipleri, bina yöneticileri veya enerji yöneticileri, işletmeciler, işveren veya temsilcileri, tasarım ve uygulamada görevli mimar ve

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

- Projenin eksik veya hatalı olması veya standartlara uygun olmaması halinde, proje müellifleri; yapımın eksik veya hatalı olması veyahut standartlara uygun olmaması halinde ise, varsa yapı denetim kuruluşu ve yüklenici veya yapımcı firma, yetkilileri oranında sorumludur.
- Sistemin uygun çalışmaması işletmeden kaynaklanıyor ise, bina sahibi, yöneticisi veya varsa enerji yöneticisi veya işletmecisi kuruluş doğrudan sorumlu olur.
- İlgili idareler, sorumluluğun takip, tespit ve gereğinin yerine getirilmesi hususunda görevli ve yetkilidir. İlgili idareler ve enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlar, projelerin ve uygulamaların bu yönetmelik hükümlerine uygun olup olmadığını denetler.
- Bu yönetmeliğe uygun tasarım ve uygulaması yapılmayan binalara yapı ruhsatı veya yapı kullanım izin belgesi verilmesi durumunda, ilgili idareler, enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlar ve varsa yapı denetim kuruluşları sorumlu olur.
- Enerji Kimlik Belgesi düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir.(İnt.Kyn.2)

2.2 Dış Cephe Mantolama (ETICS)

Mantolama uluslararası literatürde ETICS olarak bilinmektedir. ETICS, “External Thermal Insulation Composite Systems” ifadesinin baş harflerinin kısaltması olup “Haricî kompozit ısı yalıtım sistemleri” anlamına gelmektedir. Sistem, uygulama

alanlarında uzun süredir kendini ispatlamıştır. Haricî kompozit ısı yalıtım sistemleri, ısı yalıtımı etkisini artırmak için, yeni veya mevcut duvarların dış yüzeyine ve/veya çıkma tabanlarına uygulanır (Anonim 2007) . Haricî kompozit ısı yalıtım sistemleri, binayı dış iklim şartlarına karşı korurken, binanın dış görünüşünü de iyileştirir (Resim 2.1).



Resim 2.1 Bina dış cephe yüzeyine ETICS uygulamaları.

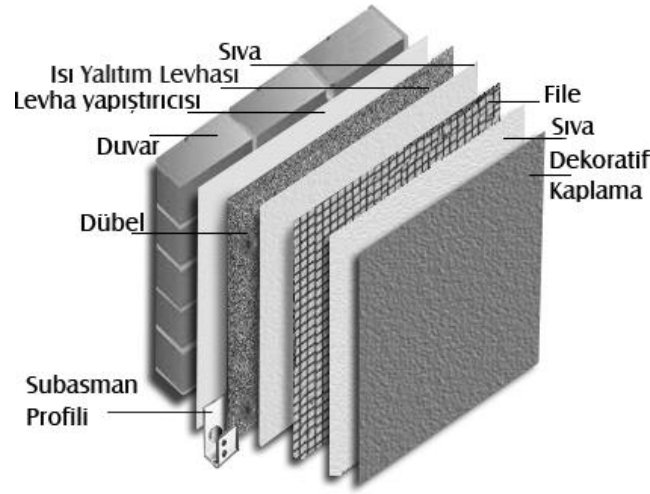
Sistem, harici yüzeye uygulanacak birçok bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar:

- Yapıştırıcı
- Mekanik tespit elemanları;
- Isı yalıtım malzemesi,
- En az bir katmanı donatı filesi içeren, bir veya daha fazla katmandan oluşan yalıtım sıvası
- Donatı filesi,
- Dekoratif bir katman içerebilen son kat kaplama malzemesi.

ETICS birçok amaç için kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları;

- Isı yalıtımı
- Nem koruması
- Yangın güvenliği
- Ses izolasyonu
- Pozitif enerji dengesi

ETICS işleminde binanın dış cephesi ısı yalıtım özellikli levhalar ile kaplanmakta, levhaların üzeri ise tekrar sıva ile kaplanıp boyanmaktadır (Şekil 2.1). Mantolamayı oluşturan malzemelerin çoğu da polimer esaslı malzemelerdir. Örneğin, sıva filesi yanı sıra sıva malzemesi içerisinde de polimerik lifler bulunmaktadır.



Şekil 2.1 Duvar dış cephesinde mantolamada kullanılan malzemeler.

2.3 ETICS bileşenleri

ETICS için en önemli parametre yalıtım ve kaplama malzemelerinin yanıcılığıdır. En kolay ve risksiz çözüm bu malzemelerin hiç yanmaz A1 sınıfı olmasıdır. Ancak dış kaplama ve yalıtım malzemelerinden istenen tek özellik yanmazlık değildir. Son dönemde dış cephe kaplama malzemelerinden beklenen pek çok özellik ortaya çıkmaktadır. Bunlar da çok değişik parametrelere dayanmaktadır. Bilimsel ve teknolojik çalışmalar bu konuda en uygun olanı bulmaya yöneliktir. Yangın yönetmeliğimizce; dış cidar yalıtım ve kaplama malzemelerinde 1992’den itibaren “Hiç yanmaz” (A1) şartından başlanarak yüksek binalar için “zor yanıcı” (A2) ve normal binalar için “zor alevlenici” (B1) malzemelere geçit verilmiştir. Tabii burada “Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elemanıya dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1,5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur” şartı getirilmiştir (Hasan 1999, Mohsen ve Akash 2001).

İngiliz yönetmeliğinde kompartıman döşemeleri ile dış duvar birleşimlerinin yangın durdurucu ile donatılması, cephe kaplamaları arasındaki boşluklar ve döşeme ile pencere boşluklarının başlangıç ve bitiş hizalarının da boşluk bariyeri olarak

düzenlenmesi, dış duvar yalıtım ve kaplama malzemelerinde belli oranda yanıcı malzemelere izin verilirken, bu oran binanın kullanım sınıfına ve komşu parsel sınırına mesafesine bağlı olarak belirlenmektedir. Cephelerde belli aralıklarla yangına dayanıklı yüzeyler oluşturulması gerekmektedir. Üç kattan daha yüksek binalarda dış cephe içerisinde yanıcı yalıtım malzemesi kullanıldığı durumlarda, iki kattan fazla olmamak şartıyla belli aralıkla yangın kesici bariyer (en az 5 cm genişliğinde mineral yünlü bir yalıtım malzemesi) istenmektedir.

ETAG 004 (Anonim 2007, Hasan 1999) , ısı yalıtım sistemlerinin performansının bir bütün olarak test edilmesini zorunlu kılan, bir araya gelen sistem ürünlerinin (ısı yalıtım malzemesi, yapıştırıcı, sıva, donatı filesi, yüzey kaplama malzemeleri ve sistem içindeki tüm bileşenler) nihai performansını, gerçek şartları simüle eden yaşlandırma testi ile belirleyen kapsamlı bir metottur. Sadece ETAG 004'e göre onay alan ısı yalıtım sistemleri için CE belgesi düzenlenmekte ve AB ülkeleri içinde serbest ticari pazarlanmasına olanak tanınmaktadır. Aşağıda ETICS bileşenleri kısaca tanımlanmıştır.

2.3.1 Yapıştırıcı

ETICS'in yapıştırıcı kısmı dayanıklılığı ve dayanımı, bütün sistemin ömrünü tayin ettiği için önemli parametreler arasındadır. Ayrıca katmanları bir arada tutması ve ısı köprüsü oluşturmaması açısından uygulamasında dikkatli olunmalıdır. Uygulamada yalıtım levhasının % 40'ının yapıştırıcı ile kaplanmış olmasına dikkat edilmelidir. Yalıtım levhalarının birleşim yerlerine ısı köprüsü ve kaçıklıklara sebebiyet vermemek için yapıştırıcı bulaştırılmamalıdır. Yapıştırıcı harçları TS EN ISO 1182 (Çomaklı ve Yüksel 2003) ile değerlendirilmesi gereken önemli parametreler arasındadır. Önemli parametreler, kalınlığı (≥ 1 mm) ve/veya yoğunluğu (≥ 1 kg/m²) olan malzemelerdir. Yapılan bu değerlendirme sonucunda yapıştırıcıların yanmazlık deneyinden A1 veya A2 sınıflandırmasına göre değerlendirmesi yapılır. Yapıştırıcılar ayrıca EN ISO 1716 (Aköz vd 2001) standardına göre değerlendirilmelidir. Her farklı formüle sahip ürün bu standarda göre ayrı ayrı denenip A1 ve A2 sınıflarına göre değerlendirilmelidir. Yapıştırıcılarda A2, B, C ve D sınıfına göre değerlendirme EN 13823 (SBI-test) (ETAG 2013) deneyine göre yapılmalıdır. Yapıştırıcının etkisi organik muhteva oranının %15

veya daha düşüğü ise ihmal edilebilir kabul edilir. Daha üstü olması durumunda ise her farklı formül için deneye tabi tutulması gerekmektedir. Denenen ürünün kalınlığı veya yoğunluğu değışmesi durumunda yeni ürünün tekrar deneye tabi tutulması veya içerdğı organik muhteva oranına göre denenen üründen daha düşük organik muhteva eden ürünler için bulunan sonuç aynı kabul edilebilir.

2.3.2 Yalıtım Malzemesi

Dünya çapında dış yüzeylere uygulanan ETICS uygulamalarının %85'i EPS, %10'u mineral yünlü ve %5'i ise diğer malzemelerden oluşmaktadır (Hasan 1999). EPS'nin daha fazla tercih edilmesinin nedenleri:

- Boyutsal kararlılık
- Esneklik
- Nem direnci
- Maliyet verimliliğı
- İspatlanmış dayanıklılık (50 yıllık deneyim)

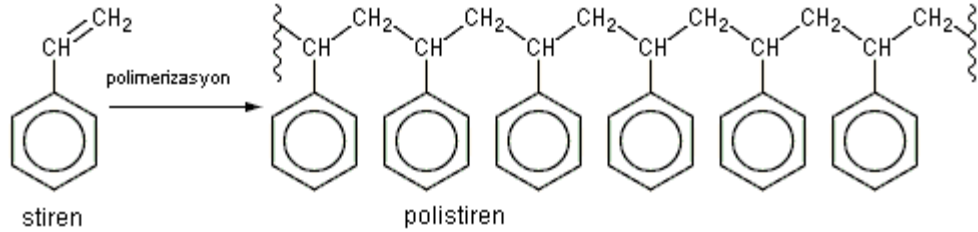
Uzun yıllar süregelen AR&GE çalışmalarıyla, ETICS sistem üreticileriyle EPS sektörü yangın riski için aşağıdaki şekilde çalışma yapmıştır:

- Büyük ölçek de yüzey yangın deneyleri de dâhil olmak üzere sistem yaklaşımlarını destekleyerek
- Yangın bariyeri ve yangın kemeri

2.3.2.1 EPS (Expanded polystyrene)

EPS, petrolden elde edilen termoplastik bir yalıtım malzemesidir. Bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1m^3 EPS Styropor da 3- 6 milyar) küçücük kapalı gözenekli hücrelerinde durgun hava hapsolmuştur. Mükemmel ısı yalıtımını bu gözenekler sağlamaktadır. Malzemenin %98'i havadır. Bu nedenle çok hafif bir malzemedir. Genel olarak $10\text{-}30\text{ kg/m}^3$ yoğunlukta üretilmektedir. Dünyada mevcut en iyi ısı yalıtımı sağlayan birkaç malzemedен biri olan EPS, diğer yalıtım malzemelerden çok daha ekonomiktir. Levha, boru ve form verilmiş elemanlar halinde yapıların ısı yalıtımında ve ambalaj

sanayisinde de kullanılır. EPS, monomer haldeki stirenden polimerizasyon ile üretilen bir polimer olan Polistren'nin belirli bir ısıda pentan gazıyla şişirilerek hacminin arttırılması sonucu oluşur (Şekil 2.2). Formülü $(C_8H_8)_n$ 'dir. Diğer yalıtım malzemeleri arasında çevreye en zararsız ve en hafif olanıdır.



Şekil 2.2 Polistrenin kimyasal yapısı.

Uygulamadaki tüm organik yapı malzemeleri gibi polystyrene köpük de yanıcıdır. Ancak pratikte yanma davranışı, kullanıldığı şartlar ve malzemenin doğasındaki özelliklere bağlıdır. Yükseltilmiş sıcaklıklarda EPS küçülüp erimeye başlar. Eğer yangına maruz kalma miktarı yeteri kadar yüksekse, tutuşma görülür ve ısı yayılımı gerçekleşir. EPS'nin düşük yoğunlukta olması sebebiyle EPS her tarafından korunduğunda ısı yayılım miktarı düşüktür. Doğru olarak kurulduğunda EPS ürünleri aşırı yangın tehlikesi oluşturmaz. Önemle EPS'nin bir yüzey malzemesiyle tam kapsamaya alınması önerilir (İşbilir 2009). EPS yurtdışında, yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belli sınırlar dâhilinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de 2002 yılı sonunda Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Yangında Korunma Yönetmeliği gereğince söz konusu malzemelerin kullanım alanları sınırlandırılmıştır. Bu malzemeler DIN 4102 standardına göre yanıcı malzemeler olup B1 sınıfı malzemelerdir (Soğukoğlu ve İnce 2013). İki tip EPS üretilmektedir: i) Standart kalite ve ii) yangın geciktiricili düzenlemeli kalitede. Yangın geciktirici, EPS'nin çok daha zor tutuşabilir olmasını sağlar ve alevin yayılma oranını büyük oranda azaltır.

- Standart EPS

EPS petrol türevi polistren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup çıplak olarak yangın sınıfına girememektedir. Sistem olarak deneye tabi tutulunca

yangın sınıfı özellikleri olarak B1 (zor ateş alma özelliği) olan malzemelerdendir. Yani ateş kaynağını uzaklaştırdıktan sonra kendiliğinden sönme özelliği olan malzemedir. Yangında zehirli gaz ve boğucu duman çıkarmaktadır.

- Yangın Geciktiricili EPS (Fire retardant EPS)

Yangın geciktirici eklentilerin kullanıldığı durumlarda EPS'nin yangın davranışında önemli iyileştirmeler görülmektedir. Yapılan deneylerle yangın geciktiricili EPS'nin standart EPS'den açıkça çok daha zor alevlendiği gösterilmiştir. Günümüzde en fazla yangın geciktirici malzeme olarak HBCD (Hexabromocyclododecane) kullanılmaktadır. Ancak sağlık açısından sürdürülen araştırmalarda, sağlık için zararlı olması tartışma konusu olmuştur. Yangın geciktirici olarak HBCD'nin özelliklerine denk yeni malzemeler araştırılmaktadır (ETAG, 2013). Bu tür EPS B1 sınıfı hammaddeden üretilmektedir. EPS'nin parlama noktası 360-370 °C olup; kendiliğinden yanabilmesi için ortam sıcaklığının 490 °C'ye ulaşması gerekir. EPS'nin yanması sonucu ortaya çıkan gaz miktarı, ahşap gibi her binada kullanılan birçok malzemeden daha azdır. Sıcağa karşı dayanımı ise; sıcaklığın derecesine ve süresine bağlıdır. Kısa süreli 100 °C'ye kadar dayanıklı, uzun sürede 75-85 °C'ye, minimumda ise -180 °C'ye kadar kullanılır. Bu nedenle çok soğuk tesisler için de ideal bir malzemedir.

Yangın geciktirici kullanılmayan EPS ilgili hiçbir yangın deneyi testinde geçememektedir ve Euroclass F olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tür ürünler termal katman uygulanarak güvenilir hale getirilse de birçok ülkede kullanımına müsaade edilmemektedir. Ancak yapısal kullanımda birçok ülkede EPS yangın geciktiricili olarak kullanılmaktadır. Yangın geciktiricili EPS ise birçok Avrupa ülkesinde yanabilir malzemeler arasında en üst sınıf ile sınıflandırılmıştır. Almanya sınıflandırma sistemi DIN 4102'ye göre B1, Fransa sistemine göre M1 ile sınıflandırılmıştır. Ortak Avrupa sınıflandırma sistemi için SBI deneyi (TS EN 13823) önerilmiş ancak farklı tür yangın geciktiricili EPS türlerinin deney sonuçları arasında tutarlı davranış görülmemiştir. Bunun nedenleri;

- Deney bir odadaki yüzey ürünleri için dizayn edilmiş olup EPS birçok senaryoda en üst yüzey elemanı olmayıp koruyucu bir katmanın arkasında olacak şekilde

yerleştirilmiştir. Bu EPS standardında farklı tür üst katman ile sınıflandırılmasının açıklamasıdır. Bu tür sınıflandırma ile nihai kullanımdaki sistem için sınıflandırma yapılmaktadır. Sadece EPS için sınıflandırma yapılmamaktadır. Bu tür uygulamalarda tüm kalınlıklar için EPS’li sistemin B sınıfına kadar çıktığı görülmektedir (Mikkola vd 2013, Han ve Zhang 2013) .

SBI için ana parametrelerden biri FIGRA (Fire Growth Rate) değeridir. Bu parametre denenen ürün için ısı yayılımının ne kadar hızlı olduğunu göstermektedir. Artan kalınlık ve yoğunluktaki EPS için deneyin başındaki ilk aleve maruz kalması sonucu daha fazla malzemenin yandığı ve FIGRA değerinin daha kötü bir duruma geldiği görülmüştür. Yüksek kalınlıklardaki yangın geciktiricili EPS deneylerinde, D sınıfı için gerekli olan $FIGRA \leq 750 \text{ W/s}$ limitine dahi ulaşamadığı için herhangi bir sınıflandırma yapılamazken aynı malzemeden çok daha düşük kütle/yüzey miktarıyla B sınıfı için gerekli olan $FIGRA \leq 120 \text{ W/s}$ değerine ulaşabildiği görülmüştür. Buradan aynı malzemeden yapılan yangın geciktiricili EPS’nin kalınlık ve yoğunluğa göre farklı sınıflandırmalar alabileceği anlaşılmaktadır. Bundan dolayı da CE işaretleme esasları zor olmaktadır (İşbilir 2009).

- EPS’nin Avantajları

EPS’nin başlıca tercih nedenleri; üstün teknik özelliklere sahip olmasının yanında, özelliklerinin yoğunluğa bağlı olarak istenilen yönde değiştirilebilmesi, ideal üretim teknolojisinin sayesinde maliyetinin düşük olması, performansını kullanım ömrü boyunca bozulmadan sürdürebilmesi ve çevre dostu bir malzeme olmasıdır. EPS ürünler, istenen performansı, malzeme israfına neden olmadan ve dolayısı ile en ekonomik çözüm ile sağlarlar:

- EPS, çevre dostu bir üründür; ozon tabakasına zarar vermez, büyük oranda geri dönüşümü olan bir malzemedir.
- Yüksek ısı yalıtımı sağlar. Yoğunluğu arttıkça ısı iletkenliği azalır.
- EPS’nin ısı iletkenliği düşük olduğu gibi sabittir, şişirici gaze ve zamana bağlı olarak değişmez.

- Basınca dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınç dayanımı artar. Kırılgan değildir. Isı yalıtım malzemesi olarak yüksek bir eğilme dayanımı vardır.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar. Kapiler su geçirimsizliği yoktur ve higroskopik değildir.
- Buhar geçirimsizliği istenilen değerlerde ayarlanabilir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliği de artar.
- Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
- Çok hafiftir, kolay taşınır ve kolay uygulanır.
- Ekonomik yalıtım malzemesidir, aynı ısı performansını daha düşük maliyetle sunar.
- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici CFC (Kloroflorokarbon)'lar ve türevleri (HCFC)'ler yoktur. İklim değişikliklerine neden olmaz. Geri dönüşümlü bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık oluşturmaz.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine ilk günkü performansı ile devam eder.
- EPS, geniş bir yoğunluk aralığında üretilebilir, uygulama seçenekleri sunar. İşe en uygun ürünü seçme imkanı vererek kaynak savurganlığını önler.
- Ses yalıtımında da başarılıdır. Titreşimden etkilenmez.

2.3.2.2 XPS (Extruded polystyrene)

XPS de EPS'ye benzer şekilde polistren taneciklerinin şişirilmesi ile üretilir. EPS malzemesinden farklı olarak XPS malzemelerinin şişirilirken pentan gazı yerine ozon tabakasına zarar veren çok çeşitli gazların kullanılmasıdır.

Diğer tüm organik maddeler gibi, XPS de yanabilir. Çıplak olarak yangın sınıfına girememektedir. Alev geciktirici kullanılarak tek başına bir ürün olarak test edildiğinde, Avrupa yangın sınıflandırma şemasının E sınıfındadır. XPS ürünler hiçbir zaman yapıda çıplak halde kullanılmadığından üzerindeki kaplama ile birlikte yangına karşı davranışı test edilmelidir. Yangın dayanım sıcaklığı üst sınırı 75°C'dir. Alev kaynağının sürekli

temas etmesi ile yanmaya devam eder. Alev kaynağı uzaklaştırılınca yanma durur. Yangında zehirli gaz ve boğucu duman çıkarmaktadır (Wade 1995, Doroudiani ve Omidia 2010).

- XPS'in Avantajları

- Düşük ısı iletkenlik değeri.
- Su emme özelliği sayesinde sürekli ve azalmayan λ - ısı iletkenlik değeri.
- Dona karşı dayanım.
- Yüksek basma ve eğilme mukavemeti sayesinde zaman içinde kalınlığı azalmaz.
- Yüksek elastisite modülü ve boyutsal kararlılık.
- Optimum buhar difüzyon direnci sayesinde kullanım yerine uygun μ değeri.
- XPS ürünler diğer plastiklerle karıştırılmadan geri dönüşümde kullanılabilir.
- Her çeşit kesici aletle kesilebilir, ufalanmaz, fire vermez.
- Kapalı gözenekli hücre yapısına sahiptir.

2.3.2.3 Mineral yünü

En yaygın mineral yünü türü olarak taş yünü ve cam yünü kullanılmaktadır. Bunlardan taş yünü, bazalt, diyabaz, dolomit gibi kayaların ergitilerek püskürtülmesi ve bakalit ile karıştırılıp daha sonra özel işlemlerden geçirilmesi sonucu elde edilen mineral yün çeşididir. Taş yünü TS EN 13501-1 (Hildebrand vd 1992; BING report 1998) standardına göre A1 sınıfı yanmaz malzeme olarak sınıflandırılır. Erime noktası 1000°C'den yüksektir. Dolayısıyla yanmaz malzeme olarak sınıflandırılmıştır. A sınıfı yalıtım malzemesi uygulamak, yangın esnasında binaların tahliyesinde gerekli olan çok önemli dakikaları kazandırıp, can kaybını önler. TS EN 1182'ye göre de (Çomaklı ve Yüksel 2003) en yüksek kategori olan A1 olarak sınıflandırılmıştır. Yüksek ses yalıtımı ve özel yangın güvenliğine ihtiyacı olan yapılarda veya yanıcı, parlayıcı maddelerin depolandığı yerlerde tercih edilen yalıtım tabakasıdır. Kalınlık arttıkça yangın direnci de artar (Rossi vd 2001). Taş yünü piyasada bağlayıcılı ve bağlayıcısız olarak bulunur. Dökme diye tabir edilen taş yünü bağlayıcısız iken belli formlar kazandırılmak için eklenen bağlayıcılar ile üretilenler plak formundadır. Taş yünü

bağlayıcısız hali ile 750°C, organik bağlayıcılı olarak 650°C sıcaklığa kadar dayanabilir. Depo, hava kanalları, galeriler gibi temas veya kullanım süresinin düşük olduğu alanlarda açık olarak kullanılabilirken yaşam alanlarında alçı levhalar gibi yanmaz ürünler ile kaplanarak kullanılması uygundur.

Cam yünü de taş yünü gibi bağlayıcısız hali ile A1 sınıfı yangın dayanımına ve organik bağlayıcılı iken A2 sınıfı yangın dayanımına sahip bir üründür. Ancak cam yünü bağlayıcısız hali ile 550°C, organik bağlayıcılı (bakalit) olarak 250°C sıcaklığa kadar dayanabilir. Yaşam alanlarında cam yününün de taş yünü gibi yanmaz plaklarla kaplanarak kullanılması gerekmektedir

2.3.3 Mekanik sabitleme elemanları

Profil veya dübel gibi, ısı yalıtım sistemlerini uygulama yüzeyine sabitleyen sisteme özgü elemanlardır. Bu elemanların değerlendirilmesi ETICS'in nihai kullanım şartlarında EN 13823 standardına (Aköz vd 2001) göre deneye tabi tutulmasıyla belirlenir. Mekanik sabitleme elemanları yangın durumunda yangın köprüsü oluşturabilmesi nedeniyle üreticinin tavsiye ettiği şekilde dikkatlice yerleştirilmelidir.



Şekil 2.3 Mantolama kompozitlerinde kullanılan dubeller.

2.3.4 Temel kaplama

Genel olarak temel kaplama malzemesi olarak sıva uygulanmaktadır. Doğrudan ısı yalıtım malzemesi üzerine uygulanan sisteme özel katmandır. Donatı filesi içerir. Haricî kompozit ısı yalıtım sisteminin mekanik özelliklerinin büyük kısmı yalıtım sıvası tarafından sağlanır (Aksoy 2008).



Resim 2.2 Mantolama kompozitlerinde kullanılan yapıştırma harcı.

2.3.5 Güçlendirme (Reinforcement)

Yalıtım levhalarını güçlendirmek için güçlendirme sıvası veya cam elyaf uygulamalı güçlendirme filesi, daha sonra oluşabilecek kırıkları engellemek için uygulanmaktadır. Donatı filesi yalıtım sıvasının mekanik dayanımı arttırmak için sıva içerisine yerleştirilen sisteme özgü malzemedir. Haricî kompozit ısı yalıtım sistemlerinde donatı olarak, cam elyaf esaslı veya metal fileler kullanılır (Wade 1995). Sıva filesi, yüksek alkali dayanımına sahip fiber cam elyafın iplik haline getirilerek sonrasında dokunması ve tutkal reçine ile kaplanarak renklendirilmesi ile elde edilen taşıyıcı donatı malzemesidir. Sıva filesi yalıtım gereken yapılarda dış ve iç cephelerinde kullanılır. Aynı zamanda sıva filesi zemin ve tavan yalıtımlarında sıcak ve soğuk iklim şartlarına karşı yapılan izolasyon yalıtımlarında donatı taşıyıcı malzeme olarak kullanılır.



Resim 2.3 Mantolama kompozitlerinde kullanılan sıva filesi.

Yapılarda, sıva filesi özellikle mantolama ısı yalıtımı yapımında sıva taşıyıcı donatısı olarak görev yapan sıva filesi, aslında yalıtım levhasının yüzeyinin pürüzlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sıva harçları alkali içerir. Bir sıva filesinin sıvaya yani alkaliye dayanıklı olması için yüksek mukavemetli saf camdan üretilmiş olması gerekir.

2.3.6 Nihai Kaplama

Sistemin son katını oluşturan, sisteme özgü mineral, organik ve/veya inorganik malzemedir. Son kat kaplama malzemesi, yalıtım sıvası ile birlikte; dış hava şartlarına karşı koruma sağlar. Aynı zamanda, sistemin dokusunu ve rengini oluşturur. Genel olarak sıva, ahşap, seramik, metal ve cam tuğla kullanılmaktadır. Nihai kaplama, organik muhtevası içeriğinden dolayı ETICS'in yangına tepki deneyinde önemli bir bileşen olarak geçmektedir (Hildebrand vd 1992). Denenecek numune belirlenirken organik muhtevası en yüksek olan kaplama seçilir.

2.4 Mevcut Durum

Enerji kaynaklarımızın daha verimli ve idareli kullanılması ve böylece enerji israfının önlenmesi amacıyla ülkemizde yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'ne göre 2011 yılından itibaren yeni yapılan tüm binaların dıştan mantolama yöntemiyle yönetmelikler çerçevesinde yalıtılması gerekmektedir (Mohsen

ve Akash 2001). Aynı şekilde mevcut binaların da 2017 yılına kadar yine aynı yöntemle yalıtılması gerekiyor. Binaların yalıtılmasından sonra her bina için “Enerji Kimlik Belgesi” düzenlenecektir. Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması 1 Ocak 2011’ den itibaren yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten itibaren yeni binaların Enerji Kimlik Belgesi alması yasal olarak zorunludur. Yapılara verilecek enerji kimliği kapsamında yalıtım değerleri A ile G arasında bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır (Anonim 2007).

Günümüz itibariyle yapıların neredeyse %85'i henüz ETICS uygulaması yaptırmamıştır. Yapılarda ise genel uygulama, 50 mm kalınlığındaki EPS (çoğunlukla) ve XPS kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Nispeten yüksek maliyeti nedeniyle taş yünü kullanımı özel uygulamalar dışında tercih edilmemektedir.

2.5 Yapılarda Yangın

Yanma, oksijen ve tutuşma sıcaklığına ulaşmış bir madde ile meydana gelen kimyasal bir reaksiyondur. Bir başka deyişle yanma, yakıtların oksijenle girdikleri kimyasal reaksiyonun adıdır. Bu reaksiyon ile yanan maddenin içindeki kimyasal enerji ortaya çıkar. Meydana gelen bu enerji, ses enerjisi, ışık ve sıcaklık gibi farklı enerji formlarında kendini gösterir. Bazen maddeyi tutuşma sıcaklığına ulaştırmak için bir başka yanıcı maddeye ihtiyaç duyulur. Böyle bir durumda yangın üçgeni olarak adlandırılan 3 faktör birlikte bulunur. Bunlar; tutuşma sıcaklığı, oksijen ve yanıcı maddedir. Yangın ise, maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucunda meydana gelen yanma reaksiyonlarından kaynaklanan bir afettir. Kontrol ve istem dışı meydana gelir.

Yanma kimyasal bir reaksiyondur. Reaksiyondan önce var olan maddelere "yanma işlemine girenler", reaksiyondan sonra oluşan maddelere de "yanma sonu ürünleri (yanma işleminden çıkanlar)" denir. Genellikle C, H₂, S, CO, C_c H_h gibi maddelerin saf O₂ ile yanması söz konusudur. Örneğin, doğalgazın önemli bir bileşeni olan metanın yanışı ve yanma sonu ürünleri $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$ (Yanma işlemine girenler » Yanma sonu ürünleri) şeklinde olmaktadır. Yanıcı bir maddenin ve oksijenin buluşması yanma için yeterli değildir; yanıcı maddenin sıcaklığının da tutuşma sıcaklığına getirilmesi gerekir.

Bir yangın yerinde sıcaklığın zamanla değişimi

- İlk 5 dakikada 555°C,
- 10. dakikada 660°C,
- 15. dakikada 720°C,
- 30. dakikada 820°C,
- 60. dakikada ise 927°C şeklinde olmaktadır.

Yapı malzemesi olarak kullanılan birçok polimer ürün düşük tutuşma sıcaklığına sahiptir. Bunun yanı sıra yine yapılarda sıkça kullanılan ahşap ve türevi ürünler de 260°C'den başlayan sıcaklıklarda tutuşabilmektedir. Bu maddelerin yanması sonucu karbonmonoksit, dioksin ve furan gazları ortaya çıkar. Ayrıca söz konusu yanıcı maddelerin yanması sonucu yanıcı olarak değerlendirilmeyen yapı elemanları üzerinde ciddi tahribatlar meydana gelir. Yangına karşı yapı tasarımında yapının taşıyıcı elemanları belirli süreler için korumak bir başka deyişle göçme süresini uzatmak amaçlardan birisidir. Bu süre hem yapıyı kullananların tahliyesine hem de yangına müdahaleye zaman sağlayacaktır. Ahşap elemanların yaklaşık 20 dk boyunca yangına dayanabildikleri ve bu sürenin sonunda göçmenin yaşanabildiği görülmüştür.

Her ne kadar yapı taşıyıcı sistemlerini oluşturan yanmaz malzemeler alev almasalar da özellikle yapı çeliğinin ısı ile maruz kaldığı deformasyonlar sonucu taşıyıcılık nitelikleri oldukça azalır. Yapı çeliği ısıyı iyi ileten bir malzeme olarak ısı yüklerinden çok kolay etkilenir. Üzerinde kalıcı deformasyonlar meydana gelebilir ve bu deformasyonlar düğüm noktalarında ötelenmelere ve hesap edilmemiş kuvvetlere neden olur. Çelik 350°C de taşıyıcılığının %33'ünü, 500°C'de %50'sini ve 700°C'de %80'ini kaybeder. 640°C'ye gelmiş bir çelik elemanın boyu yaklaşık %1 uzamaktadır. Bu nedenle çelik yapılarda göçme riski daha yüksektir.

Benzer bir durum betonarme yapılar için de geçerlidir. Bir yapıdaki yangın en çok 1093°C olabilmekte genellikle de 815°C'yi geçmemektedir. Çeliğin erime noktası ise 1450°C'dir. Yangın hâlinde meydana gelen ısı yüklemeler ve taşıma gücündeki kayıp sonucu çelik 550°C'de statik hesaplar açısından kritik noktaya gelir. Bu sıcaklığın üzerine çıkması halinde çelik üzerinde kalıcı deformasyonlar oluşur. Düğüm

noktalarında meydana gelecek plastik şekil değiştirmeler ile çökme yaşanır. Her ne kadar pas payı koruyucu bir faktör olarak bulunsa da yapı elemanının bu sıcaklığa ulaşmaması yangın riski ve önlemleri çalışmalarında göz önüne alınmalıdır.

Yangın yalıtımında, yapı elemanlarının meydana gelen sıcaklığa ve ısı yüküne dayanımlarının arttırılması amaçlanmıştır. Yangın yalıtımında meydana gelen ısıya yangın sonuna kadar dayanacak yapı ve yalıtım elemanları tasarlanabileceği gibi, yapıdaki insanların ve/veya eşyaların tahliyesine yetecek süre dayanacak yapı ve yalıtım elemanları da tasarlanabilmektedir. Yapı malzemelerinin yangına dayanım durumlarına göre sınıflandırılması sonucu aşağıdaki tablo oluşmuştur.

Çizelge 2.1 Malzemelerin yangın sınıfları.

Yangın Sınıfı	Özellik	Yapı Malzemesi
A1	Hiç yanmaz	Kum, çakıl, alçı, beton, tuğla, seramik, cam yünü, taş yünü, perlit.
A2		Organik bağlayıcılı cam yünü ve taş yünü
B1		Alçı-karton plaka, çimentolu odun talaşı, yanma geciktiricili katkılı polistiren ve poliüretan köpük.
B2		Ahşap, silikon derz dolgusu, polistiren ve poliüretan köpük.
B3		Ahşap talaşı, kağıt vb.
E		Yanma geciktiricisiz genleştirilmiş ve ekstrüze edilmiş polistiren ve poliüretan köpükler

Yangın yalıtımı içerden yapılan bir yalıtım olması nedeniyle kullanılan yalıtım malzemelerinin yapının kullanım şeklini etkilemeyecek görsel ve fonksiyonel özelliklerde olması gerekmektedir. Yalıtım kaplaması nedeniyle ortaya çıkan hacim daralmaları, yapı elemanlarındaki boyut artışı, yüzeylerdeki kaplama mukavemeti gibi sonuçlar göz önüne alınmalıdır. Yangın yalıtımında en sık karşılaşılan yalıtım ürünleri taş yünü ve cam yünüdür. Bu ürünler genel olarak meydana gelen ısıнын yapı elemanına verdiği zararı önleyebilmektedir. Ancak iç mekânda kullanım zorlukları nedeniyle son

dönemlerde yerlerini boya ve emprenye ürünlerine bırakmaya başlamışlardır. Bu ürünler genel olarak tahliye için gerekli zamanın kazanılması amacıyla kullanılırlar.

Yanmaz boyalar ve emprenyeleme ürünleri yangının yapı elemanı üzerindeki etkisini geciktirmek amacıyla kullanılabilen ürünlerdir. Kimyasal yapısındaki farklılıktan ya da uygulama kalınlığından kaynaklı olarak yapı elemanı yangın dayanımının 30, 60; 90 ya da 120 dk'lık sürelerde korumasını sağlar.

Yanmaz boya uygulamaları genellikle çelik yüzeylerde tercih edilmektedir. Emprenye uygulamaları ise ahşabın yangın dayanımını arttırmak için kullanılmaktadır. Yangına dayanıklı boyalar yangın sırasında şişerek hacimleri artar. Bu hacim artışı ile yalıtım katmanı elde edilmiş olur. Hacimdeki bu artış için belli bir süre gereklidir. Boya kullanarak yangına karşı koruma, ev tipi yangın olarak adlandırılan selülozik yangınlara karşı etkilidir. Ancak akaryakıt yangınları gibi hidrokarbon yangınlarında hızla ısı artışı yaşandığı için boyalardaki tepki süresi yetersiz kalmakta ve yeterli koruma sağlayamamaktadırlar.

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik ile mimari ve statik tasarıma temel teşkil edecek büyüklükler ve detaylar belirlenmiştir. Yangına dayanıklı yapı tasarımı birçok parametreye bağlı olarak ele alınan bir konudur. Yapı elemanlarının üretildiği malzemenin seçimi veya yapı elemanlarını koruyan yalıtım malzemesinin tercihi yangın yalıtımında bir bölümdür. Diğer bölüm ise yapı elemanlarının tasarımı ve yapıdaki hacimlerin boyutlarının belirlenmesidir. Bu tasarımların amacı yangın anında, kaçışları ve taşımayı sağlayacak zamanı sağlamaktır. Dış cephelerde izolasyon amacıyla kullanılan malzeme tiplerinin çoğu sağladığı ısı yalıtımı gibi avantajı yanında, yangın gibi yüksek sıcaklık etkisi altında oldukça çabuk deforme olmaları ile dezavantaja sahiptirler (Zhang vd 2011, TS EN 13501-1 2007). Yapı malzemeleri yangın dayanımları açısından farklı sınıflara sahiptirler. Yapılardaki yangın olaylarında yakıt görevini o yapıda kullanılan malzemeler oluşturmaktadır. Yapıda kullanılan malzemelerin bilinçli seçilmesi ile, oluşabilecek bir yangın olayı da en az maddi hasarla kontrol altına alınmış olacaktır.

3. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Doroudiani ve Omidian (2010) dekoratif desenli EPS mantolama malzemelerini çevre, sağlık ve güvenlik açısından değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, bu malzemelerin çevre şartlarından çabuk bir şekilde etkilendiklerini, yangın sırasında ise can güvenliğini tehlikeye attığını belirtmişlerdir.

Zhang vd (2011) XPS yalıtım levhası yüzeyinde alev yayılma testi gerçekleştirmişlerdir. Alev yayılma şekli ve sıcaklık değerleri deney sırasında kaydedilmiştir. Alevin malzeme üzerinde yayılmasında malzeme kalınlığının etkisi olduğu belirtilmiştir. XPS yalıtım levhasının kalınlığı 8 cm'den daha az olduğunda ısı yayılması konvensiyonel yöntemle gerçekleşirken, 8 cm'den daha kalın levhalarda radyasyon yöntemiyle yayıldığı rapor edilmiştir.

Xin vd (2013) 70 mm kalınlığındaki EPS ile bariyersiz, iki bariyerli ve üç bariyerli olmak üzere farklı sayıdaki bariyer (taş yünü) bulunması durumundaki sıva kaplı ETICS'in yangın sırasındaki davranışını incelemişlerdir (Resim 3.1). Deney sonuçlarına göre bariyersiz ETICS'in tamamı deforme olmuştur. Duvar yüzeyindeki sıvalar dökülmüştür. İki ve üç bariyerli kaplamada ise en fazla deformasyonlar aleve yakın bölümde oluşmuştur Xin vd (2013).



Resim 3.1 Test duvarı yüzeyine bariyerli kaplanmış EPS'nin yangındaki davranışı.

Jiang vd (2014) poliüretan köpük ile XPS yalıtım levhalarının yangın testi ile yanma boylarını ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre XPS yalıtım levhaları poliüretan köpükten daha fazla yanmıştır. Örneğin 100 mm genişliğindeki numunelere yangın testi uygulandığında poliüretan köpükte 99.2 mm yanma meydana gelirken XPS'te 195 mm yanma olmuştur.

Rasmussen ve Nicolajsen (2007) dış cephe kaplamasında kullanılan organik ve inorganik kaplama yalıtım levhalarının performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede Danimarka evlerinde bu yalıtım levhalarının duvara montajı ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hem organik hem de inorganik yalıtım levhalarının ısı yalıtım amaçlı olarak mantolama işlemlerinde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Rossi vd (2001) yangın geciktiricili ve geciktiricisiz EPS'nin yanma sırasında açığa çıkan dumanını karakterize etmişlerdir. Yangın geciktiricisiz EPS'nin yanması sonucu ortaya çıkan dumanda yapılan incelemeler sonucunda yüksek oranda karbon açığa çıktığı gözlenmiştir. Yangın geciktirici içeren EPS'de ise yanma sırasında açığa çıkan karbon miktarının büyük oranda azaldığı belirtilmiştir.

Kılıç (2003) bu çalışmada yapılardaki yangın güvenlik önlemleri ve yangınları söndürmek amacıyla kullanılan yangın söndürme sistemlerini tanıtmakta ve muhtemel yangın risklerinde yangın tipi ve şartlarına bağlı olarak yangın söndürme sisteminin seçim esaslarını vermektedir. Yangın güvenlik önlemleri, yapıların projelendirilme aşamasından yapının kullanım şartlarına kadar olan aşamaların bir bütünü olduğundan, aktif önlemlerin yanında pasif önlemlerinde yangınla mücadeledeki etkisinin önemi ortaya konulmuştur.

Kaya ve Öz (1999) alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddelerini tanıtip endüstriyel kullanım alanlarını, pazar tüketim durumlarını ve gelecekteki eğilimleri özetlemek amacıyla bu çalışmayı yapmışlardır. Daha çok alev geciktirici pazarında payı büyük olan halojensiz alüminyum hidroksit (ATH) ve Türkiye'deki magnezit sektörü için yeni pazar olabilecek magnezyum hidroksiti ($Mg(OH)_2$) detaylı olarak incelemişlerdir. Araştırmalar tamamlandığında minerale dayalı alev geciktiricilerin geleceği parlak görülmüştür. Dünyada oldukça güncel olan alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddelerinin endüstriyel kullanımı Türkiye'de de gün geçtikçe artacağı öngörülmüştür.

Özkan vd (2009) ısı yalıtımında doğru malzeme seçiminin ve optimum yalıtım kalınlığının tespitinin önemini ortaya koymuşlardır. TS 825 standardına uygun bir

yazılım geliştirerek Türkiye'nin 4 bölgesi için, farklı yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığını veren grafikler hazırlamışlardır. Binalarda alan oranının artmasıyla yalıtım kalınlığının çok büyük miktarda arttığı belirlenmiştir. Yakıt maliyetleri ve ülkemizin enerjide dışa bağımlılığı da göz önüne alındığında binalarda optimum kalınlıkta ısı yalıtımı yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ısı, ses ve yangın yalıtımını birlikte yerine getirebilen yalıtım malzeme ve tekniklerinin araştırılıp geliştirilmesine dikkat çekmişlerdir.

Arpacıoğlu (2004) cephedeki yangın yayılımını, kullanılan malzeme ve cephe geometrisi ile doğrudan ilişkilendirmiştir. Bunun sonucunda enerji korunumu için kullanılan yanıcı cephe malzemeleri yerine yanıcı olmayan ısı yalıtım malzemeleri kullanımı gerekliliğini ortaya koymuştur. Ayrıca giydirme cephelerin yalıtılması ve yangın güvenliğine uygun detaylandırılması gerektiği de belirtilmiştir.

Koçu ve Dereli (2010) yaptıkları çalışmada ısı yalıtımı ile enerji tasarrufu sağlanması konusunda genel bilgiler vererek, yapıların ısı yalıtımı ile ilgili uygulamaları ve karşılaşılan sorunlar konusunda sadece dış duvarlar ile ilgili kesitlerin detaylarını çizerek yoğuşma sorunlarının olup olmadığını incelemişlerdir. Sonuç bölümünde; ısı yalıtımsız binalarda enerji kaynaklarının daha fazla harcandığı belirtilmiş, incelemede bulunan kesitlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Cephe yangını konusunda ülkemizdeki çalışmalar genellikle literatür taraması veya durum incelemesi niteliğindedir. Uluslararası literatürdeki çalışmalarda ise genellikle malzemenin bireysel olarak yangındaki davranışları üzerinde durulmuştur. Sıvalı haldeki yalıtım levhalarının yangın durumundaki davranışları üzerine yapılan deneysel özgün çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Konuyla ilgili olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yapı Malzemesi Laboratuvarında yürütülen proje kapsamında bazı ön çalışmalar gerçekleştirilmiş ve konunun önemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

4. MATERYAL VE METOT

Ülkemiz yapılarında bina dış cephelerinde mantolama amacıyla yalıtım levhası olarak kullanılan EPS ve XPS gibi polimerik malzemelerin karakteristik özelliklerinden özellikle yangın dayanımlarının oldukça düşük olduğu; yaklaşık 70-80°C sıcaklık sonrasında deforme oldukları bilinmesine rağmen bazı avantajları nedeniyle büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu kaplamalar üzerine yapılan sıvaların ince bir tabaka halinde yapıldığı da dikkate alındığında, mantolamaların aleve maruz kalmaları ile sıva arkasındaki yalıtım levhasının deforme olacağı ve sıvanın da döküleceği düşünülerek sabit alev yüksekliğinde sıvalı yalıtım levhaların sadece fiziksel olarak deforme özelliklerini inceleyecek şekilde aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu malzemelere ilaveten taş yünü gibi malzemelerin de yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde kullanılmaları durumunda sıva tutma, yangın etkisindeki davranışları, ısı iletkenlik katsayıları ve duvar yüzeyine yapışmaları gibi çeşitli testler yapılarak performansları karşılaştırılmıştır.

4.1 Kullanılan malzemeler

4.1.1 EPS

Yapılarda dış cephe mantolamada kullanılan yalıtım levhalarının karakteristik özelliklerine odaklanarak gerçekleştirilmiş deneysel çalışmalarda kullanılan EPS Afyonkarahisar'daki bir firmadan 50x100 cm boyutlarında levha şeklinde temin edilmiştir. EPS yalıtım malzemesi 50 mm kalınlığında, 16 kg/m³ yoğunluğunda, beyaz renkli (karbonsuz) ve gri renkli karbon takviyeli olmak üzere iki çeşittir. Beyaz-EPS'nin ısı iletkenlik katsayısı değeri 0.037 W/mK ve gri renkli karbon takviyeli EPS'nin de ısı iletkenlik katsayısı değeri 0.035 W/mK'dir.

4.1.2 XPS

XPS yalıtım malzemesi ise 50 mm kalınlığında ve 25 kg/m³ yoğunluğundadır. Bu yalıtım levhaları da EPS gibi Afyonkarahisar'daki bir firmadan 60x120 cm boyutlarındaki levhalar şeklinde temin edilmiştir. Isı iletkenlik değeri 0.033 W/mK'dir.

4.1.3 Taş yünü

Ticari olarak kaya yünü veya rockwool olarak da bilinen taş yünü Afyonkarahisar'daki bir firmadan 50x100 cm boyutlarındaki levhalar şeklinde temin edilmiştir. Isı iletkenlik değeri 0.036 W/mK'dir.

4.1.4 Mineral sıva harcı

Yalıtım levhaları üzerine farklı kalınlıklarda sıva işlemi uygulanmıştır. Sıva harcı olarak mineral lif içeren çimento esaslı mantolama sıva harcı kullanılmıştır. Sıva harcının hazırlanmasında firma tarafından verilen sabit karışım kullanılmıştır.

4.1.5 Sıva filesi

Mantolama numuneleri hazırlanmasında donatı elemanı olarak yüksek mukavemetli cam elyafından üretilmiş sıva filesi kullanılmıştır. Sıva filesi 50 g/m² ağırlığında ve 4x4 mm kare göz açıklıklı beyaz renklidir.

4.1.6 Dekoratif sıva harcı

Sıva harcı üzerine dekoratif sıva görünümünü vermek amacıyla uygulamalarda kullanılan ve en büyük tane boyutu 3 mm kuvars içeren beyaz renkli dekoratif sıva harcı ilgili firmanın verdiği teknik özellikler kapsamında suyla karıştırılarak kullanılmıştır.

4.2 Yalıtım levhalarının hazırlanması

Yalıtım levhalarının dış cephe mantolama malzemesi olarak kullanılmaları durumunda performanslarının karşılaştırılması için levhaların üst yüzeylerine 2, 4, 6 ve 8 mm kalınlığında olmak üzere farklı kalınlıklarda sıva yapılmıştır. Sıva kalınlığı, levhaların kenarlarına masterlar konularak ayarlanmıştır (Resim 4.1). Levha üzerine 1 mm kalınlıkta sıva harcı yapıldıktan sonra harç üzerine sıva filesi konulmuştur. File yerleştirildikten sonra gereken kalınlığa ulaşıncaya kadar sıva harcıyla kaplanmıştır.



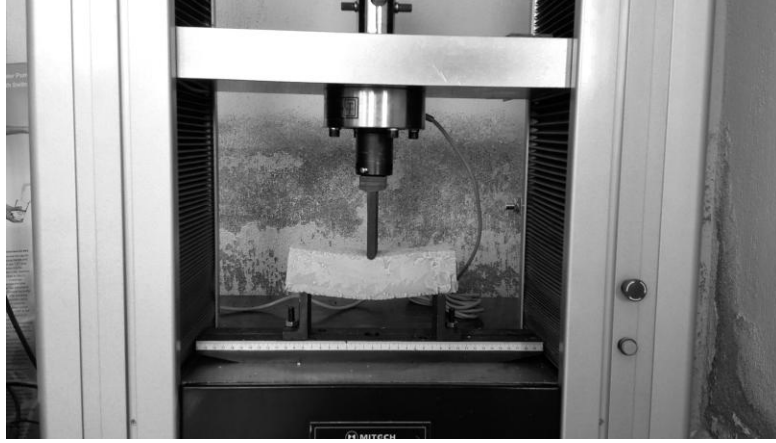
Resim 4.1. Yalıtım levhalarına sıva yapılması.

Sıva işlemi 1000x500 mm boyutundaki gri ve beyaz EPS ile taş yününe, 1200x600 mm boyutundaki XPS levhalara yapılmıştır. Sıva yapımından 24 sa sonra prizini alan sıva kaplamaları üzerine yaklaşık 2 mm kalınlıkta dekoratif sıva uygulaması da yapılmıştır. Sıvalı yalıtım levhaları üzerindeki testler 28 gün sonrasında gerçekleştirilmiştir.

4.3 Yapılan deneyler

4.3.1 Yalıtım levhalarının özellikleri

Yalıtım levhası olarak kullanılan beyaz-EPS, gri-EPS, XPS ve taş yünü yalıtım levhalarının çekme dayanımlarının belirlenebilmesi amacıyla orta noktadan yükleme yöntemiyle 50x50x200 mm boyutlu numuneler hazırlanarak eğilmede çekme dayanımı gerçekleştirilmiştir. Eğilme testleri 20 kN kapasiteli eğilme, çekme ve basınç deneyleri gerçekleştirilebilen Mitech marka cihazda (Resim 4.2), mesnet açıklığı olarak numune yüksekliğinin 3 katı olacak şekilde 150 mm ayarlanarak yapılmıştır.



Resim 4.2 Yalıtım levhalarında eğilme deneyi.

Laboratuvara getirilen yalıtım malzemeleri üzerinde bireysel olarak TS EN ISO 11925-2 (2011) standardına göre küçük alev test düzeneğinde (Resim 4.3) yangın sınıfı kontrol edilmiştir. İlgili standarda göre iki faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlardan birisi yalıtım levhası yüzeyine 45°'lik açıyla maruz bırakılan alev kaynağı ile 15 s'lik yanma deneyinde yanma yüksekliği ölçülmektedir. Şayet yanma yüksekliği 150 mm'den az olursa ikinci faktör olarak da yanma yüksekliğinin 150 mm'ye ulaşınca kadar geçen sürenin alınmasıdır.



Resim 4.3 Yalıtım levhalarında tutuşma deneyi.

Her bir yalıtım levhasından 100x300 mm boyutlarında kesilerek birer yüzeyleri üzerinde alttan 40 mm ve buna ilave olarak 150 mm mesafelerden işaretleme yapılmıştır. Alttan 40 mm çizgiden itibaren alev tatbik edilmiş ve yanmanın 150 mm çizgisine ulaşınca kadar geçen süre kaydedilmiştir.

4.3.2 Sıva harcı özellikleri

Mantolama kompozitlerinde kullanılan sıva harçlarının teknik özelliklerinden orta noktadan eğilme dayanımı ile tek eksenli basınç dayanımları TSE K 113 standardına göre belirlenmiştir. Eğilme ve basınç dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 40x40x160 mm boyutlarında prizmatik numuneler üretilmiş ve 3, 7 ve 28 gün boyunca standart kür işlemine tabi tutulmuşlardır. Her kür süresi sonunda numuneler eğilme ve basınç testine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca fiziksel özellik olarak da ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık ve görünen porozite oranları da Arşimet prensibine göre 28 günlük 40x40x160 mm boyutlu prizmatik numunelerin suya doygun havada (W_1), su içinde (W_2) ve etüv kurusu havadaki ağırlıkları (W_o) alınarak Denklem (4.1), (4.2) ve (4.3) kullanılarak sırasıyla yoğunluk (BHA), ağırlıkça su emme (W_w) ve görünen porozite (GP) değerleri belirlenmiştir.

$$BHA = \frac{W_o}{(W_1 - W_2)} \quad (4.1)$$

$$W_w = \frac{W_o}{(W_1 - W_o)} \times 100 \quad (4.2)$$

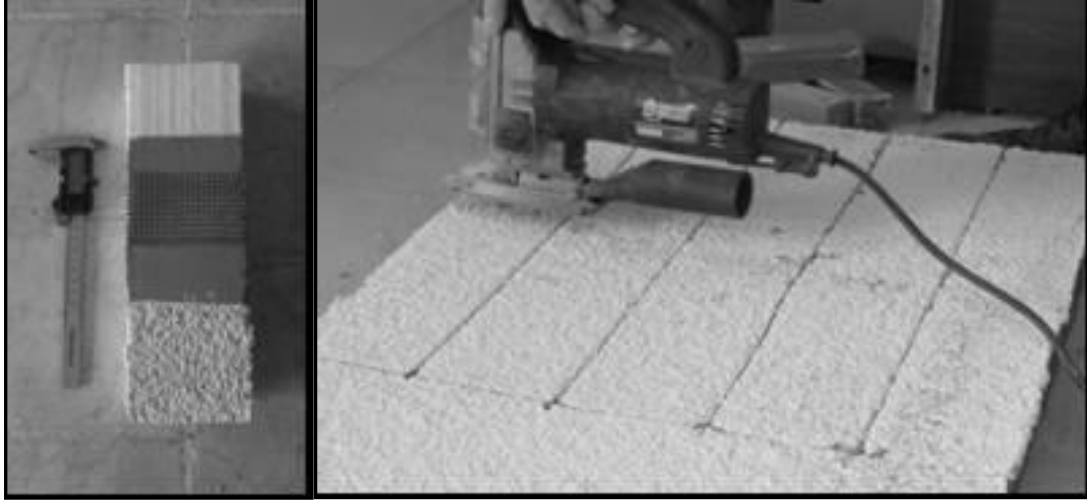
$$GP = \frac{(W_1 - W_o)}{(W_1 - W_2)} \times 100 \quad (4.3)$$

Sıva harçlarının sıva filesi ile olan yapışma dayanımlarının ortaya konabilmesi amacıyla da 2, 4, 6 ve 8 mm kalınlığında ve orta kısmında sıva filesi içeren sıva harçları 28 gün laboratuvarda bekletilmeleri sonrasında 25x100 mm boyutlarına getirilerek Mitech marka 20 kN kapasiteli çekme cihazında eksenel çekme deneyine tabi tutulmuşlardır.

4.3.3 Yangın testi

Yangın deneyi olarak sıva üzerinden alev kaynağına maruz bırakılan numunelerin sıva arkasındaki yalıtım levhasının deformasyonu ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Deneylerdeki homojenliği sağlamak için sıvalı yalıtım levhaları 100x300 mm

boyutlarında dekopaj aleti ile kesilerek aynı levhadan çok sayıda numune elde edilmiştir (Resim 4.4).

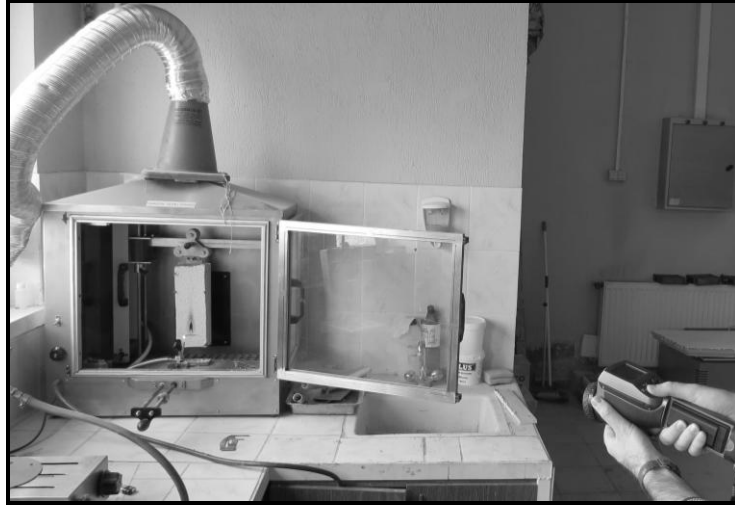


Resim 4.4 Mantolama kesiti ve sıvalı yalıtım levhasının boyutlandırılması.

Yangın deneyleri, üst yüzeyleri mineral lif içeren çimento esaslı mantolama sıva harcı ile sıva yapılmış mantolama numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Üzeri sıva harcı ve dekoratif sıva ile kaplı numuneler 28 gün sonra tek alev kaynaklı yangın test cihazında sabit 20 mm yüksekliğindeki aleve maruz bırakılmışlardır. Alev, kaplamanın sıvayla kaplı dış yüzeyine, 0.5, 4, 9, 16 ve 25 dk olmak üzere beş farklı sürelerde uygulanmıştır. Alev kaynağı, kaplama numunesinin alt kenarından 40 mm yukarıda olacak şekilde küçük alevli yangın test cihazında 45° açıyla aşağıdan yukarıya doğru tatbik edilmiştir. Daha sonra bu kaplamalar cihazdan alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra dekopaj aleti yardımıyla orta kısmından boylamasına kesilerek iç kısımlarındaki yalıtım malzemelerinin durumları gözlenmiştir (Resim 4.5). Sıvanın hemen arkasındaki yalıtım malzemelerinin yanma yükseklikleri ve yanma derinlikleri (yüzeyden arkaya doğru) ile toplam yanma hacimleri kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Yanma hacimlerinin ölçülmesinde, yanan kısımlara su konularak, yanma boşluğunu dolduran suyun ağırlığının belirlenmesi yöntemi kullanılmıştır.



Resim 4.5 Sıvalı kaplamanın yangın sonrası iç yüzeyinden bir görünüm.



Resim 4.6 Kaplama levha yüzeylerindeki sıcaklık dağılımlarının ölçümü.

Ayrıca, sıvalı kaplama malzemelerinin dış yüzeyden aleve maruz bırakıldıkları süreler sonunda test sonlandırılmadan önce sıva üzerindeki sıcaklık FLIR marka termal kamera ile ölçülerek yüzeyindeki sıcaklık dağılımı belirlenmiştir (Resim 4.6).

4.3.4 Isı iletkenlik testleri

Yalıtım levhalarının bireysel olarak ısı iletkenlik katsayıları literatürden bilinmekteyse de bu malzemelerin duvara uygulanması sırasında iki levha arasındaki derz boşluklarından dolayı mutlaka ısı kaçakları oluşmaktadır. Bu kayıplar da dikkate alınarak mantolanmış duvarın ısı iletkenlik katsayısı Resim 4.7’de verilen duvar tipi ısı iletkenlik cihazıyla ölçülmüştür. Cihazın orta bölmesindeki bölüme 13,5x19x19 cm

boyutlarındaki fabrika tuğlası ile duvar teşkil edilmiştir. Duvarın sıcak oda tarafına 2 cm; soğuk oda tarafına dış ortamı temsilen 2.5 cm kaba sıva yapılmıştır. Daha sonra sadece dış ortamı temsil eden soğuk oda tarafına farklı tipte yalıtım levhaları ile mantolama işlemi yapılmıştır. Mantolama işlemin de kaba sıva üzerine yaklaşık 3 mm yapıştırma harcı sürüldükten sonra yalıtım levhaları yapıştırılmıştır. Yapıştırma harcının kurumması için 24 sa beklendikten sonra yalıtım levhaları dübel ile duvara sabitlenmiştir. Yalıtım levhaları üzerine 2 mm sıva harcı yapıp, sıva filesi de yerleştirilmiş ve daha sonra 2 mm daha sıva harcı yapılmıştır.



Resim 4.7 Isı iletkenlik cihazı içerisindeki mantolama yapılmış duvarın görünümü.

Duvar üzerine farklı yalıtım levhaları ile mantolama işlemi yapıldıktan sonra mantolama 4 mm sıva harcı ve 2 mm dekoratif sıva ile kaplanmış ve en az 7 gün şartlandırılması için laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Daha sonra 1.5x1.5m kare kesitli duvar üzerinde 0.5 m² kareleme yapılarak bu bölgelere termokulplar yapıştırılmıştır. Sıcak ortam 40 °C'ye; soğuk ortam da 0 °C'ye ayarlanarak üç gün boyunca duvarın iki tarafındaki sıcaklık değerleri alınarak ara yüz programı ile veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Alınan veriler ile birlikte yine programdaki yazılım ile ısıl geçirgenlik katsayısı (U) belirlenmiştir. Ayrıca, standart ile karşılaştırmak amacıyla TS 825'te verilen hesaplama yöntemiyle ısıl direnç (R) ve ısıl geçirgenlik katsayısı değerleri (U) aşağıda verilen Denklem (4.4) ve Denklem (4.5) ile hesaplanmış ve kaydedilmiştir.

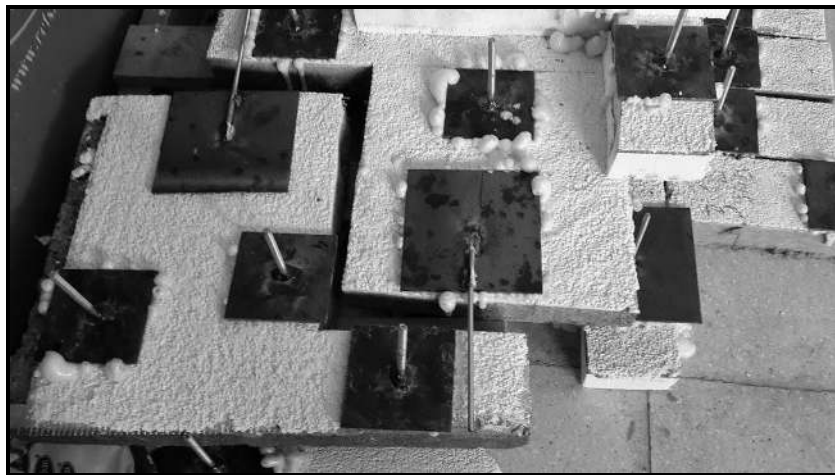
$$R=R_i+R_n+R_e \quad (4.4)$$

$$U=1/R \quad (4.5)$$

Denklemlerde, R , duvarın toplam ısı direnci ($m^2.K/W$); R_i , iç yüzeyin yüzeysel ısı geçirgenlik katsayısı ($m^2.K/W$); R_e , dış yüzeyin yüzeysel ısı geçirgenlik katsayısı ($m^2.K/W$); R_n , duvarı oluşturan elemanların ısı geçirgenlik katsayısı ($m^2.K/W$); U , duvarın toplam ısı geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$) değerlerini ifade etmektedir.

4.3.5 Yapışma testi

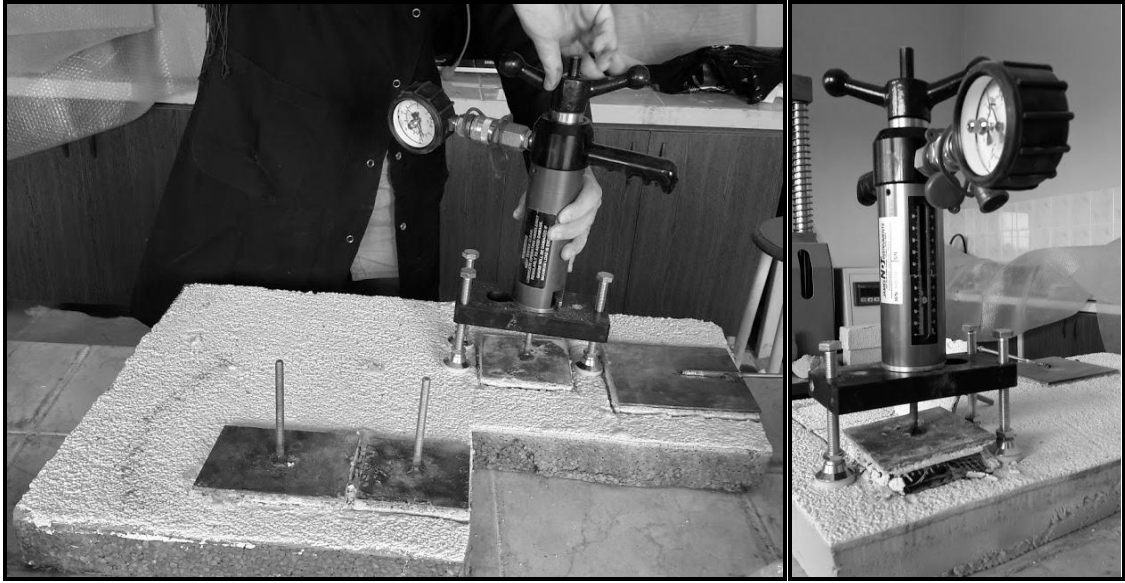
Dış cephe mantolama uygulamalarında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi sıva harcının yalıtım levhası üzerine yapışması ve kendi ağırlığı ile düşmeden durabilmesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla farklı yalıtım levhaları üzerine yapılan sıva harcının yapışma veya diğer adıyla aderans dayanımlarının belirlenmesi amacıyla 100x140 mm boyutlarında ve 4 mm kalınlığındaki metal levhalar sıva üzerine ticari adıyla deniz tutkalı olarak bilinen yapıştırıcıyla tam teması sağlanmıştır. Levhaların üst orta noktasında levhaya dik olarak kaynatılmış 100 mm uzunluğunda vida bulunmaktadır. Deniz tutkalının özeliği, şişerek iki farklı yüzeyin yapışmasını sağlamaktır. Sıva ile metal levha arasındaki makro boşluklar bu yapıştırıcının özeliği kullanılarak doldurulmuş ve iki yüzey arasındaki tam yapışma sağlanmıştır (Resim 4.8).



Resim 4.8 Mantolama levhalarına yapışma testi için levha yapıştırılması.

Sıvanın mantolama levhalarına olan yapışma dayanımları pull-off yöntemiyle metal

levhaların yukarıya doğru çekilerek deformasyon olduğu andaki kopma yükünün ölçülmesiyle yapılmıştır (Resim 4.9). Ölçümler öncesinde levha yüzeylerine yapıştırılmış olan metal plakaların etrafındaki yapıştırıcılar temizlenmiş ve sıva yalıtım levhalarına kadar kesilmiş ve metal plakaların altında sıva üzerinde alan oluşturulmuştur. Pull-off yöntemiyle okunan yük değerleri bu alanlara oranlanarak yapışma dayanımları elde edilmiştir.



Resim 4.9 Sıvalı yalıtım levhalarında yapışma dayanımının belirlenmesi.

4.3.6 Kayma dayanımı testi

Mantolama sistemlerinde sıvanın dik yüzeyde taşınabilme dayanımının belirlenebilmesi amacıyla sıva yüzeyine paralel bir şekilde 150x150 mm boyutlarındaki metal levhalar yapıştırılmıştır (Resim 4.10).



Resim 4.10 Sıvalı yalıtım levhalarında kayma dayanımının belirlenmesi.

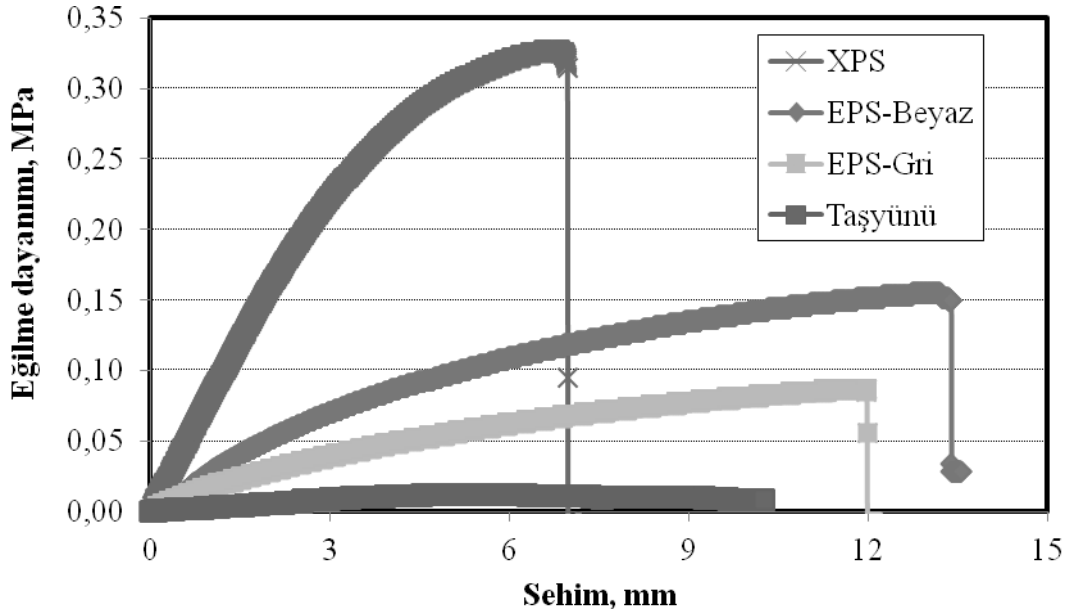
Yalıtım levhaları bir yüzeye sabitlenerek yapışma testinde kullanılan pull-off cihazıyla kayma kuvvetine maruz bırakılmışlardır. Deney öncesinde metal plaka çevresindeki sıva yalıtım levhasına kadar kesilerek bir alan oluşturulmuştur. Kayma yükü etkisi altında deformasyon gerçekleştikten sonra, elde edilen en büyük yük değeri not edilmiştir. Yük değerinin metal plaka alanına bölünmesiyle kayma gerilmeleri bulunmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Dış cephe mantolama malzemelerinin performanslarının karşılaştırılması kapsamında elde edilen bulgular sıva harcı özellikleri, sıvalı kaplama levhalarının yangın, yapışma dayanımı ve kayma dayanımı gibi özellikleri alt başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

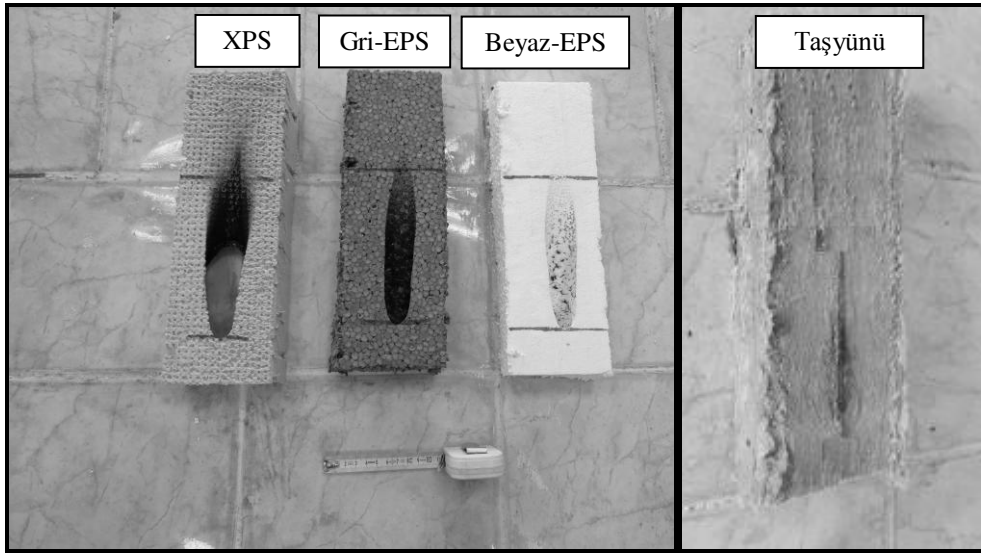
5.1 Yalıtım levhalarının özellikleri

Farklı tipteki yalıtım levhaları üzerinde gerçekleştirilen eğilme dayanımları Şekil 5.1'de verilmiştir. Yalıtım levhaları içerisinde en büyük eğilme dayanımı 0,33 MPa olarak XPS levhasında elde edilmiştir. En düşük eğilme dayanımı ise 0,012 MPa değeri ile taş yünü levhasında gözlenmektedir. Beyaz ve gri EPS'ler ise 0,09 MPa ve 0,16 MPa değerleri ile XPS'ten daha düşük değerler almıştır. XPS'in daha yüksek eğilme dayanımına sahip olmasının nedeni diğer malzemelere göre daha yoğun bir yapıya sahip olmasıdır. Taş yünü de yoğun bir yapıya sahip olmasına rağmen, taş yünü liflerinin bir bağlayıcı ile bağlanmaması ve sadece sıkıştırılarak üretilmesi nedenleriyle eğilme dayanımları oldukça düşüktür.



Şekil 5.1 Yalıtım levhalarının eğilme dayanımları.

Malzemelerin eğilme dayanımlarının yarısı kadar çekme dayanımına sahip olduğu düşünülürse, XPS'in 0,16 MPa, beyaz EPS'nin 0.045 MPa, gri EPS'nin 0.08 MPa ve taş yününün de 0.006 MPa çekme dayanımına sahip olduğu görülecektir. Özellikle taş yünün çekme dayanımı "0" değerine oldukça yakındır. Bu tip malzemelerin üzerine yapılacak sıva kalınlığının mümkün olduğunca az olması, bu levhaların duvar yüzeyine mutlaka dübel ile montelenerek üzerine yapılacak sıvanın taşınmasına yardımcı olması gerekecektir.



Resim 5.1 Yalıtım levhalarının yangın sınıflarının belirlenmesi.

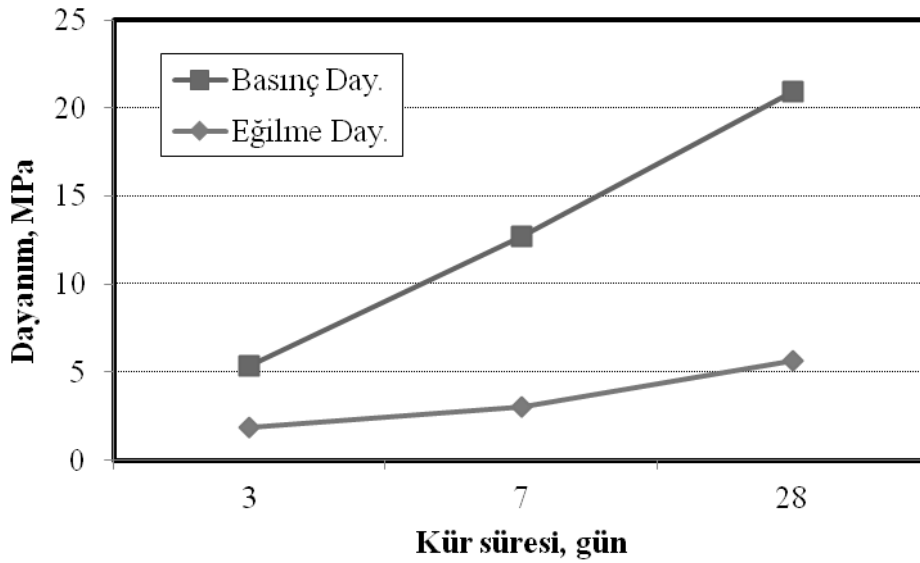
Laboratuvara getirilen yalıtım malzemeleri üzerinde bireysel olarak TS EN ISO 11925-2 (2011) standardına göre küçük alev test düzeneğinde yangın sınıfı kontrol edilmiştir. İlgili standarda göre gerçekleştirilen 15 s'lik yanma deneyinde polimerik malzemeler olan gri-EPS, beyaz-EPS ve XPS'in aleve maruz kalması ile 150 mm'lik mesafeye kadar kolayca yandığı; alev uzaklaştığında alevi ilerletmediği; buna göre TS EN 13501-1 (2007) standardına göre de E sınıfında bir malzeme olduğu görülmüştür (Resim 5.1). Mineral yün olan taş yünün aleve maruz kalması durumunda bile yanmadığı ve tutuşmadığı gözlenmiştir. TS EN 13501-1(2007) standardına göre de taş yünü A2 sınıfında bir malzemedir.

5.2 Sıva harcı özellikleri

Yalıtım levhalarının üzerine yapılan sıvaların sertleşmiş durumdaki bazı karakteristik özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Yapılan sıvaların birim ağırlıkları 1600 kg/m^3 değerinde olduğu, buna bağlı olarak da 2, 4, 6 ve 8 mm kalınlığındaki sıvaların birim alandaki ağırlıklarının 3.2 ile 12.8 kg arasında değiştiği görülmüştür. Bu sıva harçları üzerine dekoratif sıva da yapıldığı dikkate alınırsa birim alandaki sıva ağırlığı yaklaşık olarak 4 ile 14 kg arasında değerler alacaktır.

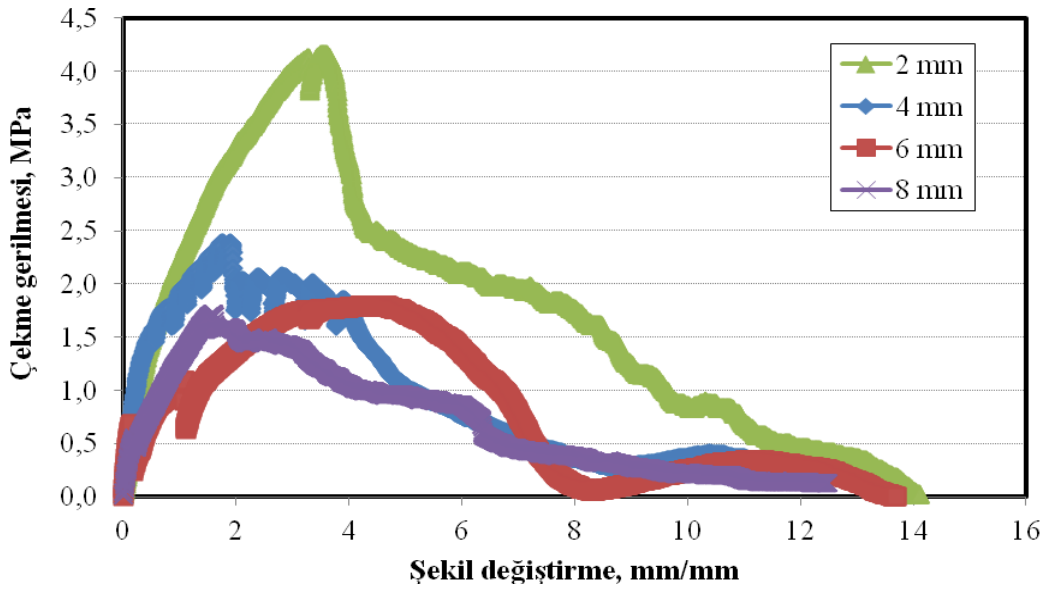
Çizelge 5.1 Sertleşmiş sıva harçlarının genel özellikleri.

Özellik	Değer	Standart değer
Birim hacim ağırlık, kg/m^3	1600	≥ 1150
Görünen porozite, %	25	-
2 mm sıva kalınlık ağırlığı, kg/m^2	3.2	-
4 mm sıva kalınlık ağırlığı, kg/m^2	6.4	-
6 mm sıva kalınlık ağırlığı, kg/m^2	9.6	-
8 mm sıva kalınlık ağırlığı, kg/m^2	12.8	-



Şekil 5.2 Sıva harcının eğilme ve basınç dayanımları.

Sıva harçlarının eğilme ve basınç dayanımları da farklı zamanlarda belirlenmiş ve Şekil 5.2’de verilmiştir. Sıva harçlarının 3 gün sonraki basınç dayanımları 6 MPa iken 28 gün sonraki basınç dayanımları 22 MPa değerine ulaşmıştır. TSE K 113 standardına göre basınç dayanımının en az 6 MPa olması gerekmekte ve bu değere 3 günde sıva harçlarında ulaşıldığı görülmüştür. Çimento esaslı dış cephe sıvalarının eğilme dayanımları TSE K 113 standardına göre en az 2 MPa değerine sahip olmaları gerekmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan sıva harçlarının bu sınır değere ilk 3 günde ulaştığı; 28 gün sonunda ise yaklaşık 6 MPa eğilme dayanımlarına ulaştığı görülmektedir. Dolayısıyla ilgili standarda göre hem eğilme hem de basınç dayanımları açısından en düşük dayanım şartlarını sağlamaktadır.

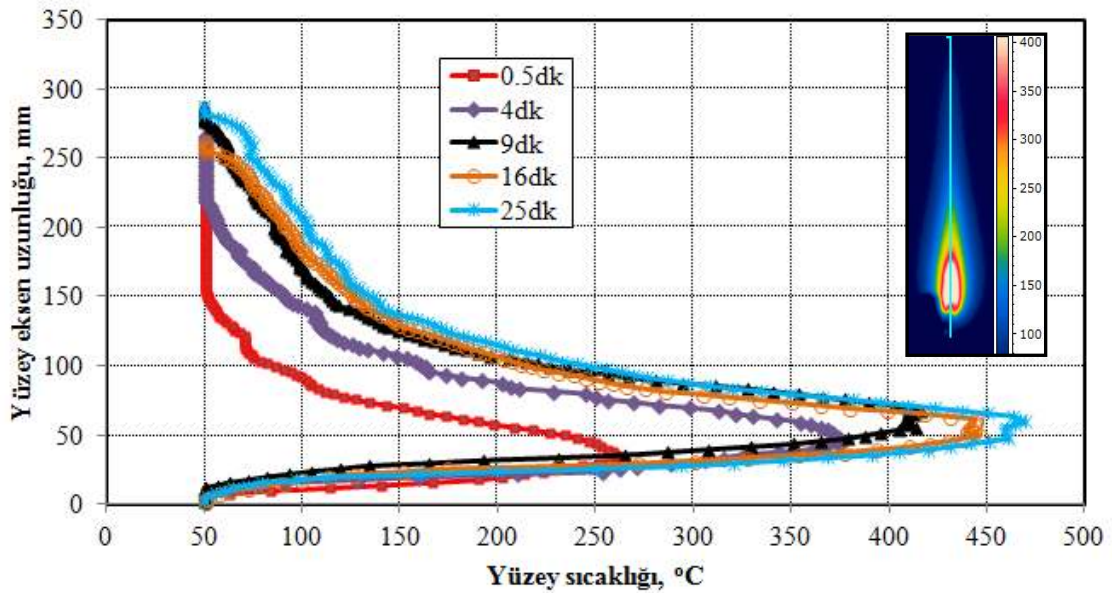


Şekil 5.3 Fileli sıva harcının çekme gerilmesi.

İçerisinde sıva filesi bulunan farklı kalınlık değerlerindeki sıva harçlarının çekme dayanımları incelendiğinde (Şekil 5.3), sıva kalınlık değerinin artışıyla birlikte çekme dayanımının azaldığı görülmektedir. Çekme gerilmelerindeki tepe noktaları, sıva harcının ilk çatladığı gerilme değerleridir. Sıva harcı deforme olduktan sonra gerilmeler sıva filesi tarafından karşılanmaya başlanmaktadır. Sıva filesi de harç içerisinden sıyrılana kadar numuneler yük taşımaya devam etmişlerdir. Sıva kalınlığının artışıyla birlikte sıva harcı daha rijit hale gelmekte ve daha düşük çekme gerilmelerinde deforme olmaktadır.

5.3 Yangın testi bulguları

Bu tez çalışmasının en ilginç sonuçlarından birisi, aleve maruz mantolama kompozitlerin yüzeyindeki sıcaklık dağılımıdır. Sıvalı kaplama malzemelerinin, dış yüzeyden aleve maruz bırakıldıkları süreler sonundaki termal kamera ile ölçülen sıcaklık dağılımları Şekil 5.4'de verilmiştir. Test düzeneğinde 20 mm yüksekliğindeki aleve 0.5 dk maruz kalan kaplamaların yüzey sıcaklığı yaklaşık 270 °C civarında iken, 25 dk boyunca aynı aleve maruz kalan kaplamaların dış yüzeyindeki sıcaklık değeri alev kaynağına yakın bölgelerde 470 °C değerine ulaştığı görülmüştür. Alev kaynağından yukarı doğru çıkıldığında ise numune yüzeyindeki sıcaklık değeri azalmakta ve en üst bölgede 50 °C'ye ulaşmaktadır.

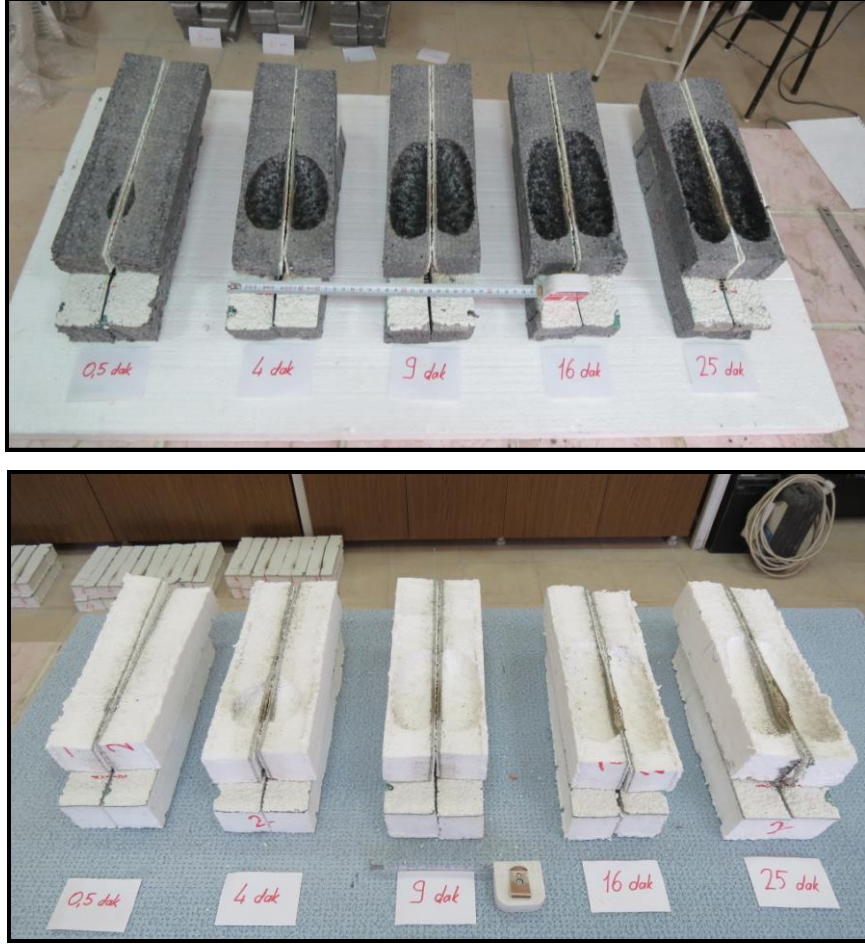


Şekil 5.4 Kaplamanın dış yüzeyindeki sıcaklık dağılımı.

5.3.1 Yalıtım levhası tipinin etkisi

Aleve maruz bırakılmış kaplamaların sıva arkasında oluşan yanma hasarının belirlenmesi amacıyla teste tabi tutulan numuneler, boyuna ortasından kesilmişlerdir. Mineral yün grubundaki taş yünü yalıtım levhalarında sıva arkasında yangın deneyi sonrasında herhangi bir yanma deformasyonu gözlenmemiştir. Bu nedenle yanma deneylerine diğer yalıtım levhaları ile devam edilmiştir. EPS ve XPS yalıtım

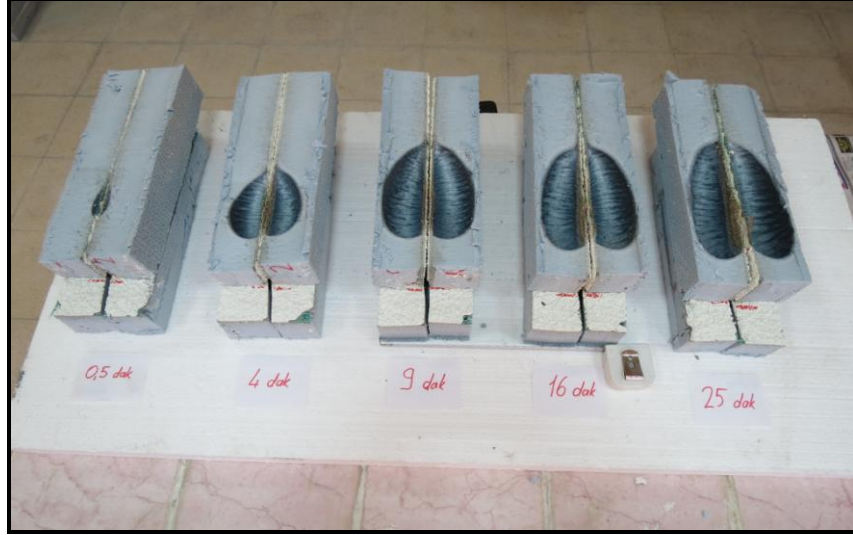
levhalarının hasar miktarları sırasıyla Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilmiştir. Aleve maruz kalma süresiyle birlikte her iki tip yalıtım levhalarındaki hasar miktarı da artmıştır. Yalıtım levhalarındaki yanma yüksekliğinin artışının nedeni, sıva harcının aleve maruz kalmasıyla birlikte hem malzeme yüzeyinde sıcaklığın artması hem de sıvanın ısıyı yukarıya doğru iletmesiyle, yalıtım levhasının yanmasıdır (Mai 2013).



Resim 5.2 Gri ve beyaz EPS'lerde sıva arkasında oluşan hasar.

Hasar derecesinin ifade edilebilmesi amacıyla sıva arkasındaki yanma yükseklikleri ölçülerek grafik haline getirilmiş ve Şekil 5.5'te sunulmuştur. Aleve maruz kalma süresi 30 saniye olması durumunda bile yanma yüksekliği 48-52 mm arasında değer almıştır. Alev uygulanma süresi 25 dk olduğunda ise yanma yükseklikleri EPS ve XPS için en yüksek değerine ulaşarak, sırasıyla, 170 ile 220 mm arasında değerler almıştır. Bu yükseklik değeri için kaplama dış yüzeyindeki sıcaklık 75-80 °C üzerine çıkmaktadır ki bu sıcaklıklarda kaplama malzemesinin deforme olmaya başladığı literatürde de

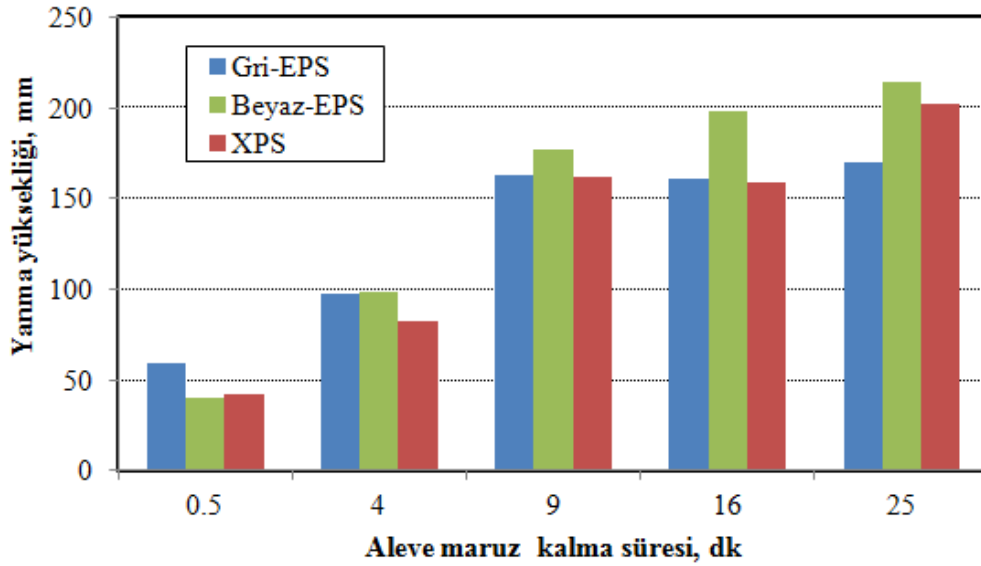
belirtilmektedir (Arpacioğlu 2004, Smolka vd 2013). Yalıtım levhaları kendi aralarında karşılaştırıldığında, neredeyse tüm sürelerde en fazla yanma yüksekliği beyaz-EPS levhalarında elde edilmiştir.



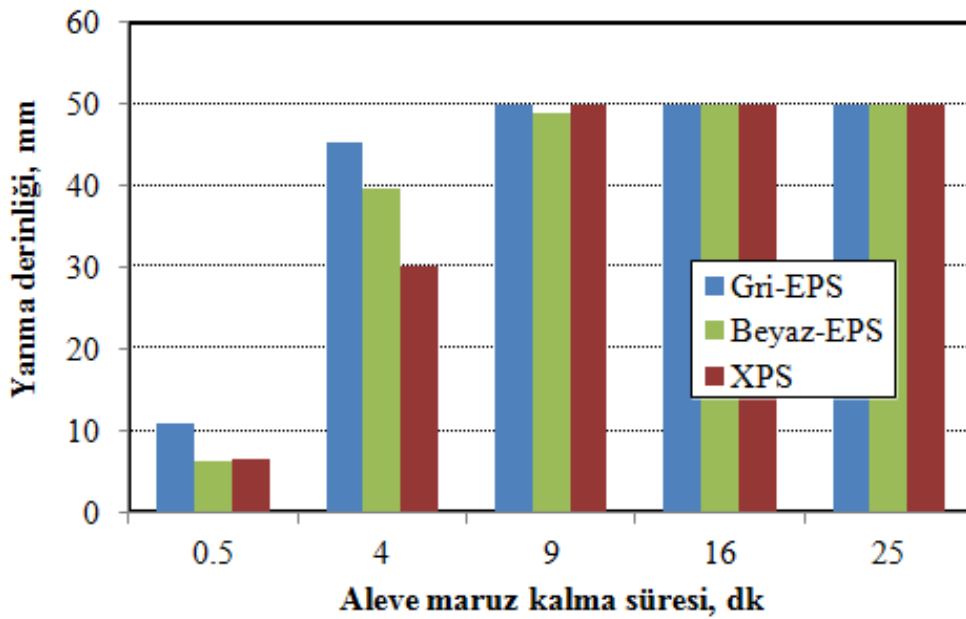
Resim 5.3 XPS Yalıtım levhalarında sıva arkasında oluşan hasar.

Gri-EPS levhaları başlangıçta hızlı bir şekilde yanarken, aleve maruz süresi artmasına rağmen 9 dk'dan sonra fazla değişmemiştir. Ancak beyaz EPS levhaları aleve maruz kalma süresiyle birlikte farkedilir derecede artarak levhalar içerisinde en yüksek yanma miktarına sahip olmuştur. Gri-EPS'nin üretiminde kullanılan grafit sayesinde beyaz-EPS ve XPS'e göre daha az yanma yüksekliğine sahip olmuşlardır. XPS'in yanma yüksekliği de 9 dk'dan sonra gri-EPS ile benzerdir. Bunun nedeni de XPS yalıtım levhasının EPS'ye göre daha yoğun bir yapıya sahip olmasıdır (Mikkola vd 2013). Yapılan gözlemler sonucunda sıva filesinde herhangi bir yanma veya deformasyon görülmemiştir. EPS ve XPS'nin 25 dk sonraki yanma yükseklikleri alev yüksekliğine (20 mm) oranlandığında, elde edilen oranlar gri-EPS için 8; beyaz-EPS için 11 ve XPS için de yaklaşık 10'dur. Bunun diğer anlamı, 25 dk aleve maruz kalan bir kaplamanın arkasındaki EPS veya XPS, alev yüksekliğinin 8-11 katı uzunluğunda yukarı doğru deforme olacaktır. Bir konutta pencere gibi dışa açılan bölümlerden alevin 1 m yüksekliğe ulaşarak dışarı çıkmasıyla, duvara kaplanmış gri-EPS'de alev hizasında ve yukarı doğru 8 m'lik; beyaz-EPS'de 11 m ve XPS'te ise 10 m'lik kısım yanarak sıva arkası boş bir alan haline gelecektir. Sıva kalınlığı da dikkate alındığında, duvar

yüzeyinde sadece kaplamaya tutunan sıva, kaplama tarafından taşınamayarak aşağıya düşme tehlikesi bulunmaktadır. Yangın sırasında bu tip sıva dökülmeleri de yangından kaçan kişilerin can güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Diğer yandan ekonomik olarak zarara da yol açmaktadır.



Şekil 5.5 Yalıtım levhalarının yanma yükseklikleri.

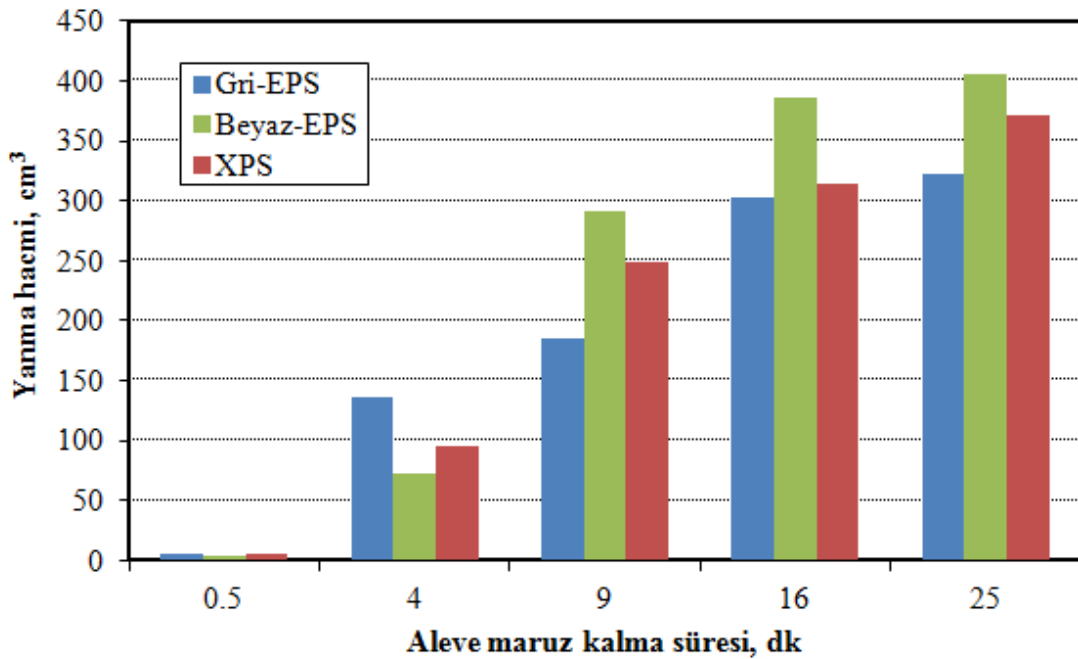


Şekil 5.6 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma derinliği.

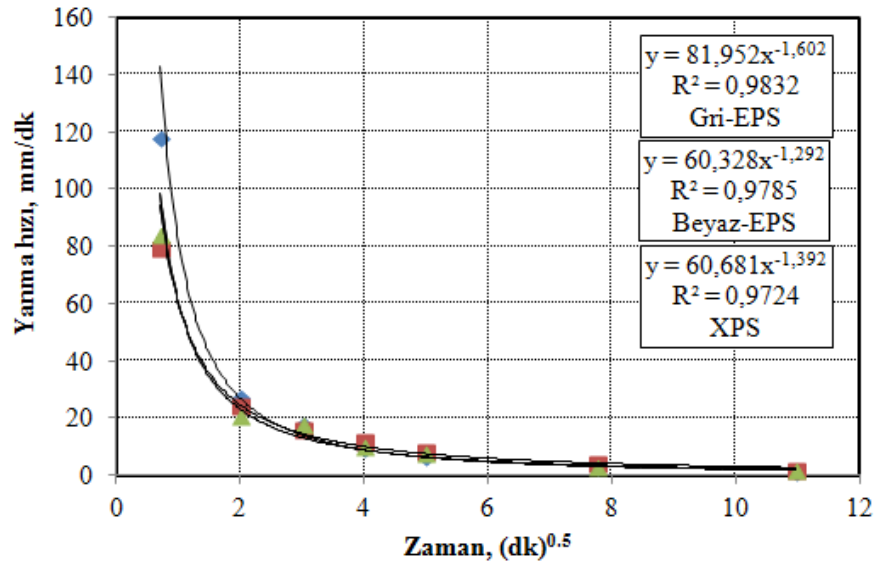
Yangın deneyi sonrasında alınan bir ölçüm de, sıva arkasındaki yalıtım levhalarının duvar yüzeyine doğru yanma derinlikleridir. Bu malzemelerin kalınlıkları 50 mm'dir. İlk 30 s'lik alev maruz kalmaları durumunda 5-10 mm'lik yanma derinliği oluşurken, 4 dk ve üzerindeki alev maruz kalma sürelerinde yanma derinlikleri hızlı bir şekilde artarak gri-EPS için 45, beyaz-EPS için 38 mm iken XPS yalıtım levhalarında 30 mm gibi değerler almıştır (Şekil 5.6). En fazla yanma derinlikleri de 9 dk sonrasında sabit kalarak her üç yalıtım levhası için de 50 mm ölçülmüştür. Dolayısıyla, yalıtım malzemesi duvar yüzeyine kadar yanarak deforme olmuştur. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı olan TS 825'e (2008) göre Türkiye dört farklı derece-gün bölgelerine ayrılmıştır. Türkiye'nin dört iklim bölgesindeki iller için, farklı yakıt türleri kullanılması halinde optimum yalıtım kalınlıkları bir çok araştırmacı tarafından hesaplanmış ve rapor edilmiştir (Çomaklı ve Yüksel 2003, Uçar ve Balo 2009). Bu raporların çoğunda ısı kayıplarının olduğu pencereler yalıtım levhalarının kalınlıklarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bir yapıdaki pencere alanı toplam duvarların %10-%60 arasında değişebilir. Araştırmacılardan Özkan vd (2009) Türkiye'nin derece-gün bölgelerine bağlı olarak XPS yalıtım malzemesi için pencere kullanım alanına bağlı olarak hesaplama yapmıştır. Bu hesaplama sonucunda pencere kullanım alanının ortalama %30 değeri için en az XPS kalınlığı 1. ve 2. bölgelerde sırasıyla 40 mm ve 70 mm iken 3. ve 4. bölgeler için 200 mm'den daha büyük seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Pencere kullanım alanı arttığında tüm bölgeler için en az yalıtım kalınlığı da artmaktadır. Ancak uygulamada ülkemizin çoğu bölgelerinde 50 mm kalınlığındaki yalıtım levha uygulaması oldukça yaygındır. Bu durum mantolama yapılmış bir binada yangından dolayı yalıtım levhasının tamamen yanma riskini de arttırmaktadır.

Sıva arkasında, alev süresine bağlı olarak oluşan yanma hacimleri de belirlenerek Şekil 5.7'de verilmiştir. Alev süresi 4 dk'ya kadar en fazla yanma hacmi gri-EPS'de görülürken, alev uygulama süresinin artmasıyla birlikte tüm levhaların yanma hacmi de artmış olup, en fazla hacim artışı beyaz-EPS levhalarında elde edilmiştir. XPS yalıtım levhaları ise 9 dk sonrasında beyaz-EPS'den daha az, gri-EPS'den daha fazla yanma hacmine sahiptir. XPS yalıtım levhası EPS'ye göre daha yoğun ve dolu bir yapıya sahip olması nedeniyle aynı sürede alev maruz kalmaları durumunda beyaz-EPS levhalara göre daha az yanma deformasyonu göstermişlerdir. Gri-EPS'lerde kullanılan karbon

(grafit) bu levhaları yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı hale getirmiştir (Rossi vd 2001, Jiang vd 2014). Sıvalı kaplamaların dış yüzeyinden 20 mm alevin 25 dk uygulanması sonucunda, oldukça küçük bir alev yüksekliği ile sıva arkalarında büyük boşlukların oluşması, kaplama yüzeylerinde file donatıyla birlikte bulunan ve kaplamalara göre daha fazla yoğunluğa sahip olan sıvaların düşmesine neden olacaktır. Yapılan deneysel çalışmalardan da görüldüğü gibi ülkemizde kullanılan EPS ve XPS gibi malzemelerin kullanımı yangın açısından elverişli değildir. EPS ve XPS üreticileri bu soruna çözüm getirmek için bu malzemeleri yangın geciktiricili olarak üretmekte ve pazarlamaktadırlar. Ülkemizde ise konunun öneminin yetersiz kalması ve ekonomik nedenlerden dolayı normal EPS ve XPS malzemeleri oldukça yoğun bir şekilde tüketilmektedir. Diğer yandan EPS ve XPS gibi polimerik malzemelere alternatif olarak mineral yünler de tercih edilebilir. Ancak bu malzemelerin de suya karşı çok iyi yalıtılmaları gerekmektedir. Mineral yünler oldukça yüksek sıcaklıklara (>600 °C) dayanabilmektedirler.



Şekil 5.7 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma hacimleri.



Şekil 5.8 Sıvalı yalıtım levhalarının alev süresine bağlı yanma hızları.

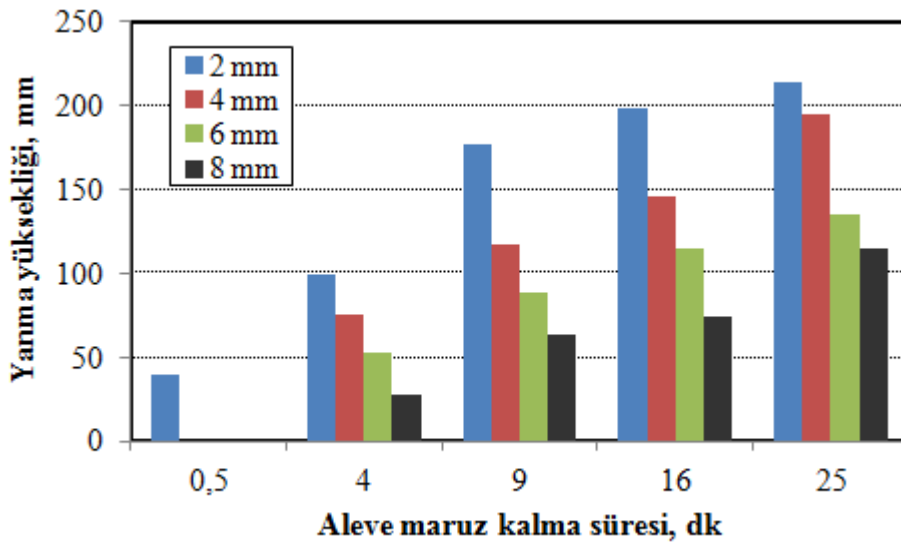
Elde edilen değerlerden, sabit alev yüksekliğine maruz bir sıvalı kaplamada, sıva arkasındaki deformasyonun ilk 25 dk süre içerisinde zamanla arttığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, sürenin artmasıyla birlikte deformasyon miktarının artması da beklenebilir. Ancak alev yüksekliğinin sabit olması nedeniyle belirli bir süre sonra sıva sıcaklığı kararlı bir hale gelecek ve arka kısmındaki yalıtım malzemesinin de yanması duracaktır. Şekil 5.8'de bu durumun grafiksel olarak ifadesi bulunmaktadır. Şöyle ki, ilk zamanlarda aleve maruz kalan sıva tabakası arkasındaki yanma yüksekliği hızla artarken, zaman geçtikçe yanma hızı ani bir şekilde azalmaktadır. Diğer bir ifadeyle, aslında sıvanın yüzey sıcaklığı kararlı hale gelmeye başlamakta ve arka kısmındaki malzemenin de ısıdan dolayı deforme miktarı durma noktasına yaklaşmaktadır.

Yanma yüksekliği ile birlikte yanma hacmi de aynı şekilde durma noktasına gelecektir. Ancak yapılardaki yangın durumlarında alevin yüksekliği çoğu durumda dinamiktir yani değişkendir. Dolayısıyla alev yüksekliği arttıkça yalıtım malzemesinin yanma deformasyonu da artacaktır.

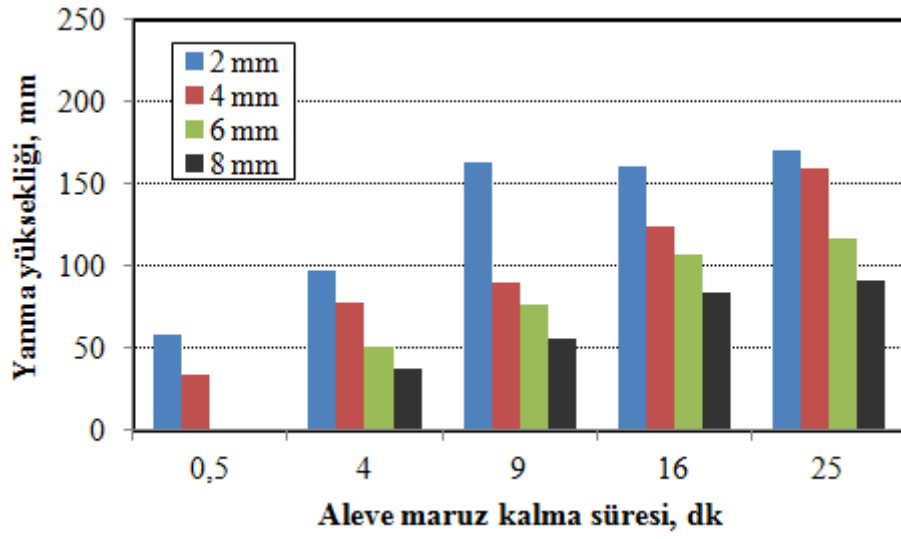
5.3.2 Sıva kalınlığının yanmaya etkisi

Her bir yalıtım levhası üzerine farklı kalınlıkta sıva yapılmış ve bu sıva kalınlıklarına

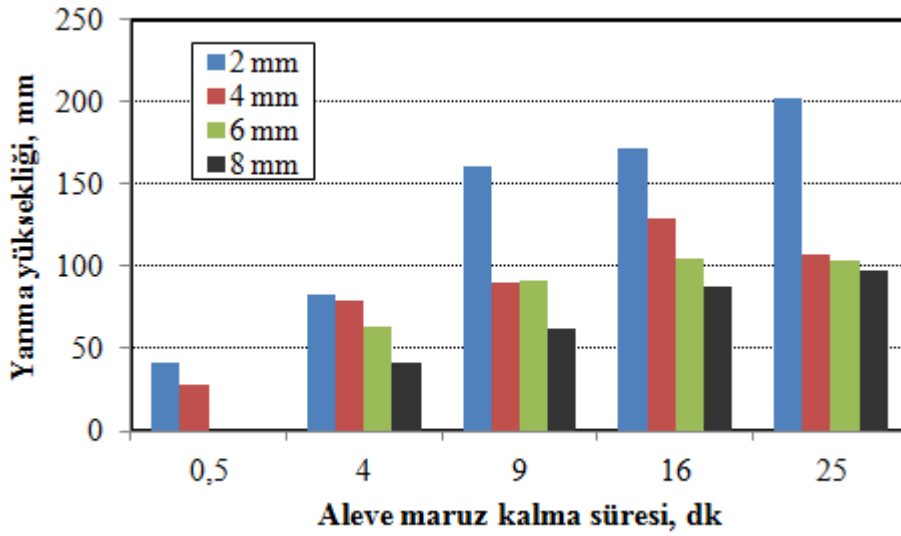
bağlı olarak sıva arkasındaki yalıtım levhalarının yanma deformasyonları incelenmiştir. Mineral yünlerin yanma özellikleri incelendiğinde, 2 mm sıva kalınlığında bile yanma göstermedikleri için ayrıca sıva kalınlığına bağlı yanma deformasyonları incelenmemiştir. Sadece polimerik esaslı olan EPS ve XPS yalıtım levhalarının yanma özellikleri üzerine odaklanılmıştır. Şekil 5.9-Şekil 5.11'de sırasıyla beyaz-EPS'li, gri-EPS'li ve XPS kaplama malzemelerinin sıva kalınlığına ve alev maruz bırakma süresine bağlı yanma yükseklikleri verilmiş olup, tüm yalıtım levhalarında 2 mm sıva arkasında en fazla yanma yüksekliği elde edilmiştir. Sıva kalınlığı arttıkça yine tüm yalıtım levhalarının yanma yüksekliği azalmıştır. Sıva kalınlığı artırılarak sıcaklığın sıva arkasına geçiş süresi uzatılarak aynı süre için daha fazla sıva kalınlığında daha az yanma deformasyonu gözlenmiştir. Genel olarak ele alındığında, 8 mm sıva kalınlığında 25 dk sonunda elde edilen yanma yükseklikleri, 2 mm kalınlıkta 4 dk sonra elde edilen yanma deformasyonlarına oldukça yakındır. En fazla kalınlığa sahip olan 8 mm sıvalı levhalarda 25 dk alev maruz kalmaları sonunda yanma yükseklikleri alev yüksekliğinin yaklaşık olarak 5 katı kadardır. Diğer yandan sıva kalınlığının artırılması ile düşük çekme dayanımına sahip yalıtım levhasına daha fazla yük gelmesine neden olarak sıvanın duvar yüzeyinde taşınmasını güçleştirecektir. Sabit sıva kalınlığı için alev maruz kalma süresi arttırıldığında ise, alev süresi arttıkça malzemelerin deformasyonlarının da arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.9 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği.



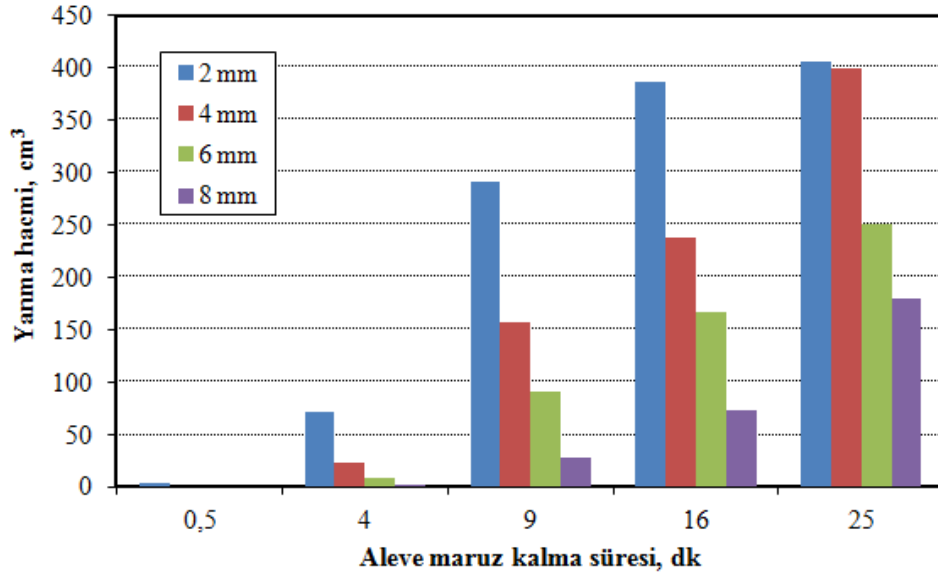
Şekil 5.10 Gri EPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği.



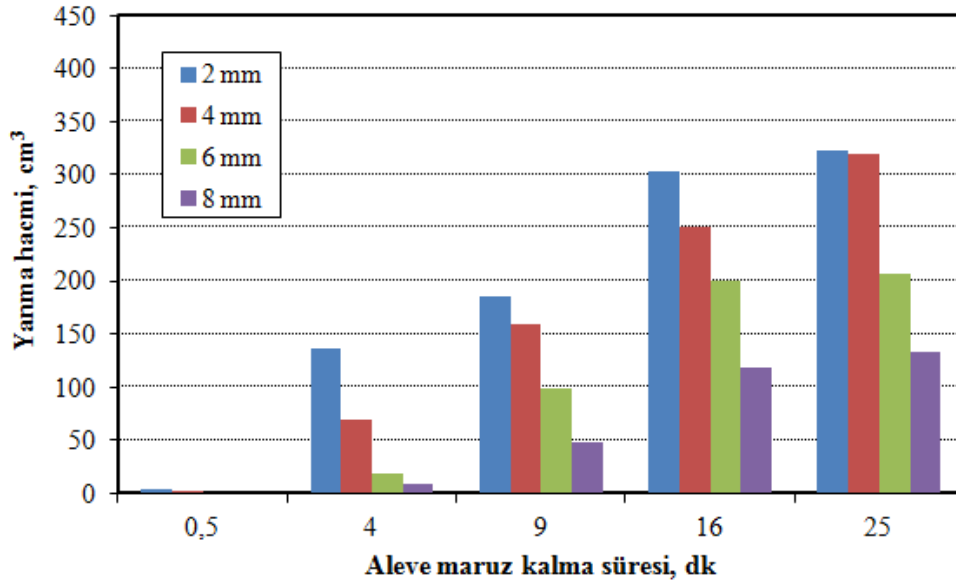
Şekil 5.11 XPS'li kaplamalarda yanma yüksekliği.

Yanma yüksekliklerine benzer şekilde yanma hacimlerinde de benzer davranışlar gözlenmiştir. Şekil 5.12-Şekil 5.14'te sırasıyla sıvalı beyaz-EPS, gri-EPS ve XPS yalıtım levhalarının yanma hacimleri ya da diğer bir ifadeyle yanma sonrası sıvanın arkasındaki boşalan hacim verilmiştir. En fazla yanma hacmi en düşük sıva kalınlığında görülürken, en düşük yanma hacmi de en fazla sıva kalınlığı olan 8 mm sıvalı levhaların arkasında ölçülmüştür. Sıva kalınlığı 2 mm olan yalıtım levhalarında 25 dk sonunda

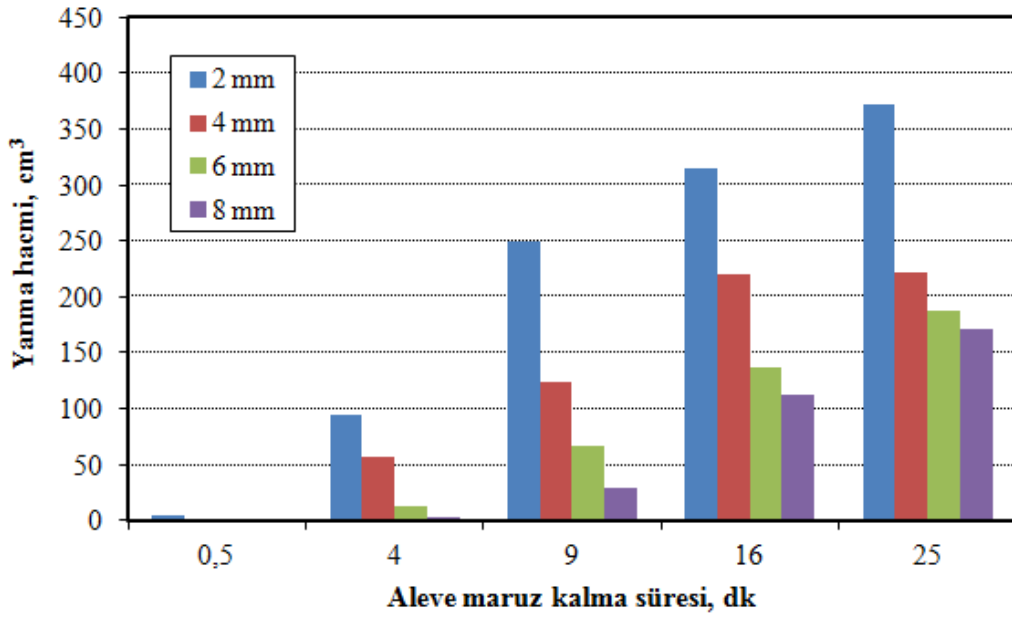
görülen yanma hacimleri yaklaşık olarak 300-400 cm³ arasında değerler almıştır. Bunun diğer bir anlamı da birim alandaki yalıtım levhasının yaklaşık üçte biri yanarak sıvanın arkası boşalmıştır. Sıva kalınlığının 8 mm'ye yükseltilmesiyle birim alandaki yanma miktarı yarı yarıya azaltılmıştır.



Şekil 5.12 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma hacmi.



Şekil 5.13 Gri EPS'li kaplamalarda yanma hacmi.

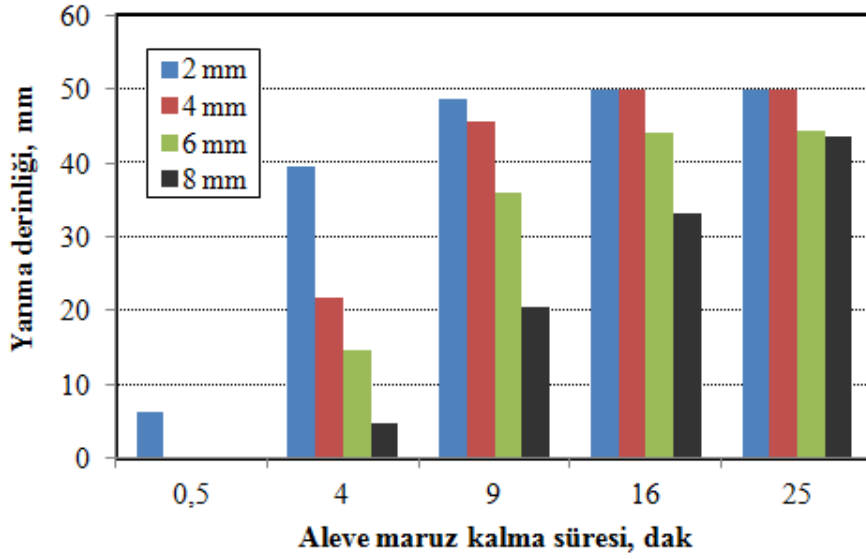


Şekil 5.14 XPS'li kaplamalarda yanma hacmi.

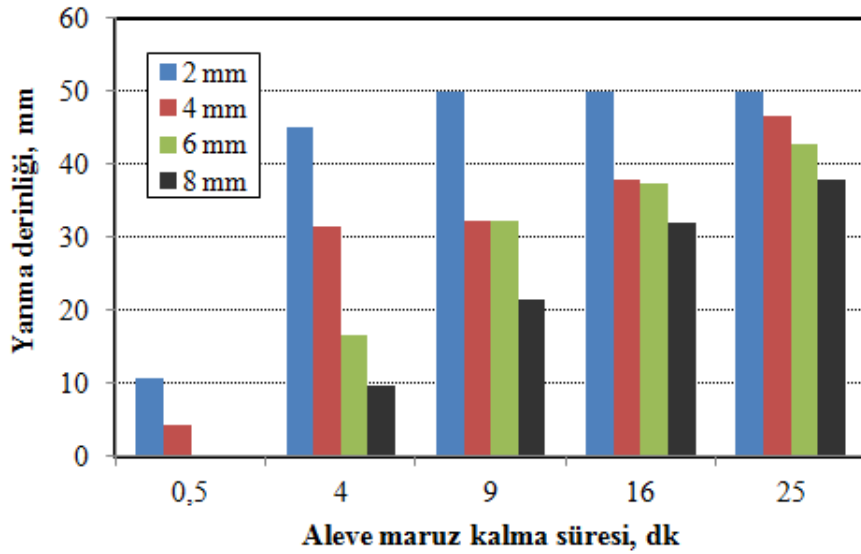
Yangın deneyleri sonrasında belirlenen bir diğer özellik de sıva arkasındaki yalıtım levhasının dış yüzeyden duvara doğru olan mesafedeki yanma derinlikleridir. En fazla yanma derinlikleri 50 mm olarak beyaz-EPS'li yalıtım levhalarında 2 ve 4 mm sıva kalınlıklarında elde edilmiştir (Şekil 5.15). Yalıtım levhasının kalınlığı 50 mm olduğundan duvara kadar tamamen yandığı, sıcaklığın duvara ulaştığı sonucuna varılmıştır. Sıva kalınlığı 8 mm olmasına rağmen 25 dk sonunda en fazla yanma derinliği 43 mm olarak beyaz-EPS'li yalıtım levhalarında görülmüştür. Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de verilen gri-EPS ve XPS yalıtım levhalarında ise 25 dk sonundaki yanma derinlikleri 8 mm sıva kalınlıklı levhalarda sırasıyla 38 mm ve 33 mm'dir. Ayrıca 2 mm sıva kalınlığı haricinde diğer sıva kalınlıklarıyla kaplı yalıtım levhalarının hiç birinde yanma derinliği 50 mm'ye yani duvar yüzeyine ulaşmamıştır.

Yanma deformasyonları genel olarak ele alındığında, en düşük yanma dayanımı olan yalıtım levhasının beyaz EPS olduğu görülmüştür. En fazla yanma yüksekliği, yanma hacmi ve yanma derinliği bu levhalarda elde edilmiştir. Aynı sıva kalınlıkları için gri-EPS'de beyaz EPS'ye göre daha düşük yanma deformasyonları elde edilmiştir. Bunun başlıca nedeni gri-EPS'nin yüksek sıcaklığa dayanıklı bir malzeme olan grafit tozu içermesidir. Şartnameler veya diğer nedenlerden dolayı mantolama için 2-4 mm sıvalı

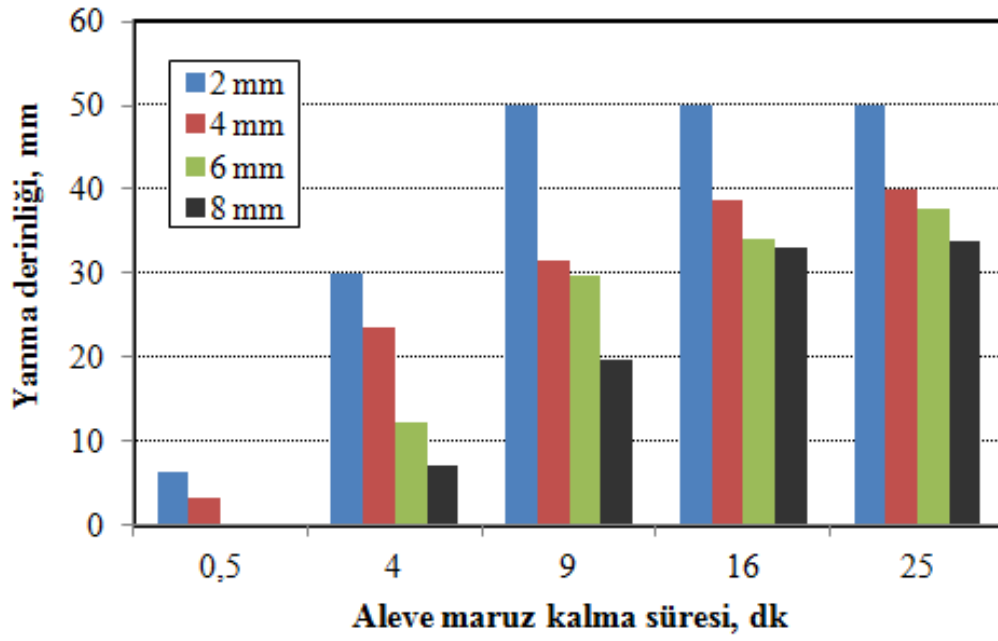
halde beyaz EPS kullanılması gerekiyorsa ya 50 mm'den daha kalın olanları tercih edilmeli ya da sıva kalınlığı 4 mm'den daha fazla yapılmalıdır. Yalıtım levhaları içerisinde XPS'in daha iyi yanma performansı olduğu düşünülebilir. Ancak bu tip yalıtım levhalarının üretiminde çevreye zarar veren gazlarla üretildiği de dikkate alınmalıdır.



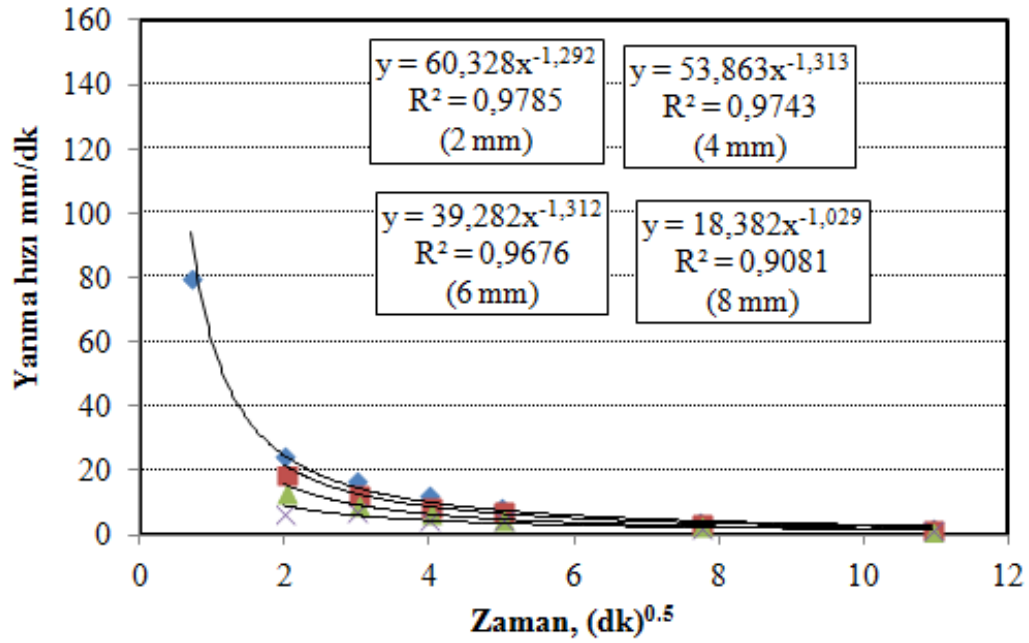
Şekil 5.15 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma derinliği.



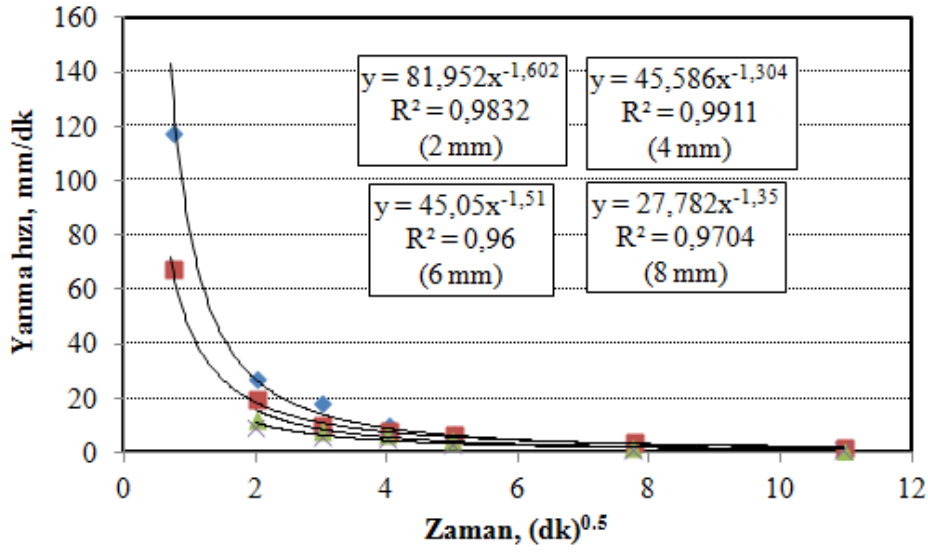
Şekil 5.16 Gri EPS'li kaplamalarda yanma derinliği.



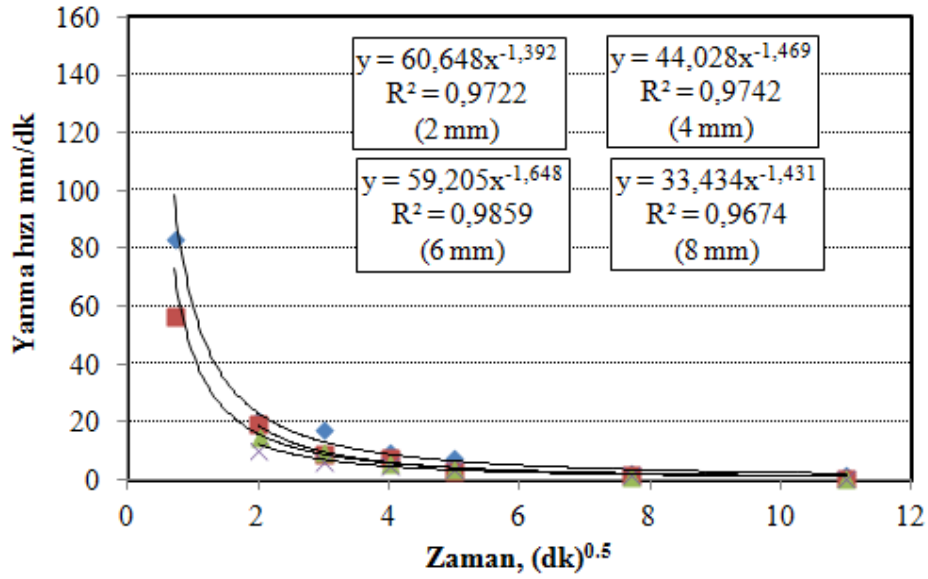
Şekil 5.17 XPS'li kaplamalarda yanma derinliği.



Şekil 5.18 Beyaz EPS'li kaplamalarda yanma hızı.



Şekil 5.19 Gri EPS'li kaplamalarda yanma hızı.



Şekil 5.20 XPS'li kaplamalarda yanma hızı.

Sıvalı yalıtım levhalarının yanma deneyleri sonrasında zamana ve sıva kalınlığına bağlı olarak yanma hızları da incelenmiş ve beyaz-EPS, gri-EPS ve XPS için Şekil 5.18-Şekil 5.20'de verilmiştir. Tüm sıva kalınlıklarında yalıtım levhalarının yanma deformasyon hızları ilk 4 dk'dan sonra hızlıca azalmış ve 16 dk'dan itibaren en düşük değerini almaya başlamıştır. Yanma hızının azalmasının nedeni sıva yüzeyindeki sıcaklık dağılımının zaman geçtikçe stabil hale gelmesi ve sabit alev yüksekliği için artık belirli bir zaman

sonrasında yanma hızının durma noktasına gelmesidir. Şayet alev yüksekliği arttırılacak olunursa yanma hızının sabit kalması daha uzun sürede gerçekleşecektir.

5.4 Isı iletkenlik deneyi bulguları

Isı iletkenlik katsayısı, malzemelerin birbirine dik mesafedeki, 1m^2 'lik iki yüzeyi arasından sıcaklık farkı 1°C olduğunda birim zamanda geçen ısı miktarıdır ve birimi W/mK dir. ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı $0,065 \text{ W/mK}$ değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır ve ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde en belirleyici özelliktir. Dolayısıyla ısı iletkenlik katsayısı ne kadar düşükse, malzemeler o derece yüksek ısı yalıtım direncine sahip olmaktadır. Diğer malzemeler ise, yapı malzemesi olarak kabul edilir. Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenlik hesap değerine sahip malzemedan meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanının ısı iletkenliği hesap değeri, her bir malzemenin kalınlıkları ve alan/uzunlukları dikkate alınarak ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri hesaplanır.

Çizelge 5.2 Mantolama yapılmış duvar elemanın ısı özellikleri.

Duvar kaplaması	Duvar kalınlığı, m	Isıl direnç, R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	Ölçülen Isıl geçirgenlik katsayısı, U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	TS 825'e Göre Isıl geçirgenlik katsayısı, U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Sağlanan enerji tasarrufu, %	Maliyet (TL/ m^2)*
Kaplamasız	0,19	0,485	2,06	2,11	0	-
Beyaz EPS	0,25	2,06	0,48	0,542	76	26,90
Gri EPS	0,25	2,12	0,471	0,52	77	28,40
XPS	0,25	2,31	0,43	0,497	79	34,50
Taş yünü	0,25	2,10	0,476	0,531	77	35,20

*2015 yılı duvara yalıtım levhasının işçilik hariç kaplama için birim maliyetidir

Isı iletkenlik cihazı içerisindeki duvar modeli üzerinde yapılan ölçümler Çizelge 5.2'de kaplamasız duvar, EPS, XPS ve taş yünü yalıtım levhaları ile kaplı durumları için sunulmuştur. Duvar kompozit kalınlığına göre U değerleri hem deneysel olarak

ölçülmüş hem de TS 825'te verilen hesap yöntemine göre hesaplanmıştır. Elde edilen her iki ısıl geçirgenlik katsayıları arasındaki standart sapma değerleri de belirlenmiştir. En yüksek ısıl geçirgenlik katsayısı kaplamasız duvarda elde edilirken, en düşük ısıl geçirgenlik katsayısı da XPS ile kaplanmış duvarda gözlenmiştir. Beyaz-EPS kaplı duvarda yalıtımsız duvara göre 4.3 kat daha az ısı geçişi sağlanırken, gri-EPS, XPS ve taş yünü kullanılması durumunda sırasıyla, 4.4, 4.8 ve 4.33 kat daha az ısı geçişi sağlanmıştır. Duvar yüzeyine kaplanmaları durumunda kaplamasız duvara göre beyaz-EPS'de %76, gri-EPS'de %77, XPS'de %79 ve taş yününde %77 oranında ısı enerjisi tasarrufu sağlanabilmiştir. Yapı üzerindeki pencere, kolon ve giriş gibi diğer yapı elemanlarından dolayı bu oranlar aşağı düşebilmektedir. Bu ısı geçiş katsayıları TS 825'ten hesaplanan değerlerle de karşılaştırıldığında en fazla %5 sapma ile deneysel olarak belirlenebilmiştir. Yalıtım levhalarının yapılar da sağladığı enerji tasarrufu üzerine Hasan'ın (1999) yaptığı çalışmada, geri ödeme süresinin, EPS için 1-1.7 yıl arasında, taş yünü için 1.3-2.3 yıl arasında olduğu belirtilmiştir. Özel ve Pıhtılı da (2008) dış duvara XPS ile yapılan mantolama durumunda yapıdaki geri ödeme süresinin 1.45-2.05 yıl olduğu rapor edilmiştir. Benzer bulgular Daşdemir (2014) tarafından da XPS, taş yünü ve EPS malzemeleriyle kaplı yapılar için elde edilmiştir. Yapılardaki enerjinin geri dönüş süresi yapının bulunduğu bölgeye, konumuna, yakıt ve ısınma türüne, kullanılan yalıtım tipine ve duvar elemana bağlı olarak farklılık göstermektedir (Uygunoğlu ve Keçebaş 2011).

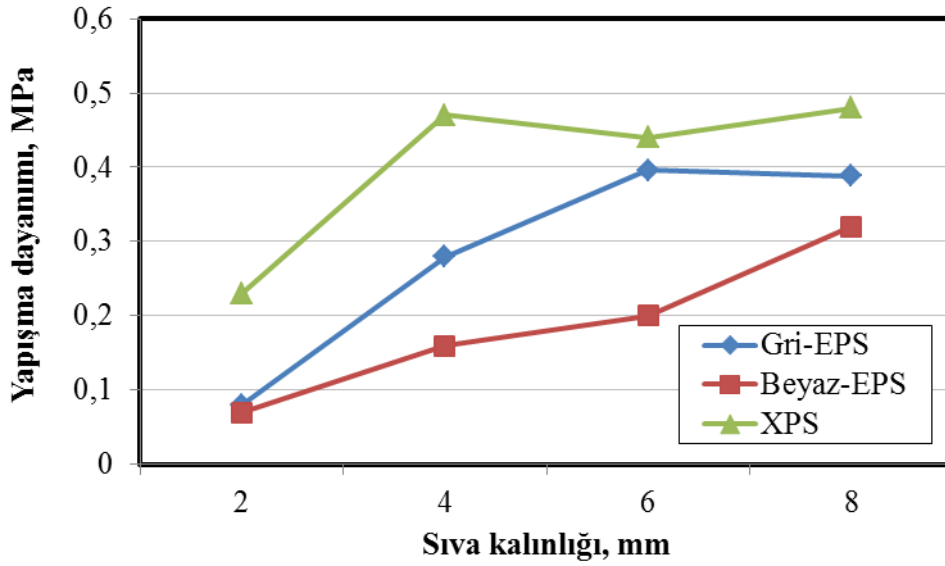
Çizelge 5.2'de verilen bir diğer yalıtım levhası özeliği de 2015 birim fiyatlarına göre maliyet karşılaştırmasıdır. Yalıtım levhaları arasında en ucuzu beyaz EPS iken en pahalı olanı da taş yünüdür. Yangın açısından en iyi yalıtım levhası taş yünüdür. Ancak, günümüzde öne çıkan önemli hususlardan birisi de maliyet olduğundan dış cephe mantolama uygulamalarında en çok tercih edilen yalıtım levhası tipi EPS olmaktadır.

5.5 Yapışma testi bulguları

5.5.1 Sıva kalınlığının yapışma dayanımına etkisi

Şekil 5.21'de sıva harcının farklı tipteki yalıtım levhalarına yapışma dayanımı incelendiğinde sıva kalınlığı arttıkça yapışma dayanımı da artmıştır. Gri EPS ve XPS'de

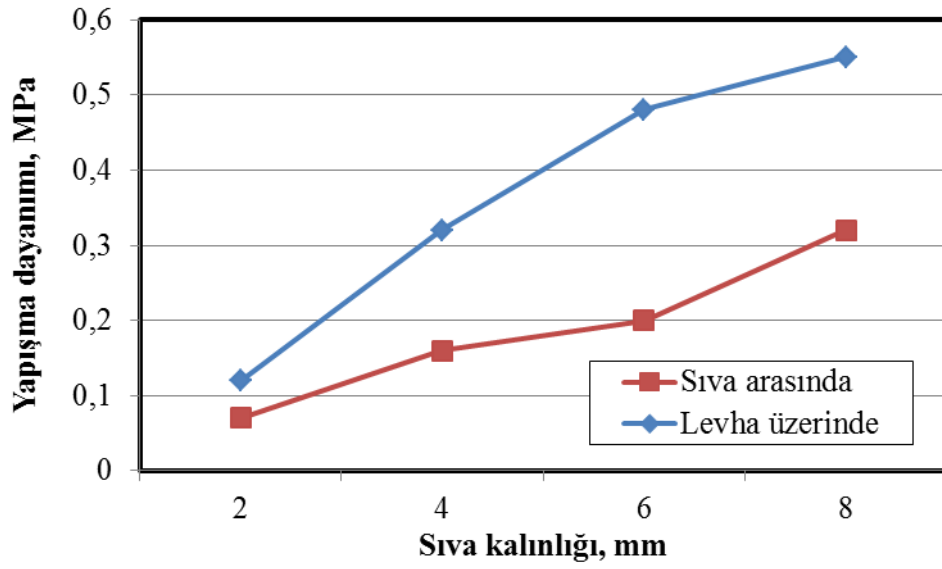
2-8 mm arasında sıva kalınlığı arttıkça yapışma dayanımlarında artış gözlenmiştir. Beyaz EPS’de 2-8 mm arasında sıva kalınlığındaki artışa bağlı olarak yapışma dayanımı da artmıştır. Sabit sıva kalınlığı için yapışma dayanımları karşılaştırıldığında, en yüksek yapışma dayanımı XPS’te elde edilirken, en düşük yapışma dayanımı da beyaz-EPS yalıtım levhalarında elde edilmiştir. XPS yalıtım levhasının diğerlerine göre daha yoğun bir yapıya sahip olması nedeniyle sıva ile aderansı daha yüksek olmuştur.



Şekil 5.21 Sıva harcının yalıtım levhasına yapışma dayanımı.

5.5.2 Sıva filesi konumunun yapışma dayanımına etkisi

Sıva filesinin konumuna bağlı olarak yapışma dayanımı Şekil 5.22’de verilmiştir. Sıva filesi sıva harcı arasında iken bütün sıva kalınlıklarında daha düşük yapışma dayanımı elde edilmiştir. File yalıtım levhası üzerine yerleştirildiğinde ise yüksek yapışma dayanımı gözlenmiştir. Sıva filesinin kullanım amacı yalıtım levhasının yüzeyini pürüzlü hale getirip sıvanın yüzeyde durmasını sağlamaktır. Buna bağlı olarak sıva filesinin yalıtım levhalarının üzerine dübelle sabitlenmeleri gerekmektedir. Halbuki günümüz uygulamalarında bu durum dikkate alınmadan sıva filesi sıva harcının arasına monte edilmektedir. Sonuç olarak yalıtım levhası ile sıva arasında aderansı sağlayacak bir malzeme bulunmamaktadır. Bu durumda Resim 5.4’te görüldüğü gibi sıva, yalıtım levhası üzerinden kolaylıkla düşecektir.



Şekil 5.22 Filenin konumuna bağlı sıva harcının yapışma dayanımı.



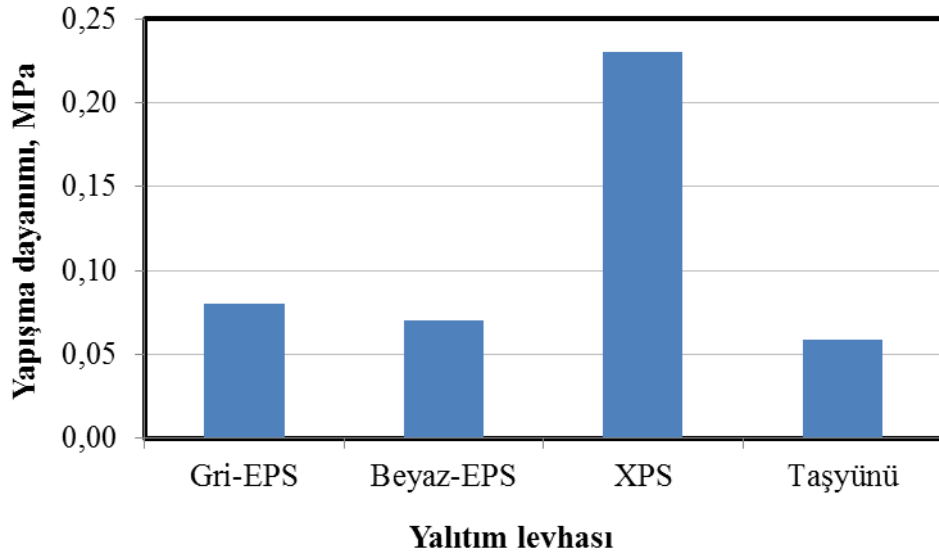
Resim 5.4 Yalıtım levhası üzerinden sıvası düşmüş bir yapı.

Özellikle yüksek katlı yapılarda yalıtım levhası üzerindeki sıvanın düşmesiyle ekonomik zarar ve yapıdaki görünüm bozukluğuna ilaveten en önemlisi de can kaybı da oluşturma riski bulunmaktadır.

5.5.3 Yalıtım levhası tipinin yapışma dayanımına etkisi

Yalıtım levhalarının yapışma dayanımları karşılaştırıldığında en iyi sonucu XPS yalıtım levhasının verdiği görülmüştür (Şekil 5.23). Bunun nedeni XPS'in daha yoğun bir

yapıda olup bunun bir sonucu olarak daha yüksek çekme dayanımı olmasıdır. En düşük yapışma dayanımı ise taş yününde elde edilmiştir. Bunun nedeni ise taş yünü'nün herhangi bir bağlayıcı kullanılmadan ergitilmiş taş liflerinin soğutulup preslenmesiyle elde edilmiş olmasıdır. Gri ve beyaz EPS'nin yapışma dayanımları ise XPS ve taş yünü arasında değerler almıştır.



Şekil 5.23 Yalıtım levhalarında yapışmanın karşılaştırılması.



Resim 5.5 Yapışma testinde mantolama levhalarında görülen deformasyon.

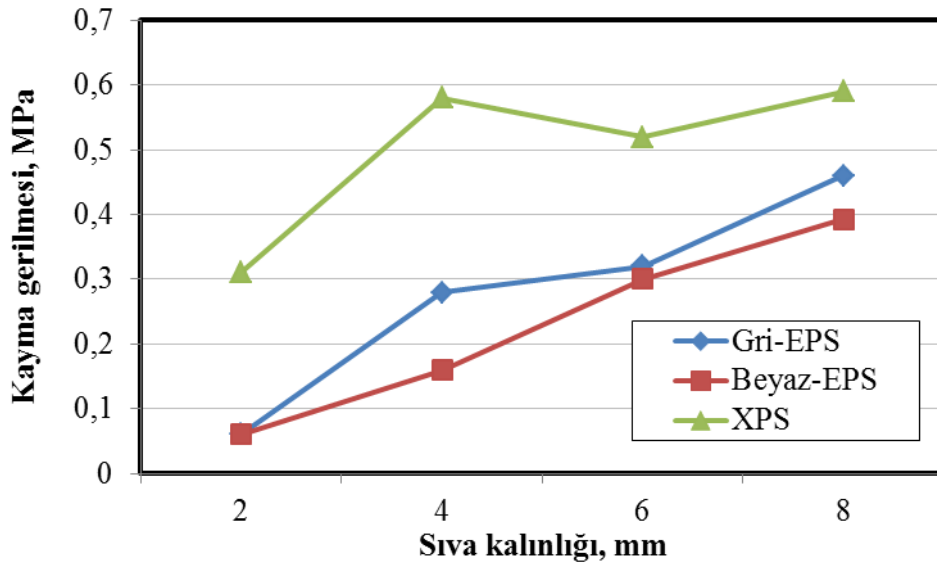
Yapışma testi sonunda Resim 5.5'te görüldüğü gibi yalıtım levhalarındaki deformasyonların yapıştırılan deney levhasının altından yalıtım levhasının diğer yüzeyine doğru 45° açıyla olduğu görülmüştür. Bunun nedeni çekme gerilmesi levhanın

altında en yüksek değerde iken levhanın diğer yüzeyine doğru azalarak sıfırlanmasından kaynaklanmaktadır.

5.6 Kayma dayanımı testi bulguları

5.6.1 Sıva kalınlığının kayma dayanımına etkisi

Yalıtım levhasının üzerine yapılan sıvayı taşıması gerekmektedir. Sıva yalıtım levhasına statik olarak aşağıya doğru bir kayma gerilmesi yükü uygular. Sıvanın ağırlığından dolayı oluşan yükün, levhanın veya levha ile sıva arasındaki aderans gerilmelerini aşması durumunda sıva aşağıya düşmektedir. Bu durumu ortaya koymak için Şekil 5.24'te farklı levhaların sıva kalınlığına bağlı olarak kayma gerilmeleri verilmiştir. Levhalar arasında en iyi dayanımın XPS'de olduğu gözlenmiştir.

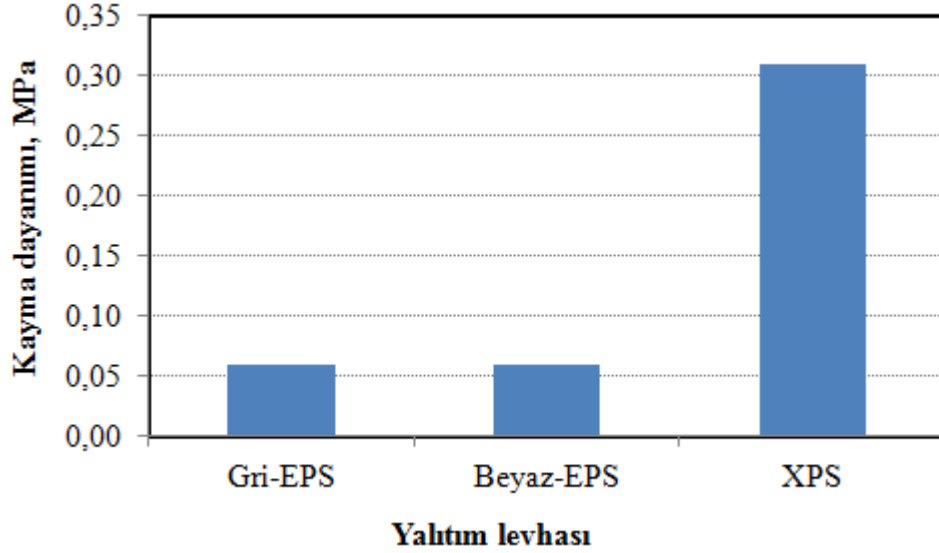


Şekil 5.24 Sıva kalınlığına bağlı kayma dayanımı.

5.6.2 Yalıtım levhası tipinin kayma dayanımına etkisi

Taş yünün üretilme yönteminden dolayı çekme dayanımı çok düşük olup, yüzeyindeki sıva da çok düşük aderanstır. Bu nedenle Şekil 5.25'te sadece gri-EPS, beyaz-EPS ve XPS yalıtım

levhalarının kullanıldığı sıvalı kaplamaların kayma dayanımları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 5.25 Yalıtım levhalarının kayma dayanımlarının karşılaştırılması.

Farklı tipteki yalıtım levhalarının kayma dayanımları karşılaştırıldığında yapışma dayanımına benzer şekilde en yüksek kayma gerilmesi XPS’de elde edilmiştir. Gri ve beyaz EPS de ise birbirine yakın kayma değerleri elde edilirken XPS’e göre daha düşük değer almıştır. XPS’in diğer yalıtım levhalarına göre daha yoğun birim hacme sahip olması sonucunda daha yüksek kayma gerilme değerlerine ulaşılmıştır.

5.6.3 Yalıtım levhalarının yerinde kalite kontrolü

Bu tez çalışmasının en önemli bulgularından birisi de pull-off testinin duvar yüzeyinde de uygulanabilmiş olmasıdır. Isı iletkenlik cihazı içerisindeki model duvar üzerine yapılan mantolama sonrasında ısı iletkenlik deneyleri tamamlanmasının ardından sıva yüzeyine alanı belli olan metal plakalar yapıştırılmıştır (Resim 5.5). Daha sonra pull-off cihazı ile bu plakalara çekme testi uygulanarak düşey düzlemde de sıvanın yalıtım levhasına yapışma dayanımları elde edilmiştir. Elde edilen bulgular yatay konumdaki yalıtım levhalarında bulunan yapışma dayanımları ile aynı değerleri almıştır.



Resim 5.6 Düşey düzlemde sıva yapışma deneyi.

Mantolama işlemi tamamlanmış olan binalarda da sıva yüzeyine metal levhaların yapıştırılıp çekme deneyine tabi tutulmasıyla mevcut kaplamaların standartlara göre kalite kontrolü gerçekleştirilebilecektir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, dış cephe mantolama uygulamalarında kullanılan EPS, XPS ve taş yünü yalıtım levhalarının sıva ile kaplı durumdayken, fiziksel ve mekanik özelliklerinden sıva harcı özellikleri, kaplamaların ısı geçirgenlik katsayıları, yapışma dayanımları, kayma dayanımları ve yangın durumunda oluşan yangın hasarı incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar öne çıkmıştır.

- Mantolama işlemlerinde kullanılan yalıtım levhaları bireysel olarak karşılaştırıldığında, en düşük ısı iletkenlik katsayısı değeri XPS'te elde edilirken, en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri de beyaz- EPS'de elde edilmiştir. Eğilme dayanımları açısından da aynı sıralama geçerli olmuştur. Taş yünü liflerinin bir bağlayıcı ile bağlanmaması ve sadece sıkıştırılarak üretilmesi nedenleriyle birim ağırlıkları yüksek olmasına rağmen eğilme dayanımları oldukça düşüktür.
- Yalıtım levhalarının bireysel olarak yangın dayanımları açısından karşılaştırıldığında ise en fazla deforme olan malzeme beyaz-EPS olup, en iyi yanma performansı da yapısı nedeniyle taş yününde elde edilmiştir. Polimerik olan malzemeler içerisinde gri-EPS daha az deforme olmuştur. EPS'ler ile XPS yangın açısından E sınıfında, taş yünü ise A2 sınıfındadır.
- Yalıtım levhaları üzerine yapılan sıvaların birim ağırlıkları 1600 kg/m^3 değerinde olduğu; buna bağlı olarak da 2, 4, 6 ve 8 mm kalınlığındaki sıvaların birim alandaki ağırlıkları 4 ile 14 kg arasında değerler almıştır.
- Deneysel çalışmalarda kullanılan sıva harçları, ilgili standarda göre hem eğilme hem de basınç dayanımları açısından en düşük dayanım şartlarını sağlamaktadır.
- Sıvalı yalıtım levhalarına 20 mm yüksekliğinde alev uygulanması durumunda, kaplama yüzeyindeki sıcaklık değeri aleve maruz kalma süresine bağlı olarak artış gösterip, 25 dk süre sonunda $475 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıkabilmektedir.
- Sıvayla kaplı yalıtım levhaları aleve maruz kalma süreleri arttıkça, sıva arkasındaki hasar miktarı ve yanma yüksekliği de artmıştır. Sıvalı beyaz-EPS'lerin yanma yüksekliği XPS'ten daha fazla iken gri-EPS'lerin daha azdır.
- Gri-EPS'li mantolamalarda yanma yüksekliği, alev yüksekliğinin 8 katı iken, beyaz-EPS'lerde 11 katı, XPS'li kaplamalarda ise 10 katı kadardır. Farklı

sürelerde aleve maruz bırakılan mantolama malzemelerinde, alev uygulanma süresi artıkça yanma hacmi de artmıştır. Taş yününde ise herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir.

- Sıva kalınlığı arttırıldığında sıva arkasındaki polimerik yalıtım levhalarının yanma deformasyonları da azalmıştır.
- Mantolama malzemelerinin aleve maruz bırakılmaları sonrasında, sıva filesinde herhangi bir yanma veya deformasyon görülmemiştir.
- Malzemeler aleve maruz bırakılmaları sonucunda, sıva arkasında oluşan boşluklar nedeniyle kaplama malzemeleri üzerindeki sıvayı taşıyamaz hale gelebilir ve yangın sırasında sıva dökülmeleri görülebilir.
- Normal EPS ve XPS yerine taş yünü kullanılması veya yangın geciktiricili EPS ve XPS malzemelerinin seçilmesi yangın durumunda can güvenliği ve ekonomik açıdan daha güvenli olacaktır.
- Bütün yalıtım levhalarının ısı iletkenlik katsayıları yönetmelikte verilen sınır değerinin oldukça altındadır. Duvar yüzeyine kaplanmaları durumunda kaplamasız duvara göre beyaz-EPS'de %76, gri-EPS'de %77, XPS'de %79 ve taş yününde %77 oranında ısı enerjisi tasarrufu sağlanabilmektedir.
- Tüm yalıtım levhalarında, sıva kalınlığı arttıkça sıva ile yalıtım levhası arasındaki yapışma ve kayma dayanımı da artmıştır.
- Gerçek uygulamada sıva fileleri sıva harcı arasında kullanılmaktadır. Bu uygulama yerine sıva filesinin yalıtım levhası üzerine dübel ile sabitlenerek kullanılması durumunda sıva harcının levhaya yapışma dayanımının daha yüksek olacağı görülmüştür.
- Yalıtım levhaları sıva ile aderansları açısından kendi aralarında karşılaştırıldığında, en iyi yapışma ve kayma dayanımları XPS'te görülürken, en düşük yapışma dayanımı da taş yününde görülmüştür.
- Mantolama yapılmış olan yapılarda sıva yüzeyine yapıştırılan sert levhaların pull-off yöntemi ile yapışma dayanımlarının belirlenmesi sayesinde kalite kontrolü yapılabilecektir.
- Yangın dayanımı açısından taş yünü, yapışma dayanımı açısından da XPS yalıtım levhası daha iyi olmasına rağmen maliyet açısından EPS'nin daha düşük fiyatta olması nedeniyle ülkemizde EPS'nin kullanımı oldukça yaygındır.

- Geri ödeme süreleri açısından da sıralama EPS, XPS ve taş yünü şeklinde olmuştur. Her üç malzeme tipi de harcanan enerjiyi yaklaşık olarak en fazla 3 yılda amorti etmektedir.

Mantolamada kullanılan kaplama levhalarının performanslarının karşılaştırılması üzerine gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda, yangın dayanımı açısından en iyi yalıtım levhasının taş yünü olduğu; yangın önlemleri alındığında ise mekanik etkiler açısından da XPS yalıtım levhası en iyi performansı göstermiştir. Ancak XPS'in üretim yöntemindeki zararlı gazlar dikkate alındığında gri-EPS kullanımının daha verimli olacağı görülmüştür. Bu nedenle, günümüzde kullanılan polimer esaslı yalıtım levhalarının daha kalın olanlarının tercih edilmesi ve gelecek çalışmalarda yangın geciktiricili mantolama malzemelerinin performansları üzerine araştırmaların artırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aköz, F., Üstün, B., Çakır, Ö. (2001). Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Tasarrufuna ve Çevre Kirliliğine Etkileri, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi*, 23-25 Mart, Eskişehir.
- Aksoy, U.T. (2008). Sandviç ve Gazbeton Duvar Uygulamalarının Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı Ve Isı Kaybı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **24 (1-2)**: 277- 290.
- Arpacıoğlu, Ü. (2004). “Cephe Yangınları ve Cephe Kaplamalarının Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”, *1. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*.
- BING report (Federation of European Rigid Foam Associations) (1998). “The Environmental Contribution of Polyurethane Thermal Insulation Products - Eco-profile”, November .
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Bakanlar Kurulu Kararı, 19.12.2007 tarihli, 26735 sayılı Resmi Gazete.
- Bolattürk A. (2008). “Optimum Insulation Thicknesses for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in the Warmest Zone of Turkey”, *Building and Environment*, **43**: 1055-1064.
- Comaklı, K., Yüksel, B. (2003). Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving, *Applied Thermal Engineering*, **23**: 473–479.
- Daşdemir, A., (2014), Farklı Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türüne Bağlı Olarak Optimum Yalıtım Kalınlığının ve Enerji Tasarrufunun Tespiti, *Tesisat Mühendisliği*, Sayı 139, Şubat, 5-13.
- Doroudiani S., Omidian H. (2010). Environmental, health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings, *Building and Environment*, **47**: 647-654.
- ETAG 004 Guideline For European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (Etics) With Rendering Amended, Mart 2013.

- Han, R., Zhu, G., Zhang, G. (2013). "Experiment Study on The Ignition Point of XPS Foam Plastics", *Procedia Engineering*, **52**:131-136.
- Hasan, A. (1999). Optimizing Insulation Thickness for Buildings Using Life Cycle Cost, *Applied Energy*, **63**: 115-124.
- Hildebrand C., Prager F.H., Levio E., Cope B. (1992). Fire performance of PUR steel sandwich panels used for facades, Leipzig.
- İşbilir, D. (2009). "Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması", *S.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Konya , s.113.
- Jiang L., Xiao H., An W., Zhou Y., Sun J. (2014). Correlation study between flammability and the width of organithermal insulation materials for building exterior walls, *Energy and Buildings* **82** : 243–249.
- Kaya, M., Öz, D. (1999). "Mineral Esaslı Alev Geciktirici ve Duman Bastırıcı Katkı Maddeler", 3. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 14-15 Ekim, İzmir, 152-162.
- Kılıç, M. (2003). "Yapılarda Yangın Güvenliği Ve Söndürme Sistemleri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1, 59-69.
- Koçu, N., Dereli, M. (2010). "Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı İle Enerji Tasarrufu Sağlanması Ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar (Konya Kentinden Örnekler), 5. *Ulusal Çatı& Cephe Sempozyumu*, 15-16 Nisan, İzmir.
- Mai, W., Presentation "ETICS and Precautionary Measures Against Fire - Safety First, Mart 2013.
- Mikkola, E., Hakkarainen, T., Matala, A. (2013). "Fire Safety of EPS Insulated Facades in Residential Multi-Storey Buildings", *1st International Seminar for Fire Safety of Facades*, Paris, France.
- Mikkola, E., Hakkarainen, T., Matala, A. (2013). "Fire Safety of Etics With EPS Material Properties and Relevance For Fire Safety During Transport, Construction and Under And Use Conditions in External Thermal Insulation Component Systems" *1st International Seminar For Fire Safety of Facades*, Paris, France.

- Mohsen, MS., Akash, BA. (2001). Some Prospects of Energy Savings in Buildings, *Energy Conversion and Management*, **42**: 1307-1315.
- Özel M., Pıhtılı, K., (2008), Duvar yalıtım kalınlığının pencere alanlarına etkisinin araştırılması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 23, No 3.
- Özkan D.B., Onan C., Erdem S. (2009). Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Isı Yalıtımına Etkisi, *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *Sigma* **27**: 190-196.
- Peng, L., Ni, Z., Huang, X. (2013). “Review on The Fire Safety of Exterior Wall Claddings in High-Rise Buildings in China”, *Procedia Engineering*, **62**: 663-670.
- Radhi, H. (2010). “On the Optimal Selection of Wall Cladding System to Reduce Direct and Indirect CO₂ Emissions”, *Energy*, **35**: 1412-1424.
- Rasmussen T.V., Nicolajsen A. (2007). Assessment of the performance of organic and mineral-based insulation products used in exterior walls and attics in dwellings, *Building and Environment* **42**: 829–839.
- Rossi M., Camino G., Luda M.P. (2001). Characterisation of smoke in expanded polystyrene combustion, *Polymer Degradation and Stability* **74**: 507–512.
- Smolka, M., Messerschmidt, B. Scott, J. Le Madec, B. (2013). “Semi-natural test methods to evaluate fire safety of Wall Claddings”, *Rockwool International A/S, Hedehusene, Denmark, MATEC Web of Conferences*, **9**: 02012.1-02012.6
- Soğukoğlu, M.M., İnce, A. (2013). “Yüksek Binalarda Yangın Güvenliği Açısından Dış Cephe Yalıtım Ve Kaplama Malzemeleri”, *Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi, Yüksek Yapılarda Yangın ve Güvenlik*, TÜYAK, WOW Convention Center.
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, (2008), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, **6**: 75.
- TS EN 13501-1, (2007), “Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları, Yangın Sınıflandırması, Bölüm 1: Yangın Karşısındaki Davranış Deneylerinden Elde Edilen Veriler Kullanılarak Sınıflandırma”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara .

- TS EN ISO 11925-2, (2011), Yangın Dayanımı Deneyleri-Aleve Doğrudan Maruz Kaldığında Tutuşabilirlik-Bölüm 2: Tek Alev Kaynağıyla Deney, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara .
- TS EN 13494 (2004), Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalarda Kullanılan -Yapıştırıcı ve Zemin Kaplama Malzemelerinin Isıl Yalıtım Malzemelerine Bağlanma Mukavemetinin Çekme Yöntemi ile Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Uçar A., Balo F. (2009). “Effect of Fuel Type on the Optimum Thickness of Selected Insulation Materials for the Four Different Climatic Regions of Turkey”, *Applied Energy*, **86**: 730-736.
- Uygunoğlu, T., Keçebaş, A., (2011), LCC analyses for energy-saving in residential Buildings with different type of construction blocks, *Energy and Building*, **43(9)**, 2077-2085.
- Wade, C.A. (1995). “Fire Performance of External Wall Claddings Under A Performance-Based Building Code”, *Fire and Materials*, **19 (3)**: 127-132.
- Xin, H., Zhaopeng, N., Peng Lei, P., Ping, Z. (2013). “Experimental study of fire barriers preventing vertical fire spread in ETISs” *MATEC Web of Conferences*, **9**: 04003.
- Zhang Y., Huang X., Wang Q., Ji J., Sun J., Yin Y. (2011). Experimental study on the characteristics of horizontal flame spread over XPS surface on plateau, *Journal of Hazardous Materials* **189** : 34–39.

İnternet kaynakları

1. <http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/Default.aspx>
2. <https://www.csb.gov.tr/db/samsun/webmenu/webmenu4379.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevcan Özgüven

Doğum Yeri ve Tarihi : Uşak / 05.09.1977

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : 0.507.890 01 89 / ssozguven@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :

Lise : Atatürk Lisesi, 1994

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi, 1998

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Çağdaş Mühendislik Ltd. Şti., 1999

Özgüven İnşaat Ltd. Şti., 2001

Af-Tek Yapı Denetim Ltd. Şti., 2013

Yayınları (SCI ve diğer) :

- Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Özgüven, S., 2013, Dış cephe mantolama malzemelerinin yangın dirençlerinin araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, 13.HIZ.DES.44 nolu proje.

- Uygunoğlu, T., Özgüven, S., 2014, Dış cephe mantolama malzemelerinin performanslarının karşılaştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, 14.FENBİL.11 nolu proje.
- Uygunoğlu, T, Özgüven, S. “Kompozit Modellemeler ile Çelik Lifli Betonlarda Elastisite Modülü Tahmini” El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2014, 1(1); 19-28.
- Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Çalış, M., Özgüven, S., 2015, EPS ve XPS malzemeleriyle yapılan mantolamaların yangın sırasındaki davranışlarının araştırılması, Gazi Üniversitesi, Politeknik Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, 21-28.