

**EXPANDED POLİSTİREN SERT KÖPÜK
(EPS) MALZEMESİNİN KİREMİT OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Nuray ATAY

**Bartın Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN
Haziran 2011**

KABUL:

Nuray ATAY tarafından hazırlanan "EXPANDED POLİSTİREN SERT KÖPÜK (EPS) MALZEMESİNİN KİREMİT OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 27/06/2011

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin AKAY

(BÜ)



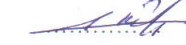
Üye : Yrd. Doç. Dr. Bilal DEMİREL

(BÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Sabri GÖK

(BÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 27.7.2011



Doç. Dr. Ali Naci TANKUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Nuray ATAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EXPANDED POLİSTİREN SERT KÖPÜK (EPS) MALZEMESİNİN KİREMIT OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Nuray ATAY

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme ve Metalürji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Bilal DEMİREL

Haziran 2011, 75 sayfa

Çatı kaplama malzemelerinde yoğunluğun düşük olması ve su geçirme özelliğinin olmaması, yüksek sıcaklığa ve düşük sıcaklığa dayanıklı, mekanik mukavemeti yüksek ve iyi izolasyonlu olması istenir. Bu çalışmada, bir çatı kaplama malzemesi olan expanded polistiren (EPS) sert köpük malzemesinin kiremit olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Expanded polistiren sert köpüklü kiremitte yapılan fiziksel ve mekanik testler sonuçlarına göre yapılarda güvenle kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca EPS sert köpüklü kiremit üretim aşamasında özel bir harçla kaplanması gerekmektedir. Bu özel harç daha da geliştirilerek ürünün su emme oranı düşürülebilir, dona dayanıklılık artırılabilir, daha iyi ısı ve ses izolasyonu sağlanabilir. Bununla birlikte değişik kiremit dizaynları denenerek mekanik dayanımı maksimum kılacak en uygun kiremit dizaynı seçilebilir.

Anahtar Sözcükler: Expanded Polistiren (EPS), yapı malzemesi, ısı yalıtım, kiremit

Bilim Kodu: 604.02.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

TILE PRODUCTION OF EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) FOAM

Nuray ATAY

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Metallurgical and Materials Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Bilal Demirel

June 2011, 75 pages

Roof covering materials are desired to have excellent properties such as low density, water-proof, fire resistant and heat insulation. In this study, studies were carried out on the tile being in plan to produce with Expanded polystyrene (EPS) that is a roof covering material. It is concluded that EPS tile can be used safely in buildings as a roof covering material according to the physical and mechanical test results. In addition, this tile made of EPS should be plastered with a special chemical mortar during production, by which water absorption capacity can be decreased, freeze and thaw resistance being increased and better heat and sound insulation being obtained by further improving this plastering material. Mechanical strength of this tile can be improved modifying its design.

Key Words: Expanded polystyrene (EPS), building material, heat insulation, tile

Science Code: 604.02.01

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Bilal DEMİREL'e ve Yazlar A.Ő. Yönetim Kurulu Baőkanı Halil YAZ'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ.....	2
1.2.1 Eğimli Çatılarda Kar etkeninin Oluşturduğu Sorunlar.....	3
1.2.2 Kar Yüğü	3
1.2.3 Buz Bentlerinin Oluşması.....	4
1.2.4 Yağış Sularının Yapı içine Girmesi	5
1.2.5 Taşıyıcı Sistemde Hasar Oluşumu	5
1.2.6 Çatılarda Havalandırma Sorunları	5
BÖLÜM 2 MALZEMELER.....	7
2.1 EXPANDED POLİSTİREN SERT KÖPÜK	7
2.1.1 Expanded Polistiren Sert Köpük Üretimi.....	9
2.1.1.1 Şişirme	9
2.1.1.2 Bekletme	10
2.1.1.3 Kalıplama	10
2.1.1.4 Kesme	10

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

2.1.1.5 Geri Kazanım	10
2.1.2 Isı Yalıtımında Expanded Polistiren Sert Köpük.....	11
2.1.3 EPS Ambalaj.....	14
2.1.4 EPS Hakkında Bazı Temel Gerçekler	15
2.1.4.1 EPS Ürünleri Sağlığa Zararlı Değildir	15
2.1.4.2 EPS Ürünleri Gerçek Bir Çevre Dostudur.....	15
2.1.4.3 EPS'nin Su Emme Değeri Çok Düşüktür	15
2.1.4.4 EPS'nin Polster (Esneklik) özelliğinin Önemi	16
2.1.4.5 EPS'nin Isı Geçirmezlik Özelliği	17
2.2. ÇEŞİTLİ YALITIM MALZEMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	19
2.2.1 Cam Yünü	20
2.2.2 Taş Yünü	20
2.2.3 Ekstrüde Polistren (XPS)	20
2.2.4 Poliüretan (PU)	20
2.2.5 Odun Talaşı Levhalar	21
2.2.6 Cam Köpüğü	21
2.2.7 Fenol Köpüğü	21
2.2.8 Mantar Levhalar	21
2.2.9 Expanded Polistren (EPS)	21
BÖLÜM 3 GELENEKSEL ÇATI KAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	23
3.1 KİREMİT TARİHİ	23
3.2 ÇATI SİSTEMLERİ	24
3.2.1 Çatı Sistemi İçinde Kiremit ve Uygulama Teknikleri	25
3.2.1.1 Kil Esaslı Çatı Kaplama Malzemesi Olarak Kiremit	25
Görünüş.....	25
Biçim	26
Ses Verme	26
Su Emme Oranı	26
Eğilme Mukavemeti	26
Dona Dayanıklılık	26

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Zararlı Manyezi Kireç	26
3.2.2. Çatı Tipleri	27
3.2.2.1 Soğuk ve Sıcak Çatı Sistemleri	28
3.2.2.2 Çatılarda Havalandırma	28
3.2.2.3 Çatılarda Su Yalıtımı	29
3.2.2.4 Çatılarda Isı Yalıtımı	30
3.2.2.5 Kiremit Altı Lata Uygulamaları	30
3.2.2.6 Kiremitlerin Döşenmesi ve Sabitlenmesi	31
3.2.2.7 Saçak Uygulaması ve Elemanları	32
3.2.2.8 Mahya Uygulaması ve Yardımcı Elemanları	33
3.2.2.9 Yan Saçak Kaplamaları ve Kapatma Elemanları	34
3.3 KİREMİT ÜRETİM YÖNTEMLERİ	34
3.3.1 Kil Esaslı Kiremit Üretim Yöntemi	34
3.3.2 Beton Kiremit Üretim Yöntemi	36
3.4 ÇATI TASARIMI	37
BÖLÜM 4 MATERYAL VE YÖNTEM	41
4.1. MATERYAL	41
4.1.1 (EPS) Expanded Polistiren Sert Köpük	41
4.1.2 Özel Harç	43
4.1.3 ANSYS Yazılım Programı	44
4.1.4. Basma Test Cihazı	45
4.2. YÖNTEM	46
4.2.1 Üretim Yöntemi	46
4.2.1.1 EPS Üretimi	47
4.2.1.2 Harcın Hazırlanması	48
4.2.1.3 EPS Sert Köpüklü Kiremidin Üretimi	48
BÖLÜM 5 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	51
5.1. EPS DENEYLERİ	51

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

5.1.1 Yangına Tepki Performansı	51
5.1.2 Su Absorpsiyonunun Tayini	52
5.1.3 Isıl Performansı	53
5.2. EXPANDED POLİSTİREN KİREMİT DENEYLERİ	55
5.2.1 Ağırlık Deneyi	55
5.2.2 Donma Çözünme Deneyi	55
5.2.3 Mekanik Direnç Deneyi	56
5.2.4 Su Sızdırmazlık Deneyi	56
5.2.5 Bağlantı Parçaları	56
5.2.6 Su Emme Deneyi	57
5.2.6.1 Su Emme Değerinin Karşılaştırılması	58
5.2.7 Ses deneyi	58
5.2.8 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Deformasyon ve Gerilme Analizlerinin ANSYS Simülasyon Programı Yardımıyla Hesaplanması	60
5.2.8.1 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Deformasyon Testi	61
5.2.8.2 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Gerilim Testi	62
5.2.9 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Şekil Optimizasyonu	64
BÖLÜM 6 SONUÇLAR	69
KAYNAKLAR	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 EPS sert köpük üretimi akım şeması	11
2.2 Yoğunluğa göre ısı iletkenlik grafiği.....	18
3.1 Klasik çatı.....	25
3.2 Kil esaslı kiremitler.....	27
3.3 Soğuk ve sıcak çatı sistemleri	28
3.4 Çatılarda havalandırma	29
3.5 Çatılarda su yalıtımı	29
3.6 Kiremitlerin döşenmesi ve sabitlenmesi	31
3.7 Çatı kaplama sistemi	38
4.1 EPS kimyasal yapısı	42
4.2 EPS şişirme ünitesi	43
4.3 EPS dinlendirme siloları	43
4.4 Basma test cihazı	46
4.5 EPS Sert Köpüklü (Özel Harç Kaplanmamış)	48
4.6 EPS Sert Köpüklü kiremit (Özel Harç Kaplanmış)	49
5.1 EPS sert köpüklü kiremidin su emme grafiği	58
5.2 EPS sert köpüklü kiremidin ses deneyi grafiği	59
5.3 EPS sert köpüklü kiremitlerin 500 N yükte deformasyon görüntüsü	61
5.4 EPS sert köpüklü kiremitlerin deformasyon grafiği	62
5.5 EPS sert köpüklü kiremitlerin 500 N yükte gerilim görüntüsü	63
5.6 EPS sert köpüklü kiremitlerin gerilim grafiği	64
5.7 ANSYS yardımıyla EPS sert köpüklü kiremit üzerine yükün uygulanması.....	65
5.8 EPS sert köpüklü kiremitlerin şekil optimizasyonu	65
5.9 EPS sert köpüklü kiremitlerin şekil optimizasyonu.....	66
5.10 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerde oluşan deformasyon dağılımı	66
5.11 EPS sert köpüklü kiremitlerde oluşan deformasyon dağılımı	67
5.12 EPS sert köpüklü kiremitlerde oluşan deformasyon ve yoğun olduğu bölgeler	67
5.13 CATIA da EPS sert köpüklü kiremit üzerine uygulanan yükler.....	68

TABLolar DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 EPS % Su emme absorpsiyonu	16
2.2 Paket ağırlığına bağlı düşme yükseklikleri	17
2.3 EPS sert köpük yoğunluğa göre sıcaklık değerleri.....	17
2.4 EPS sert köpük teknik özellikleri	19
5.1 Yangına tepki performansı	52
5.2 Su absorpsiyonu değerleri.....	53
5.3 Isıl direnç değeri	54
5.4 EPS sert köpüklü kiremitlerin ağırlıkları	55
5.5 EPS sert köpüklü kiremitlerin basınç değerleri.....	56
5.6 EPS sert köpüklü kiremitlerin su emme değerleri	57
5.7 EPS sert köpüklü kiremitlerin ses deneyi değerleri	59
5.8 EPS sert köpüklü kiremitlerin deformasyon değerleri	61
5.9 EPS sert köpüklü kiremitlerin gerilim değerleri	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

U	: Isı Geçişi
C	: Isı İletimi
λ	: Isı İletkenliği
R	: Isı Direnci
R _f	: Eğilme dayanımı
L	: Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık
F _f	: Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet
B	: Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu
R _c	: Basınç dayanımı
F _c	: Kırılma anındaki en büyük yük
1600	: Plakaların veya yardımcı plakaların
b ₂₈	: 28. gündeki büzülme değeri
b ₁	: 1. gündeki büzülme değeri
V	: Ses dalgası geçiş hızı
t	: Ses dalgası geçiş süresi

KISALTMALAR

DIN	: Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
EN	: Avrupa Normu
TS	: Türk Standardı
EPS	: Expanded Polistiren Sert Köpük

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

İnşaat sektörünün son yıllarda hafif yapı malzemelerine önem vermesi nedeniyle tuğla ve kiremit sektöründe kaliteli hafif ürünlerin üretilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kiremit ürünlerinde yoğunluğun düşük olması ve su geçirme özelliğinin olmaması istenir. Bu çalışmada, Expanded Polistiren Sert Köpük (EPS) malzemenin kiremit olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Klasik kiremitlere göre avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Bu yeni kiremit EPS içermesi sebebi ile de bir ısı yalıtım malzemesidir. Dünyada enerji kaynakları hızla azalırken, bir yandan alternatif enerji kaynakları araştırılmakta, bir yandan da mevcut enerji kaynaklarını kullanırken tasarrufa gidilmeye çalışılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde etkin bir enerji tasarrufu için yapılarda yalıtıma büyük önem verilmekte ve yalıtımla ilgili yeni yönetmelik ve standartlar sürekli geliştirilmektedir. Bu yönetmelik ve standartlar ışığında uygulanan çeşitli ısı yalıtım yöntemleriyle, tüketilen enerji miktarında büyük oranlarda tasarruf yapmak mümkün olabilmektedir. Tüketilen yıllık toplam enerjinin, ortalama %41'i konutların ve yapıların ısıtılmasında, %33'ü sanayide, %20'si ulaşımda, %5'i tarımda ve %1'i diğer alanlarda kullanıldığı düşünülürse konutlarda yapılacak tasarruf büyük önem kazanmaktadır (Evcil 2000).

Yapılarda enerji tasarrufu için sorunsuz bir yalıtım oluşturulmalıdır. Bu yalıtımla yapı, en sıcak mevsimde minimum ısı kazanırken, en soğuk mevsimde de minimum ısı kaybetmelidir. Değerlendirme yaparken sadece soğuk mevsimdeki veriler değil, sıcak mevsimdeki veriler de göz önünde bulundurulmalıdır. Isıtma veya soğutma maliyetini düşürebilmek için, ısı kayıplarını minimum düzeye indirmek şarttır. Bu ancak ısı iletim katsayısı düşük yapı malzemelerin üretilmesi ve kullanılmasıyla mümkün olacaktır (URL-1, 2011).

Kiremitlerin m² deki sayısı alafanga kiremitte 17, alaturka kiremitte 30, beton kiremitte ise 9,5 iken EPS den imal edilecek kiremitte ise bu rakam modele göre değişecektir. Ancak m²

başına miktar ne kadar çok olsa da rakiplerine göre kıyaslanamayacak derecede hafif olacaktır. Bu kiremitlerin modele göre çatıya binen yükleri farklılık göstermektedir. Beton kiremidin m²'deki ağırlığı 39,9 – 44,65 kg olup klasik kiremit de bu oran 43 – 53 kg arası değişmektedir. EPS den mamul bir kiremidin m² ağırlığı 11,5 kg kadar olacaktır. Bu hafiflik yapının inşaat statik hesaplarını da maliyeti düşürücü katkı sağlayacaktır.

1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Çatı, binayı dış ortamdan ayıran ve sınırlayan, dış ortam etkilerinin doğrudan etkili olduğu bina bölümünde binayı üstten örten ve yağışlar (yağmur, kar, dolu), nem, rüzgâr, güneş ışınları, ısı, gürültü, toz, yangın gibi dış etkenlerden koruyan bir yapı elemanıdır.

Taşıyıcılık, yalıtım ve estetik gibi ölçütlerin ön plana çıktığı bu yapı elemanının tasarımında; çatının kendi ağırlığı (çatı sistem kurgusu ve malzemesi, kaplama ağırlığı vb.), yağmur, kar, insan (montaj, bakım, onarım, teras çatılarda kullanım) yükleri ile birlikte yatay yükler (rüzgâr, deprem vb.) ve diğer yükler (güneş enerjisi kolektörü, reklâm panoları, antenler, vb.) etkendir (Avlar ve Küskü 2005).

Çatılar, biçimlenişlerine göre teras (düz) ve eğimli olarak düzenlenmektedir. Yağışlı bölgelerde genelde uygulama alanı bulan eğimli çatıların oluşumunda; iklim bölgesi koşulları (yağış miktarı ve yağış biçimi), çatı kaplamasının türü, boyutu ve biçimi (küçük ve büyük boyutlu, düz ve düz olmayan vb.), çatı arasının kullanım koşulları ve yönetmelikler (en fazla değer için vb.) ön plandadır. Ayrıca, çatı kesitindeki ve/veya çatı arasındaki nemin hareketi ve çatı üzerindeki etkileri, çatının tasarım aşamasında düşünülmesi gereken bir tasarım ölçütü olarak ortaya çıkmaktadır (URL-1, 2011).

Eğimli çatılarda genelde örtü biçiminde tercih edilen su yalıtım ürünleri dış ortama yakın çatı kesitinin üst yüzeyinde uygulanırken, ısı yalıtım ürünleri ise çatı arasının kullanılmadığı durumlarda, ısı kayıplarına neden olmamak için genelde döşeme yüzeyine serilmektedir. Çatı arasının kullanıldığı uygulamalarda ise su yalıtımın yeri değişmezken, ısı yalıtımı çatı sisteminin arasında veya üstünde düzenlenmektedir. Bu tür çatılar, yağışların yapıya zarar vermeden yapıdan uzaklaştırılmasını sağlarken, beraberinde bazı sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Eğimli çatılarda ortaya çıkan sorunlardan bazıları, etkili bir havalandırma yapılarak çözülebilecek sorunlardır (Çelik 1976).

Eğimli çatılarda ısı ve su yalıtımının yanında, çatı arası boşluklarında veya çatı kesiti içinde devamlı ve etkin bir havalandırma yapılması, bu bölümlerde yer alan havanın tazelenmesi ile birlikte çatı sistemlerinin devamlılığı ve oluşacak hasarların önlenmesi için çok önemlidir.

Eğimli çatılarda havalandırma yapılmaması durumunda ortaya çıkacak sorunlar;

1. Çatı kesitinde veya çatı arasında oluşacak nemden taşıyıcı sistem elemanlarının, kaplama ve yalıtım ürünlerinin zarar görmesi,
2. Kaplama ürünlerinin servis ömürlerinin kısalması,
3. Yapı içi konfor düzeyinin azalması,
4. Kar etkeninin oluşturduğu sorunlar şeklinde sıralanabilir.

Özellikle soğuk iklim bölgelerinde ön plana çıkan kar etkeni ve onun ortaya çıkardığı olumsuzluklar, Türkiye koşullarında sadece doğu bölgelerinin bir sorunu olarak görünse de tüm yerleşim birimlerinin karşı karşıya kaldığı önemli sorunlardan biridir.

1.2.1 Eğimli Çatılarda Kar Etkeninin Oluşturduğu Sorunlar

Eğimli çatılarda kar etkeninin oluşturduğu sorunlar; kar yükü, buz bentleri oluşması, yağış sularının yapı içine girmesi ve taşıyıcı sistemde hasar oluşumu şeklinde sıralanabilir.

1.2.2 Kar Yükü

Kar ve onun oluşturduğu yük özellikle eğimli çatılarda, önemli bir tasarım ölçütüdür. Oluşacak kar yükü; hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yönü, çatı eğimi, yapının konumu, yapının diğer yapılarla olan ilişkisi ve yapı içinden dışarı doğru olan ısı transferi ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca, şiddetli esen rüzgâr, karın esinti yönünde yer değiştirip, bazı çatı bölümlerinin aşırı yüklenmesine neden olmaktadır. Bu durumda eğimli yüzey üzerinde eşit olarak dağılmayan kar yükünün çatı taşıyıcı sistemi üzerinde hasar oluşturması kaçınılmazdır. Özellikle kar yağışının fazla olduğu bölgelerde çatı eğiminin artırılması alınacak ilk önlemlerden biridir. Çatı eğiminin artırılması ile çatıda biriken kar yükü, zemindeki kar yükünün % 30-50'sini geçmeyecektir (Çukurçayır 2002).

Eğimli çatılarda iyi bir ısı yalıtımı yapılması, yapı içiyle çatı arası veya kesitinde ısı alışverişini en aza indirgese de tamamen önüne geçemeyecektir. Ek olarak güneşten gelen ışınlar çatı ısıısının dış ortama göre daha sıcak olmasını sağlayacaktır. Özellikle yapıların

güney cephelerindeki çatılar üzerinde kar tamamen erimişken, kuzey cephelerinde hala kar birikintilerinin varlığı, çatıların dış ortamlardan farklı sıcaklıklarda olduğunun göstergesidir.

1.2.3 Buz Bentleri Oluşması

Eğimli çatılarda karın oluşturduğu en önemli sorun buz bentleridir. Kar yağışının etkin olduğu bölgelerde yaygın olarak görülen ve özellikle saçak bölümlerinde oluşan buz bentleri, karın erimesi ve eriyen karın tekrar donması sonucu oluşmaktadır.

Çatılarda biriken kar örtüsünün çatı yüzeyinden uzaklaşması sırasında karın çatı yüzeyinin her noktasında eşit olarak erimeye başlaması önemlidir. Güneşli havada, güneş ışınlarıyla kar örtüsünün çatı yüzeyinin her noktasında eşit olarak eridiği gözlenmektedir. Ancak, yapı içinden gelen sıcak hava, çatının bazı bölgelerindeki sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Bu durumda dış ortam hava sıcaklığının donma seviyesinin altında olmasına karşın, karın yapı içinden gelen sıcak hava nedeniyle çatı yüzeyinde hızla erimeye başlaması söz konusudur.

Eriyen kar suyu çatı eğimi doğrultusunda saçaklara doğru hareket eder. Yapı içinden gelen sıcak hava saçaklara ulaşmadığı için, saçaklar çatı üst bölümlerine göre daha soğuk olmaktadır. Dolayısıyla eriyen kar suyu bu bölümde tekrar donar. Oluşan buz tabakası bir bent etkisi yaratarak, eriyerek akan kar suyunun önünü kesmekte ve kar suyunun yapıdan uzaklaşmasını engellemektedir. Bu olayın peş peşe tekrar etmesi ile sürekli donan kar suları sonucunda oluşan bendin büyüklüğü de artmaktadır. Bendin büyüklüğünün artmasıyla birlikte eriyen kar suları ısınan çatı bölümlerine kadar yükselir. Isınan çatı bölümlerinde sıcaklığın yüksek olması nedeniyle kar suları bu çatı bölümünde daha az donmaktadır (Çukurçayır 2002).

Saçaklarda buz bentleri oluşması sonucunda buzların saçaklardan sarkması can güvenliği açısından en önemli sorundur. Buzların saçaklardan kırılıp zemine düşmesi, çevrenin yanında yapı içi ve dışı kullanıcılarının sağlığını da tehdit etmektedir.

Buzlanmayı engellemek için, sadece saçak bölgesindeki karların süpürülmesi, ortaya çıkacak eşit olmayan kar dağılımı yüzünden tehlikelidir. Buzlanmayı engellemek için, çatı sıcaklığının dış hava sıcaklığına eşit olması sağlanmalıdır. Bunun için hatasız ve eksiksiz uygulanan ısı yalıtımı ve su yalıtımı ile birlikte çatıda uygun bir havalandırma oluşturulmalıdır.

1.2.4 Yağış Sularının Yapı İçine Girmesi

Eğimli çatıların saçak bölümlerinde oluşan buz bentleri nedeniyle çatıdan aşağıya doğru akamayan kar suları kendilerine hareket noktası aramaktadır. Bu noktada rüzgâr ve kapilarite ile kar suyunun parçalı çatı kaplama ürünlerinin birleşim yerlerinden yukarı doğru itilerek, özellikle çatı kaplaması altında su yalıtım örtüsünün uygulanmadığı veya eksik ve hata uygulandığı çatı kesitlerinde suyun boşluklardan sızıp yapının iç bölümlerine doğru ilerlemesine neden olmaktadır (Çelik 1976).

Boşluklardan sızan su, çatı kesitine veya çatı arasına ulaşır suya karşı dayanıksız olan ısı yalıtım ürünlerinin ıslanması sonucu ürünlerin yalıtım değeri azalmasına veya tamamen yok olmasına, taşıyıcı sistemin zarar görmesine, kaplamaların servis ömürlerinin kısılmasına ve çatı bölümünden bağımsız bölümlere ulaşan suyun yapılar ve kullanıcılar üzerinde sorun oluşturmaya neden olmaktadır. Türkiye’de su sorununun en çok yaşandığı yapı elemanının çatı olduğu düşünüldüğünde, bu sorunun da önemi ortaya çıkmaktadır.

1.2.5 Taşıyıcı Sistemde Hasar Oluşumu

Kar yükünün ve saçaklarda oluşan buzlanmanın, çatıya getirdiği bir diğer olumsuzlukta ağırlığı nedeniyle oluşturacağı taşıyıcı sistem hasarlarıdır. Kar etkeninin ilk etkisini gösterdiği yapı elemanı olan çatılarda özellikle taşıyıcı sistemde sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yoğun kar yağışları yanı sıra, kar yağışının etkili olmadığı durumlarda bile tasarım ve uygulama eksiklikleri sonucunda da çatının taşıyıcı sistemlerinde hasarlar oluşabilmektedir. Bu hasarlar kimi zaman çatının tamamen çökmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle özellikle kar yağışının etkili olduğu bölgelerde kar yükünün çatı taşıyıcı sistemi oluşturulurken göz önünde bulundurulması önemlidir.

1.2.6 Çatılarda Havalandırma Sorunları

Eğimli çatılarda oluşan havalandırmaya bağlı sorunlar, yapının kullanım maliyetini büyük ölçüde yükseltmektedir. Uygun çatı detayı ve ürünleriyle yapılacak etkin bir havalandırma, çatılarda oluşabilecek birçok sorunun oluşmasını ve kullanıcı sağlığı ve ülke ekonomisinin zarar görmesini engelleyecektir. Özellikle kar yağışının etkili olduğu bölgelerde uygulanan eğimli çatılarda, kar etkeninin ortaya çıkarabileceği buz bentleri oluşmasının önüne geçilmesi, yağış sularının yapı içine girmesi ve taşıyıcı sistemde hasar oluşumunun engellenmesi için çatı boşluklarında ve çatı kesitlerinde havalandırma düzenlemenin önemi büyüktür.

Kar yağışının etkili olduğu bölgelerde eğimli çatılar; çatı strüktürü, yalıtımı ve havalandırmasıyla bir bütün olarak düşünölmelidir. Çatı katmanlarının havalandırılması gerek nemin çatı boşluğundan veya kesitinden uzaklaştırılması, gerekse soğutma yükünün düşürölmesinde çok önemlidir.

Eğimli çatılarda çatı boşluğunun veya kesitinin havalandırılması, bu boşluğun veya kesitin sürekli doğıal yönlerden soğuk olmasını ve dolayısıyla da çatı ve dış ortam sıcaklığının aynı kalmasını sağlayacaktır.

Yapı içinden gelen sıcak havanın dışardan gelen soğuk havayla uzaklaştırılması ile çatı boşluğunun veya çatı kesitinin sıcaklığının yükselmesi sonucu karın hızla eriyerek saçaklarda tekrar donması önlenecektir.

BÖLÜM 2

MALZEMELER

2.1 EXPANDED POLİSTİREN SERT KÖPÜK

EPS Sert Köpük, stiren monomerin polimerizasyonu ile petrolden elde edilen, köpük haldeki kapalı gözenekli tipik olarak beyaz renkli bir termoplastik malzemedir. Özel üretimlerde taneciklerin uzun dalga ışınımı yansıtacak şekilde işlendiği gri/siyah tonlarında ürünler de mevcuttur (URL-7, 2011; Negussey 1998).

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz 'Pentan'dır. Organik bir bileşen olan pentan, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Açığa çıkan pentan gazı atmosferde zaten bulunan CO₂ ve su buharına-H₂O'ya dönüşür. Pentanın açığa çıkmasıyla, malzemenin bünyesinde bulunan çok sayıdaki (yoğunluğa bağlı olarak 1 m³ EPS' de 3-6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin % 98'i hareketsiz havadır; %2'si ise polistrendir (Ravve 2000; BASF 1997).

Malzeme, küçük tanecikler halinde hammadde olarak temin edildikten sonra ön şişirme işleminden geçer. Bu sırada taneciklerin içindeki pentan gazı ile hava yer değiştirir ve malzemenin istenilen yoğunluğu bu aşamada büyük ölçüde sağlanır. Daha sonra özel silolarda dinlendirilen genleştirilmiş taneciklerin kalıp içerisinde su buharı yardımı ile birbirleriyle kaynaşması ve malzemenin özelliklerini kazanması sağlanır. Tanelerin birbiri ile kaynaşması sonucunda bal peteği görünümünde, arada boşluk kalmadan birbiri ile kaynaşmış çokgenlerin oluşturduğu sürekli bir kütle meydana gelir. Daha sonraki üretim adımları ise malzemenin kullanım sahasına (ısı yalıtım amaçlı veya ambalaj malzemesi olarak) göre değişiklik gösterir (Huntsman 1999).

Bilindiği gibi durgun hava, bilinen en ekonomik, çevre dostu ve mükemmel ısı yalıtım malzemesidir. EPS'nin üstün ısı yalıtım özellikleri çok sayıdaki taneciklerinin bünyesinde bulundurduğu durgun hava sayesinde. Dünyada mevcut en iyi ısı yalıtımı sağlayan birkaç malzemeden biri olan EPS, aynı performansı, ülkemizde kullanılan diğer ısı yalıtım malzemelerinden daha ekonomik olarak sağlayan tek malzemedir (URL-8, 2011).

Malzeme, esnek olan yapısı, darbe emiş özelliği ve mekanik dayanıklılığı sayesinde de birçok ürünün koruma amaçlı ambalajlanmasında kullanılır ve ambalajlanan ürünlerin hasar görmelerini engeller. Ayrıca, hem ısı yalıtım özelliği hem de koruma özelliği sayesinde EPS'in özel tipleri gıda malzemelerinin de ambalajlanmasında kullanılır (URL-7, 2011).

Üretiminin enerji yoğun olmaması, üstün teknik özelliklerine rağmen ekonomik olmasının diğer önemli sebebidir. Etkin mekanik dayanımın yanında şişirici gazın çok kısa sürede hava ile yer değiştirmesi, ürünün performansının kullanım ömrü boyunca sabit kalmasını sağlar. Kalınlığı azalmaz, ısı iletkenliği artmaz, mekanik özellikleri değişmez ve diğer özelliklerinde de zamanla hiçbir bozulma meydana gelmez (URL-7, 2011)

EPS, kullanım sahasına göre istenilen yoğunluklarda üretilir. Özellikleri yoğunlukla istenilen yönde değiştirilebildiğinden malzeme israfına ve gereksiz maliyet artışlarına sebep olmaz. Isı yalıtım amacıyla genellikle 15–30 kg/m³ yoğunluklarda; ambalaj malzemesi olarak kullanım amacıyla da 20-100 kg/m³ yoğunluklarda üretilmektedir. Bitmiş ürün olarak EPS, hafiflik, kolay işlenebilirlik ve diğer malzemeler ile kompozit ürünlerin imalatında kullanılabilirlik gibi özelliklere de sahiptir (Vandorp 1988).

Bütün bu özelliklerinin yanı sıra EPS, %100 geri dönüşümlü bir malzeme olması ve bünyesinde bulundurduğu malzemelerin atmosfere ve ozon tabakasına zarar vermemesinden ötürü çevre dostu bir malzemedir. EPS'nin özel tipleri ayrıca, gıda maddelerinin ambalajlarında bile kullanılabilen ve insan sağlığına zararlı olmayan bir üründür (URL-7, 2011).

EPS ürünler, levha, boru veya önceden şekil verilmiş elemanlar halinde, yapıların ısı ve ses yalıtımında ve ambalaj sanayi inde yoğun bir şekilde kullanılırlar. EPS ürünlerin ayrıca, binalarda duvar malzemesi olarak kullanımından, soğuk hava depolarının yalıtımına, soğuk bölgelerdeki karayolu yapımına, zeminlerin takviyesine, gemiler için can simidi ve can yeleşti yapımına kadar sayılması mümkün olmayan; hafifliğin, dayanımın, kolay şekil verebilmenin,

kolay uygulayabilmenin ve düşük ısı iletkenliğinin önemli olduğu bütün uygulamalarda sınırsız kullanım alanı vardır (Elragi vd. 2000).

2.1.1 Expanded Polistiren Sert Köpük Üretimi

EPS Sert Köpük petrolden elde edilen kapalı gözenekli, genellikle beyaz ve mavi renğinde üretilen ısı ve ses izolasyonunda kullanılan bir malzemedir.

EPS köpük üretiminin telemine, kullanılan pentan gazı, polistiren tanecikleri şişirilir ve böylece birbiriyle kaynaştırır. (Straforu kırdığımızda şişirilmiş tanecikleri gözlemleyebiliriz). Pentan gazı, Polistiren taneciklerin içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ya da üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir (Elragi vd. 2000).

Straforların üretimi için yabancı teknoloji kullanılmaktadır. Yurt dışından alınan EPS hammaddesi, hammadde stok sahasına depolanır. Depolanan EPS hammadde hazırlama ünitesindeki hammadde tanklarına doldurulur. Hammadde yarı mamul hazırlama ünitesinde genişletilir. Genleştirilmiş EPS şekillendirme ünitesinde enjeksiyon makinesine iletilir. Enjeksiyondan çıkan strafor sahaya stoklanır.

Tesisin hammaddesi EPS olup granül halinde 100 kg/600 kg ve 25 kg paketler halinde ilk şişirme (pre-expander) makinesinin mahalline getirilir ve stok elde edilir. EPS den mamul izolasyon malzemesi ve ambalaj destek parça üretiminde aşağıdaki başlıkları verilen aşamalar söz konusudur.

1. Şişirme
2. Bekletme
3. Kalıplama
4. Kesme
5. Geri kazanım

2.1.1.1 Şişirme

EPS hammaddenin şişirme makinesi içerisinde buhar yardımı ile şişirilip, yoğunluğun ayarlandığı aşamadır.

2.1.1.2 Bekletme

Şişen EPS granül, boncuk halini aldıktan sonra pentanın atmak ve içine hava alması için kürlenme amacı ile 6 saat ile 12 saat arasında (hammadde cinsine ve reçetesine bağlı olarak) özel silolarda bekletilir.

2.1.1.3 Kalıplama

Ek tesisimizde hem blok hem enjeksiyon makinesi olduğu için, iki türlü kalıplama mevcuttur. Blok kalıplama makinesinde makinenin sabit iç kamarasına bağlı ölçülerde 4x1x1 metrelik blok kütük üretilir ve kesim için bekleme sahasına alınır. Enjeksiyon makinesi içerisindeki mevcut kalıplara göre nihai ürün elde edilir ve direkt paketlemeye geçilir.

2.1.1.4 Kesme

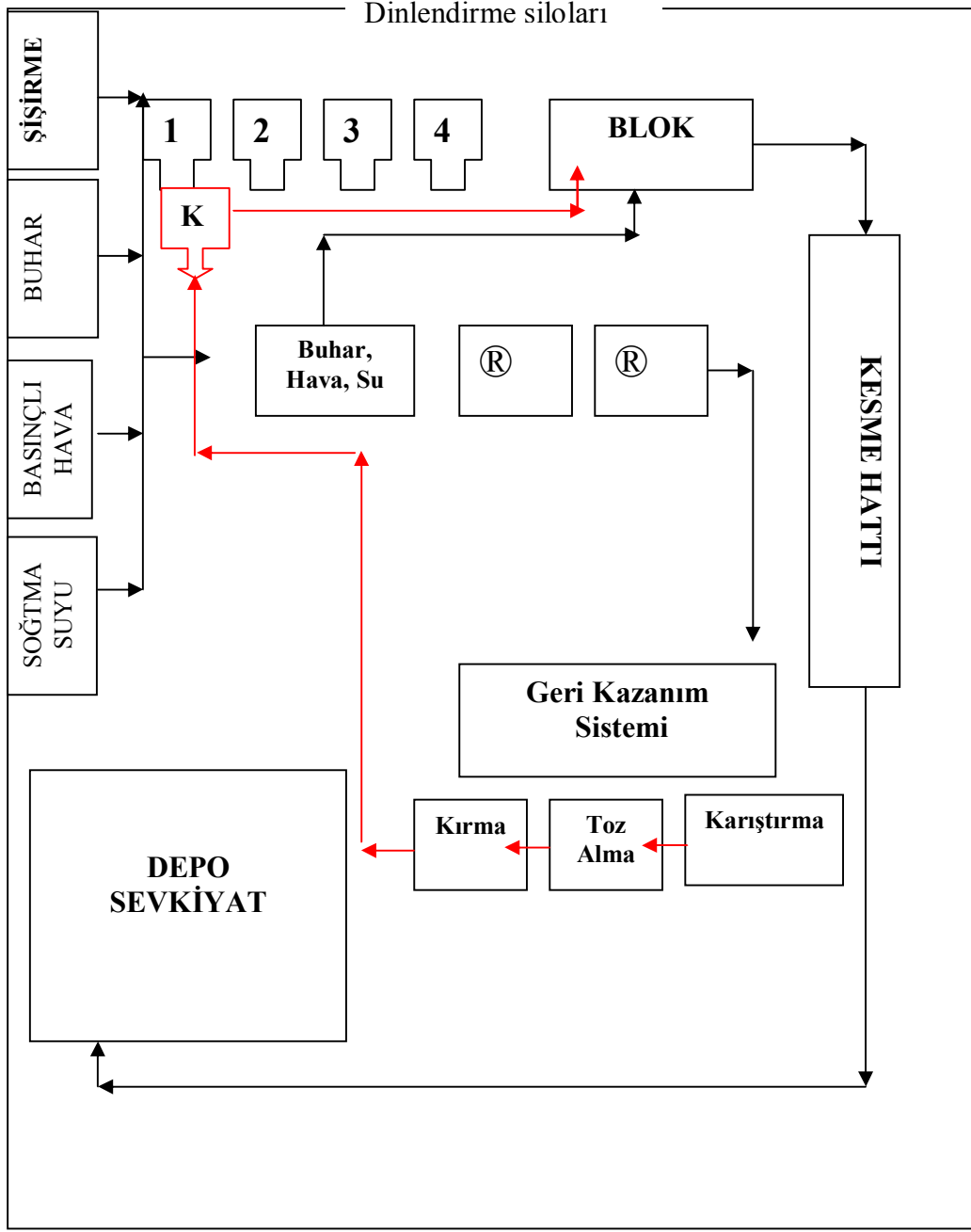
Elde edilen blok kütükler bekletildikten sonra sıcak tel kesme makinelerinde levha kesim hattında ve asmolen kesme makinesinde nihai şeklini alır ve paketlemeye verilir ve ambar/sevkiyata gönderilir.

2.1.1.5 Geri Kazanım

Gerek kesimden çıkan hurdalar gerekse enjeksiyondaki yanlış imalatların hepsi % 100 geri kazanılarak tekrar imalatta kullanılır, geri kazanımda kırma + toz alma ve karıştırma üniteleri mevcuttur.

Şişirme makinesinde, blok makinesinde, enjeksiyon makinesinde alt yapıya ait buhar, kondens ve soğutma suyu ve basınçlı hava hatları mevcuttur. Buhar, EPS'nin şişirilmesi ve kalıplamada boncuğun füzyonunu sağlamaya yarar, soğutma suyu ise buhardan tekrar soğutularak tekrar kalıplama ve füzyona hazır hale getirilmesini sağlar, basınçlı hava ise makinelerin pnömomatik çalışması için gereklidir. Şekil 2.1 'de Genleştirilmiş polystiren sert köpük üretimi akım şeması verilmiştir.

İmalatta aynı soğutma suyu devir daim edilir, yalnızca buharın kondenzasyonunda kayıp kadar ilave söz konusudur, tesisin içerisinde imalattan kaynaklanan hiçbir atık ve malzeme kaybı söz konusu değildir.



Şekil 2.1 Genleştirilmiş polystiren sert köpük üretimi akım şeması.

2.1.2 Isı Yalıtımında EPS Sert Köpük

Isı yalıtımında EPS, fabrikada üretilmiş levhalar şeklinde kullanılmaktadır. EPS'in binalarda kullanımı ile ilgili olarak ürün özelliklerini ve deneyleri açıklayan Türk Standardı, "TS 7316 EN 13163 Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon olarak imal edilen-EPS köpük-Özellikler" olarak tanımlanmış standardadır.

Bu standardın içeriğinin önemli özelliği 15 kg/m^3 'den daha düşük yoğunluklardaki ürünlerin binalarda ısı yalıtımı amaçlı kullanılmasını bugün için önlemesidir. Standard da binalarda kullanılacak ürünlerin yangın karşısındaki davranışları açısından bir sınırlama getirilmemiş olmakla beraber, binalarda ısı yalıtım amaçlı uygulamalarda B1 sınıfı kullanılması önerilir. EN 13163 Standardın içeriğinde bütün ürünlerde ve özel uygulamalarda hangi testlerin hangi standarda göre yapılması gerektiği açıklanmaktadır.

İlgili standartlarda EPS ısı yalıtım levhaları yoğunluklarına göre değil, mekanik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Ülkemizde henüz piyasaya arzı gerçekleştirilmemiş olmakla birlikte EPS levhaların ses yalıtım uygulamalarında kullanılan çeşitleri de vardır. EPS olarak tanımlanan bu üründe mekanik özellikler değil, sıkıştırılabilirlik ve dinamik rijitlik özellikleri önem taşır. EPS ısı yalıtım levhaları özel işlemden geçmedikçe ses yalıtım uygulamalarında kullanılamazlar. Herhangi bir ürünün özelliklerinin gerçek değeri, üretici tarafından TS 7316 EN 13163 ve EN 13172 Thermal insulating products-evaluation of conformity”ye göre beyan ettiği değerlerdir.

Gelişmiş ülkelerde etkin bir enerji tasarrufu için yapılarda yalıtıma büyük önem verilmekte ve yalıtımla ilgili yeni yönetmelik ve standartlar sürekli geliştirilmektedir. Bu yönetmelik ve standartlar ışığında uygulanan çeşitli ısı yalıtımı yöntemleriyle, tüketilen enerji miktarında büyük oranlarda tasarruf yapmak mümkün olabilmektedir.

Yapılardaki bu tasarruf yalıtım ile sağlanabilir. Bilindiği gibi binalar, ısıtılmayan hacimlerden, dış duvarlardan, tavanlardan, zemine oturan döşemelerden, pencerelerden ısı kaybetmekte ve bu yüzden ısınma için gerekenden daha fazla enerji harcanmaktadır. Özellikle son yıllarda yapılarda yalıtımın uygulanıp uygulanmaması ve yıllık yakıt tüketiminin az olması insanlar tarafından tercih sebebi olmaktadır. Bundan dolayı günümüzde bilim adamları ve araştırmacılar yapılar için enerji tasarrufu sağlayan ürünler ve yöntemler hakkında çok fazla bilimsel çalışma gerçekleştirmektedir. Bu çalışma da bunlardan birisidir.

Yapılarda enerji tasarrufu için sorunsuz bir yalıtım oluşturulmalıdır. Bu yalıtımla yapı, en sıcak mevsimde minimum ısı kazanırken, en soğuk mevsimde de minimum ısı kaybetmelidir. Değerlendirme yaparken sadece soğuk mevsimdeki veriler değil, sıcak mevsimdeki veriler de göz önünde bulundurulmalıdır. Isıtma veya soğutma maliyetini düşürebilmek için, ısı kayıplarını minimum düzeye indirmek şarttır. Bu ancak ısı iletim katsayısı düşük yapı malzemelerin üretilmesi ve kullanılmasıyla mümkün olacaktır.

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için yapılan işleme “ısı yalıtımı” denir. Diğer bir deyişle ısı yalıtımı, kışın ısınmak, yazın da serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltmak ve daha konforlu ortamlarda yaşamak amacıyla binaların dış cephe duvarları, cam ve doğramaları, çatıları, döşemeleri ve tesisatlarında, ısı geçişini azaltan önlemlerin alınmasıdır. Bunu sağlayan malzemelere, ısı yalıtım malzemeleri adı verilmektedir. Yapıda kullanılacak ısı yalıtım malzemelerin özelliklerinin araştırılması ve incelenmesi deneysel ve gözlemsel bulgularla sağlanabilmektedir (Kulaksızoğlu 2006).

Isı yalıtım malzemelerini birbirinden ayıran en temel özellik ısı iletim katsayılarıdır. ISO 8302 Standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanırken diğer malzemeler yapı malzemesi kapsamına girmektedir. Yapıların uzun yıllar boyunca değerini koruması, fiziki projesinin iyi tasarlanması ve uygulanmasına bağlıdır. Fiziki projesinin iyi tasarlanması yapının iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması demektir. Yapıların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması ise ancak yalıtım ile sağlanabilmektedir.

Günümüzde yalıtım sistemlerinin esas amacı; yapının zararlı boyutlardaki etkilere maruz kalması sonucu zaman içinde yapı hasarlarının ortaya çıkmasını önlemektir. Dolayısıyla yapılarda yalıtım, bakım masraflarını sınırlı düzeyde tutarak, yaşanan iç ortamın konfor şartlarına uygun, kışın ısıtma, yazın soğutma enerjisinden tasarruf sağlayarak aile ve ulusal ekonomiye katkı sağlar. Bina içerisinde sağlıklı ve konforlu yaşam koşullarının oluşturulması insan sağlığı için ne kadar önemli ise yapının dış etkenlere karşı korunması da yapılar için o kadar önemlidir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Türkiye’de 8 milyon bina, 16 milyon konut bulunmaktadır. Bugün ülkemizde ciddi ve tutarlı yaklaşımlarla, ısı yalıtımı yapılmadan inşa edilmiş yaklaşık 12 milyon dolayında yapının olduğu tahmin edilmektedir.

Yalıtımsız binalarda uygulanacak basit yalıtım uygulamalarıyla ve yeni yapılacak binalarda yalıtıma önem verilmesiyle ısınma için sarf ettiğimiz enerjinin asgari %50’sinin geri kazanılması mümkün görülmektedir. Büyük oranda enerji tüketiminin olduğu yapılarda, bölgesel mevsim şartları göz önüne alınarak, yalıtımın zorunlu tutulması artık kaçınılmaz olmaktadır. Bundan dolayı yalıtım malzemelerin çeşitliliği ve mevcut malzemelerin kalitelerinin artırılması ülke ekonomileri için büyük önem taşımaktadır. Bir başka açıdan bakılacak olursa, yapılarda harcanan ısınma enerjisinin azalması hava kirliliğini de olumlu şekilde etkileyecektir. Hava kirliliği artık sadece ülkelerin bir sorunu olmayıp, evrensel boyut

kazanmıştır. Fosil yakıtların giderek daha fazla tüketilmesi sonucu, doğanın temizleyebileceğinden çok daha fazla kirlilik atmosfere yayılmaktadır (URL-7, 2011).

Katı, sıvı ve gaz yakıtların yanması sonucu yakacağın türüne ve yanma işlemine bağlı olarak çeşitli miktarlarda değişen, azot oksitler, karbon monoksitler, hidrokarbonlar, klor, halojenli bileşikler partikül halindeki katı maddeler atmosfere yayılmaktadır. Bunlar insan sağlığına, doğal hayata ve dolayısıyla ulusal ekonomiye çeşitli etkilerde bulunmakta ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (URL-7, 2011).

EPS'nin başlıca tercih sebepleri; 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 sebep olmadan ve dolayısı ile en ekonomik çözüm ile sağlarlar.

2.1.3 EPS Ambalaj

EPS, bir ambalaj malzemesinden beklenen hemen hemen tüm görevleri tek başına yerine getiren bir malzemedir. EPS, bir petrol türevi malzeme olup hammaddesi çok küçük kürecikler halinde bembeyaz bir malzemedir. Bu taneciklerin buharla ısıtılmasıyla kürecikler yaklaşık 50 kez genişerek büyür. 24 saat dinlendirilen kürecikler özel makinelerde tekrar ısıtılarak birbirlerine sıkıca yapışırlar ve bu esnada biraz daha genişerek buldukları hacmin (kalıbın) şeklini alırlar (URL-7, 2011; Elragi 2000).

Alüminyumdan yapılan bu özel kalıplar her ürün için ayrı ayrı dizayn edilir. Kalıptan çıkan EPS, kullanıma hazır bir ambalaj malzemesi haline gelmiştir. Modern teknolojinin bir ürünü olan EPS ambalaj, tüm dünyada çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Ambalaj ürünlerinde her uygulama için, kendine has şartların sağlanması gerektiğinden ürün özellikleri hakkında genel kurallar belirtmek yerine müşteri ile üreticinin karşılıklı anlaşması gerekir.

2.1.4 EPS Hakkında Bazı Temel Gerçekler

2.1.4.1 EPS Ürünleri Sağlığa Zararlı Değildir

EPS'nin gerek üretimi gerekse kullanımı sırasında sağlığa zararlı değildir. EPS ambalaj ürünlerinin gıda sanayisinde kullanımı, Alman Sağlık Bakanlığının Devlet Bülteninde 1.2.1978 tarihinde yayınlanarak düzenlenmiştir. Bu yayında EPS ürünlerinin hiçbir çeşidinin gıda maddesine koku, lezzet bakımından olumsuz etki yapmadığı belirtilmiştir. Ürünün lezzet ve koku bakımından kalite ve kontrolü, paketleyici tarafından yapılmalıdır.

Pratikte görülmüştür ki, iyi depolanmış paketlerde bu şartın yerine getirilmesinde sadece aroma hassasiyeti bulunan yağlı ürünlerde (örneğin, çikolata ve margarin) bazı güçlüklerle karşılaşmıştır. Bu gibi durumlarda ürünün önceden fabrikasında plastik veya metal folyolara, pergament kâğıdına sarılması gerekmektedir.

2.1.4.2 EPS Ürünleri Gerçek Bir Çevre Dostudur

EPS, suda çözülmez ve suya zarar vermez. Geri dönüşümlüdür. EPS ambalaj malzemesi parçalanıp öğütülerek tekrar üretimde kullanılabilir. Yakılarak kolayca yok edilebilir.

Kanada Victoria üniversitesinden Hoching, standart kartondan yapılan bardakların çürüme esnasında çıkardığı metan gazının EPS bardak üretiminde çıkan pentan gazından 50 kez fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır (URL-7, 2011).

2.1.4.3 EPS'nin Su Emme Değeri Çok Düşüktür

EPS ürünleri kapalı gözenekli olması ve gözenek duvarlarının su geçirmez bir yapıda bulunması nedeniyle pratik olarak su geçirmez. Ancak çok düşük yoğunluktaki (8-10 kg/m³) EPS ürünlerinin birbirine yapışmış olan gözenek duvarları arasında kalan az miktarda hava boşluklarında su barınabilir. Ne var ki, bu miktar eser derece de küçük olup, EPS ambalajda söz konusu olan yoğunluklar çok daha yüksektir. Tablo 2.1 'de gösterildiği gibi yoğunluk attıkça su emme oranı düşmektedir (Van Dorp 1988).

Tablo 2.1 EPS % su emme absorpsiyonu (Van Dorp 1988).

Dansite, (kg/m ³)	7 gün sonra, (%)	1 yıl sonra, (%)
15	3,0	5,0
20	2,3	4,0
25	2,2	3,8
30	2,0	3,5
35	1,9	3,3

Genellikle 20-25 kg/m³ arasındadır ve boşluklar arasındadır ve boşluklar arasında su barınması mümkün olamaz. Örneğin %59 rutubetli 20 C sıcaklıkta ki bir ortamda bırakılan EPS,36 gün sonra hacminin %0,033'ü kadar, 90 gün sonra ise %0,035'i kadar nem alabildiği saptanmıştır. Bu miktarların ise pratik bir değeri yoktur. 8yıl süreyle tamamen suya batık olarak bırakılan bir numunenin yüzme özelliğini ve şeklini hiç bir surette değiştirmedeği görülmüştür. Bu özelliğinden dolayı EPS, denizcilikte can yeleği, can simidi yapımında yüzdürücü malzeme olarak kullanılmaktadır. Keza rüzgâr sörfü yapımında ve küçük sportif tekne imalinde de kullanılır (URL-7, 2011).

2.1.4.4 EPS'nin Polster (Esneklik) Özelliğinin Önemi

Katı maddelerin esneklik yeteneği olmadığından katı maddelerden gelen reaksiyon kuvveti aynen içindeki ürüne iletilir. Bunun içindir ki otolarda ve vagonlarda çarpmayı emici (hafifletici) tamponlar kullanılır. Oysa EPS ambalajın gözeneklerindeki hava boşlukları aynen bir tampon gibi vazife görerek yastıklama yaparlar. EPS ye gelen kuvvet, içindeki ürüne iletilmeden önce EPS tarafından emilir, hafifletilir. Ürüne göre gerekli olan polster kalınlığını hesaplamak mümkündür. Tablo 2.2 'de EPS paket ağırlıklarına bağlı düşme yükseklikleri verilmiştir.

Tablo 2.2 Paket ağırlığına bağlı düşme yükseklikleri (URL-7, 2011).

Paket Ağırlığı (Kg)		Düşme Yüksekliği (cm)
0-10	Serbestçe atılabilir	110
10-25	Bir kişi tarafından taşınabilir	90
25-125	İki kişi tarafından taşınabilir	75
125-250	Küçük kaldıraç gerekir	60
250-500		45
500		30

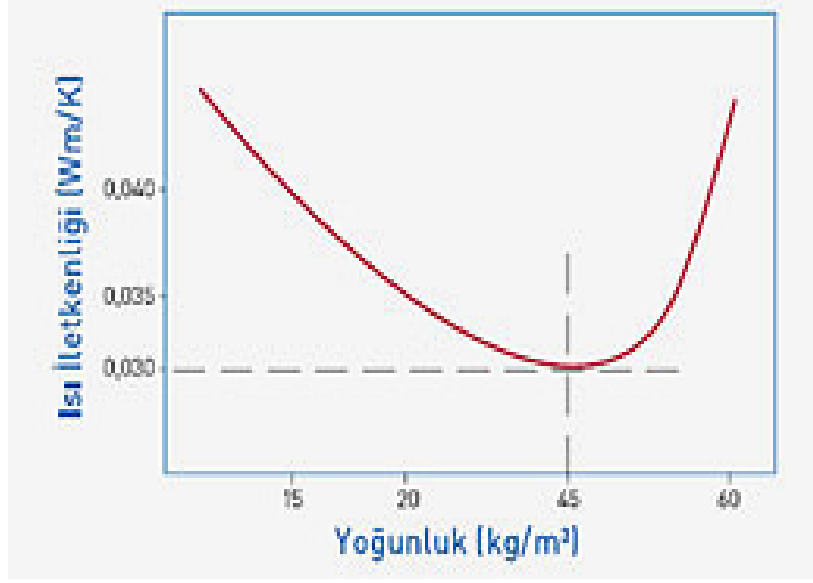
2.1.4.5 EPS'nin Isı Geçirmezlik Özelliği

EPS ambalaj malzemeleri soğuk hava depolarının vazgeçilmez yalıtım malzemesi olan EPS levhaları ile aynı yalıtım özelliğine sahiptir ısı iletkenlik kat sayısı (λ) çok düşük olduğundan sıcaklığı ve soğukluğu çok zor iletirler. Böylece EPS ambalaj içindeki ürün, saatler, bazen günler boyunca sıcaklığını korur. Tablo 2.3'de EPS nin sıcaklık değerleri verilmiştir.

Pratik bir örnek, 2cm kalınlığında EPS 'den üretilen bir piknik kutusu, içindeki meşrubatın soğukluğunu güneş altında 10 saat süreyle korumuştur (URL-7, 2011).

Tablo 2.3 EPS yoğunluğa göre sıcaklık değerleri (URL-7, 2011).

Yoğunluk (Kg/m ³)	+50	+10	-0-	-50
	Ortalama EPS sıcaklığı (°C)			
15	0,042	0,037	0,036	0,029
20	0,040	0,035	0,033	0,028
25	0,038	0,034	0,031	0,027
30	0,037	0,033	0,031	0,027
35	0,037	0,033	0,031	0,027
40	0,037	0,033	0,031	0,027



Şekil 2.2 Yoğunluğa göre ısı iletkenlik grafiği.

Şekil 2.2’de EPS nin yoğunluğa göre ısı iletkenlik değeri verilmiştir. Grafiğe göre yoğunluk arttıkça ısı iletkenlik değeri düşmüş belli bir yoğunluktan sonra tekrar yükselmiştir.

Tablo 2.4’de EPS teknik özellikleri verilmiştir. Tabloda basınç gerilmesi, makaslama dayanımı, bükülme dayanımı, çekme dayanımı artmış buna karşın su buharı geçirgenliği ve su alma durumu düşmüştür.

Tablo 2.4 EPS teknik özellikleri (URL-7, 2011).

ÖZELLİKLER	BİRİM	EPS			
		15	20	30	60
Yoğunluk	kg/m ³	15	20	30	60
Basınç Gerilmesi (% 10 deformasyonda)	kg/m ³	0,06-0,10	0,10-0,14	0,18-0,25	0,40-0,65
Makaslama Dayanımı	N/mm ²	0,47-0,54	0,60-0,80	0,85-1,20	0,50-2,0
Bükülme Dayanımı	N/mm ²	0,17-0,22	0,25-0,30	0,42-0,50	1,1-1,3
Çekme Dayanımı	N/mm ²	0,17-0,24	0,25-0,32	0,37-0,52	0,6-0,9
Kısa Süreli Sıcağa Dayanımı	°C	100	100	100	100
Uzun Süreli Sıcağa Dayanımı 0,5 N/cm ² basıncında	°C	85	85	85	--
2 N/cm ² basıncında	°C	75-80	80-85	80-85	--
Özgül Isısı	kJ/kg/K	1,21	1,21	1,21	1,21
Su Buharı Geçirgenliği	gr/m ² .h	1,5	1,0	0,6	0,3
Su Alma Durumu 7 gün sonra	Hacim%	0,4-2,0	0,4-0,8	0,3-0,7	0,6
1 yıl sonra	Hacim%	4-6	3-5	3-4	2-3

2.2 ÇEŞİTLİ YALITIM MALZEMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Binalarda Isı İletim Katsayısı (W/mK), 0,060 W/mK değerinden küçük olmalıdır. Piyasa buluna bu izolasyon malzemelerinden bir kaçının isimleri ve teknik değerleri aşağıdadır.

2.2.1 Cam Yünü

Silis kumunun yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Sıtle ve levha halinde kullanılabilir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,04 W/mK dir. Kullanım sıcaklığı maksimum 250 °C dir. 14-100 kg/m³ arası yoğunluklarda üretilir. Yanma sınıfı DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz malzemedir. Buhar difüzyon direnç katsayısı 1, su emme hacimce % 3-10 ve mekanik dayanımı 1,5-6.5 ton/m² dir (URL-5, 2011).

2.2.2 Taş Yünü

Bazalt veya diabaz tasının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,04 W/mK dir. Kullanım sıcaklığı maksimum 750 °C dir. Yoğunluk olarak 30 - 200 kg/m³ arasında üretilir. Yanma Sınıfı DIN4102 'e göre A sınıfı yanmaz malzemedir. Buhar difüzyon direnç katsayısı 1, su emme hacimce % 2,5-10 ve mekanik dayanım 1,5-6,5 ton/m² dir (URL-6, 2011).

2.2.3 Ekstrüded Polistren (XPS)

XPS levha, polistren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı iletkenlik hesap değeri, yüzeyi pürüzsüz iken 0,028 W/Mk, yüzeyi pürüzlü iken 0,031 W/Mk dir. Kullanım sıcaklığı -50 ila +75/+80 °C dir. Yanma sınıfı B1 sınıfı zor alev alan malzemedir. Yoğunluk ~ 25 - 45 kg/m³ civarındadır. Buhar difüzyon direnç katsayısı 80 – 250, su emme değeri hacimce maksimum % 0 - 0.5 ve mekanik dayanım 100 - 500 kPa (10 - 50 ton/m²) civarındadır (URL-2, 2011).

2.2.4 Poliüretan (PU)

Poliüretan, iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,035 W/mK, kullanım sıcaklığı -200 / +110 °C arasındadır. Yanma sınıfı B1 - B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan malzemedir. Yoğunluk 30 - 40 kg/m³, buhar difüzyon direnç katsayısı 30-100, su emme hacimce %3-5 arası ve mekanik dayanımı 100 - 400 kPa (10 - 40 ton/m²) civarındadır (URL-3, 2011).

2.2.5 Odun Talaşı levhalar

Ahşap talaşının bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,09 - 0,15 W/mK, kullanım sıcaklığı maksimum +110 °C, yanma sınıfı BS476 standardına göre Class1 olup yoğunluk 360-570 kg/m³ dir. Buhar difüzyon direnç katsayısı 2 – 5, su emme: ~ %10 ve basma dayanımı 200 kPa (20 ton/m²) dir (URL-4, 2011).

2.2.6 Cam Köpüğü

Isı iletkenlik hesap değeri 0,052 W/mK ve kullanım sıcaklığı -260 / +430°C arasındadır. Yoğunluk 100-200 kg/m³, yanma sınıfı BS476 standardına göre Class0, buhar difüzyon direnç katsayısı 10000 dir. Su emmez ve mekanik dayanımı 430 - 8800 kPa (48 - 880 ton/m²) arasındadır(URL-4, 2011).

2.2.7 Fenol Köpüğü

Isı iletkenlik hesap değeri 0.04 W/mK, kullanım sıcaklığı -180 / +120 °C arasındadır. Yoğunluğu 30-35 kg/m³ ve yanma sınıfı BS476 / Class1 dir. Buhar difüzyon direnç katsayısı 10 – 50, su emme N/A ve mekanik dayanım 100-150 kPa arasındadır (URL-3, 2011).

2.2.8 Mantar levhalar

Isı iletkenlik hesap değerleri 0,04 - 0,055 W/mK, kullanım sıcaklıkları 180 / +100 °C arasındadır. Yoğunluğu 80 - 500 kg/m³, buhar difüzyon direnç katsayısı 10 – 35 ve BS476 / Class 3 yanma sınıfına sahiptir. Su emme N/A ve mekanik dayanım N/A (URL-4, 2011).

2.2.9 Expanded Polistren (EPS)

Isı iletkenlik hesap değeri ortalama 0,04 W/mK, kullanım sıcaklığı -180 / +75 'dir. Yanma sınıfı DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan bir ısı yalıtım malzemesidir. Yoğunluğu 15 - 30 kg/m³ olmalıdır. Buhar difüzyon direnç katsayısı 20 – 80, hacimce % 0-5 arası su emer ve mekanik dayanım 50 - 150 kPa (5-15 ton/m²) arasındadır (URL-4, 2011).

BÖLÜM 3

GELENEKSEL ÇATI KAPLAMA YÖNTEMLERİ

3.1 KİREMİT TARİHİ

Kiremit Dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemelerindendir. İlk olarak pişmiş tuğlanın kullanılmaya başlanması ile birlikte çatı malzemesi boşluğu yaşanmıştır. Bu boşluk ise yine Korintlerin Konkav kiremiti bulmalarıyla doldurulmuştur. Çatılarımızda kullandığımız bugünkü yuvarlak kiremitlere benzer kiremitler imal etmişlerdir. Tek farkları biraz daha kalın ve büyük boyutlarda olmalarıdır. Yapılan araştırmalar, ilk kullanılan kiremitlerin 2-3 cm. kalınlığında, 50 cm. eninde ve 80-100 cm. boyunda olduğunu gösterir. Kiremidi daha sonra Yunanlılar geliştirmiş, onlardan da Romalılar devralmıştır (URL-1, 2011).

Batı Avrupa' da Romalılar, Yunan kiremit formlarını olabildiğince geliştirdiler. Özellikle yuvarlak kiremitte neredeyse bugünkü üretim kalitesine eriştiklerini söyleyebiliriz. Kiremit ve tuğlada ilk standartlar Romalılar tarafından geliştirilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Kalınlık nedeni ile oluşan kuruma ve pişirme problemlerini çözmeye çalışmışlar ve böylece ilk araştırma faaliyetlerini de yine onlar başlatmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda mümkün olduğunca ince fakat eskisine göre çok daha sağlam malzemeler üretmişlerdir. İspanya, İngiltere, Fransa sağlayan yine Romalılardır. Zira kiremit ve tuğlayı bir sanayi dalı haline getirenler Romalılardır. Anadolu' ya baktığımızda burada da gelişmelerin yukarıdaki tarihlere paralel olarak gerçekleştiğini, Belçika ve Almanya' ya tuğla kiremidi tanıtan, kullanımının yaygınlaşmasını görüyoruz.

Kiremit Anadolu' da Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkılarıyla gelişmiştir. Bundan sonra Osmanlı dönemine geçiş yaşanmış ve Osmanlılar zamanında kiremit ve tuğla üretimi önemli gelişmelere sahne olmuştur. Küçük ve Konkav Osmanlı Kiremitlerinin yapımı bu dönemde gerçekleşmiştir. Anadolu' da tuğla ve kiremitte ilk standart, Osmanlı döneminde getirilmiştir.

Her şeyden önce standardizasyon çalışmaları ve emek yoğun çalışmanın mümkün olduğunca azaltılması konusu her dalda olduğu gibi tuğla ve kiremit endüstrisinde de ön plandadır (URL-1, 2011).

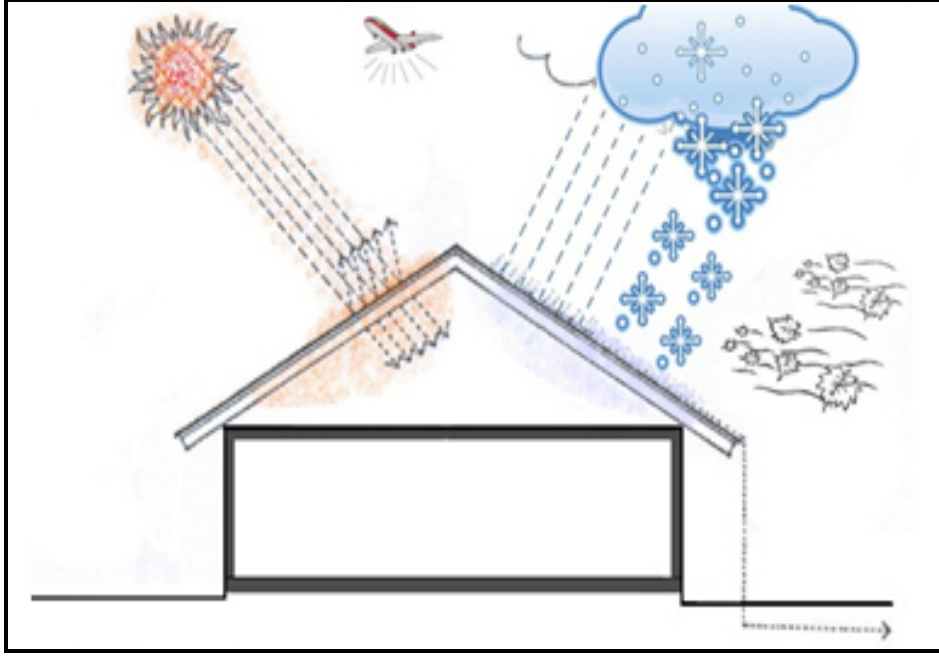
Kiremit alanındaki çalışmalar, alternatif malzemelerin geliştirilmesiyle devam etmektedir. Bugün, yapıların çatılarında doğaya karşı mücadele eden malzemeleri kimyalarına göre sınıflandırdığımızda, kil, çimento, metal, bitüm, plastik, taş, ahşap gibi birçok malzemenin kullanıldığı görülmektedir.

Geçmişte kiremit denilince, kil kiremitler akla gelirken, bugün artık çimento, metal, bitüm, plastik, taş, ahşap esaslı kiremitlerden bahsedilebilmektedir.

3.2 ÇATI SİSTEMLERİ

Çatı sistemi, binayı en üstten sınırlayan ve iç ortamı dış atmosfer koşullarından ayıran bir yapı kabuğudur. Çatının işlevi, yağmur, kar, dolu, don, gece-gündüz sıcaklık farkları, IR ve UV radyasyonu, rüzgâr, dış kaynaklı sesler vb. dış atmosfer koşullarının etkisi altında, iç ortamda kullanıcıların aktivitelerini yerine getirebilmesi için istenilen düzeyde ısısal, görsel, akustik konfor, güvenlik vb. kullanıcı gereksinmelerini karşılamak ve yapı ile kullanıcı sağlığını korumaktır. Şekil 3.1 'de klasik çatı görülmektedir.

Çatı sistemleri, söz konusu işlevi yerine getirmesi için, birbirini tamamlayan çeşitli alt sistemlerin belirli bir düzende bir araya gelmesinden oluşur. Bunlar, çatı kaplama sistemi, konstrüksiyon sistemi, yağmur suyu uzaklaştırma sistemi ve ses, buhar kesici, ısı, su vb. yalıtım malzemelerini kapsayan yalıtım sistemleridir. (URL-9, 2011)



Şekil 3.1 Klasik çatı .

3.2.1 Çatı Sistemi İçinde Kiremit ve Uygulanma Teknikleri

3.2.1.1 Kil Esaslı Çatı Kaplama Malzemesi Olarak Kiremit

Ülkemizde yaygın şekilde kullanılan ve kil esaslı çatı kaplama malzemesi olan kiremit, Osmanlı döneminde 17.yy sonlarında Ankara evlerinde kullanılmaya başlamıştır. Ana maddesinde kil olması ve kolay bulunması nedeniyle çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Ülkemizde Alaturka kiremitle başlayan pişmiş kil serüveni Marsilya, Valensiya, Akdeniz, Torino, Venedik, Alaturka, Granada v.b. değişik ad ve tipleriyle çatılarımızda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. (URL-9, 2011)

Kil esaslı kiremitlerde olması istenen özellikler aşağıda verilmiştir. Bu özellikler tüm çatı kaplamaları için aynı değildir. Kaplama malzemesinden beklenen performans özellikleri; yeterli çekme ve darbe dayanımı, UV ve kimyasallara dayanım, gün ışığı direnci, uygulamaya yönelik optik hal, boyutsal kararlılık, sıcaklık dayanımı, su geçirmezlik, yüksek sertlik değeri ve aşınma dayanımıdır.

Görünüş: Düzgün yüzeyli olmalı, çatlaklar, köşe ve kenarlarda kırıklar, kireç parçaları ve patlamaları olmamalıdır. Bariz renk farklılıkları bulunmamalıdır.

Biçim: Çarpıklık ve biçim bozuklukları bulunmamalı, çene, damak ve tırnaklar ile çene ve damak yuvalarında tespit edilecek doğrudan sapma değerleri % 3'den, düzlemden sapma değerleri %2'den fazla olmamalıdır.

Ses Verme: Muayene yapıldığında kiremitler tanınan bir ses vermelidir.

Su Emme Oranı: Kiremitlerin kütlece su emme oranı değeri %13'den fazla olmamalıdır.

Eğilme Mukavemeti: Kiremitlerin kırılma yükleri 120 kg'dan küçük olmamalıdır.

Dona Dayanıklılık: Deneyden sonra kiremitlerde çatlak, kopma, pullanma, dağılma ve bunun gibi hasarlar görülmemelidir.

Zararlı Manyezi Kireç: Kiremitler üzerinde renk değişiklikleri ve çiçeklenme görülebilirse de herhangi bir çatlak, pullanma, kopma gibi hasarlar görülmemelidir. (URL-1, 2011)

Oldukça eski bir teknik ile üretilen toprak kiremitlerin kalitesi üretildikleri toprağa göre değişebilmektedir. Fakat pek çoğunun fazlaca olumsuz yanı vardır. Toprağın yapısından dolayı ağır olurlar ve fazla yük bindirirler. Ayrıca kırılğan yapılarından dolayı sorun yaratabilirler. Yine de ısı yapılımlı adına oldukça etkilidirler.

Toprak kiremit üretimi hala yapılmaktadır ve bu ürünler uygun fiyatları nedeniyle sıklıkla tercih edilen bir tür olmaya devam etmektedir. Son olarak belirtmek gerek ki, kiremit doğasında zaten toprak bazlı bir üründür. Yani kiremit, yüksek kil içeren toprağın pişirilmesi ile elde edilir.

Gelişen teknolojik ilerlemeler ile, artık toprağın içine katılan bazı katkı maddeleri ile hem kiremitlerin mukavemeti artırılabilenkte, hem de ısıl iletkenlik gibi konularda daha yüksek başarı sağlanmaktadır.



Şekil.3.2. Kil esaslı kiremitler.

Özetle kiremit, kil, killi toprak ve balçığın harmanlanarak su, kum öğütülmüş tuğla tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirilerek, kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilerek elde edilen ve bina çatılarının yağışlardan korunması için kullanılan malzemedir.

İnşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan kiremitler, üretici firmaların TS 3457'ye uygun olarak aksesuarları ile birlikte üretilmektedir. Kiremit aksesuarı olarak Mahya, mahya sonlandırma, üç yollu mahya ve yan kapama kiremidi, havalandırma kiremidi, havalandırmalı mahyalar, hava geçirgen bantlar, vb. elemanlar üretilmektedir. (URL-9, 2011).

3.2.2. Çatı Tipleri

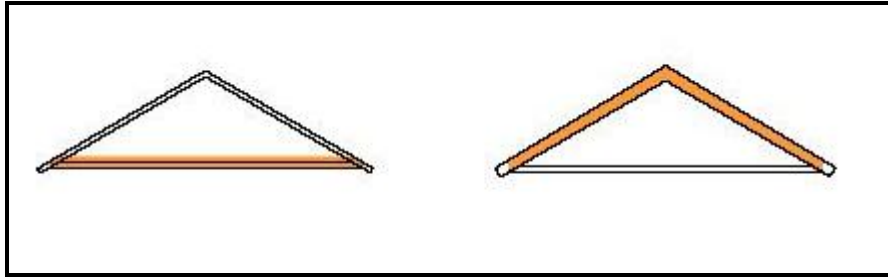
Çatı tipleri çatının yapısına, kullanım şekline, konstrüksiyonuna, kaplamasına, yalıtımına bağlı olarak çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir:

1. **Kullanım şekline göre:** Üzerinde gezilen çatılar, üzerinde gezilemeyen çatılar,
2. **Yağış suyunun akışına ve biçimine göre:** Düz çatılar, az eğimli çatılar, çok eğimli çatılar, değişken eğimli çatılar,
3. **Kaplama malzemesine göre:** Bitüm esaslı kaplamalı çatılar, çimento esaslı kaplamalı çatılar, kil esaslı çatı kaplamalı çatılar, metal esaslı kaplamalı çatılar, plastik esaslı kaplamalı çatılar, diğer (cam, taş, ahşap) kaplamalı çatılar,
4. **Çatının yalıtım şekline bağlı olarak:** Soğuk çatılar, sıcak çatılar,
5. **Konstrüksiyona göre:** Oturtma, asma, karma çatılar olmak üzere tiplere ve sınıflar ayrılabilirler.

3.2.2.1 Soğuk ve Sıcak Çatı Sistemleri

Eğimli çatılarda, kış aylarında ısı kayıplarını ve yaz aylarında ısı kazançlarını önleyerek, ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan yakıt tüketimi ve enerji giderlerinin azaltılması, iç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarının dengeli olmasını sağlayarak, terleme-küflenme gibi hasarların önlenmesi ve iç ortam ısıl konfor koşullarının sağlanması için, ısı yalıtım malzemesi kullanılır.

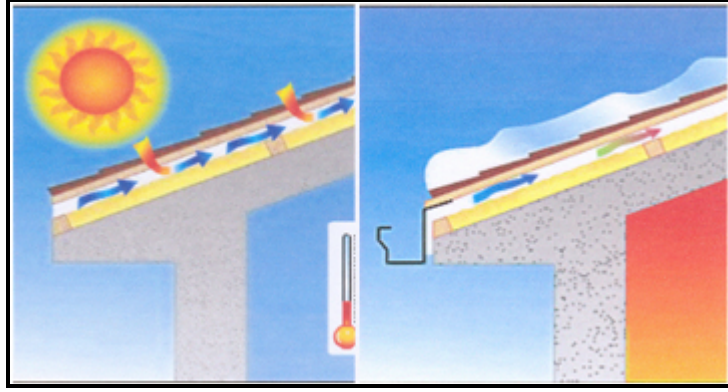
Eğimli çatılarda çatı sistemi, ısı yalıtım malzemesinin çatı içinde kullanıldığı yere bağlı olarak, Şekil 3.3 'de görüldüğü gibi soğuk ve sıcak çatılar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Soğuk çatılarda, ısı yalıtımı tavan-döşeme üzerinde yer alır. Sıcak çatılarda ise ısı yalıtım malzemesi, eğimi oluşturan çatı konstrüksiyon bileşeninin hizasında yer alır; örneğin ahşap konstrüksiyonlu çatılarda ısı yalıtım malzemesi merteklerin üstünde, arasında veya altında yer alır. Bu tip çatılarda, çatı arası yaşam alanı olarak kullanılır (URL-9, 2011).



Şekil: 3.3 Soğuk ve sıcak çatı sistemleri.

3.2.2.2 Çatılarda Havalandırma

Çatı katmanları arasına ulaşan su buharını çatıdan atmak ve ısı yalıtım katmanlarının verimli olarak çalışmasını sağlamak amacıyla çatı kaplama malzemesi ile su yalıtım katmanı arasında sürekli ve etkin bir havalandırma sağlanmalıdır. Şekil 3.4 'de görüldüğü gibi bu şekilde oluşturulan hava sirkülasyonu ile yaz aylarında kiremit altında oluşan ısınmış durağan hava kütesinin dışarı atılarak, çatı altında serin bir alan yaratılması, kışın ısı kaybı yaratılmadan bina içindeki nemin ve buharın kontrollü bir şekilde dışarı atılarak, çatı örtüsü üzerindeki karın doğal ve dengeli erimesinin sağlanır.

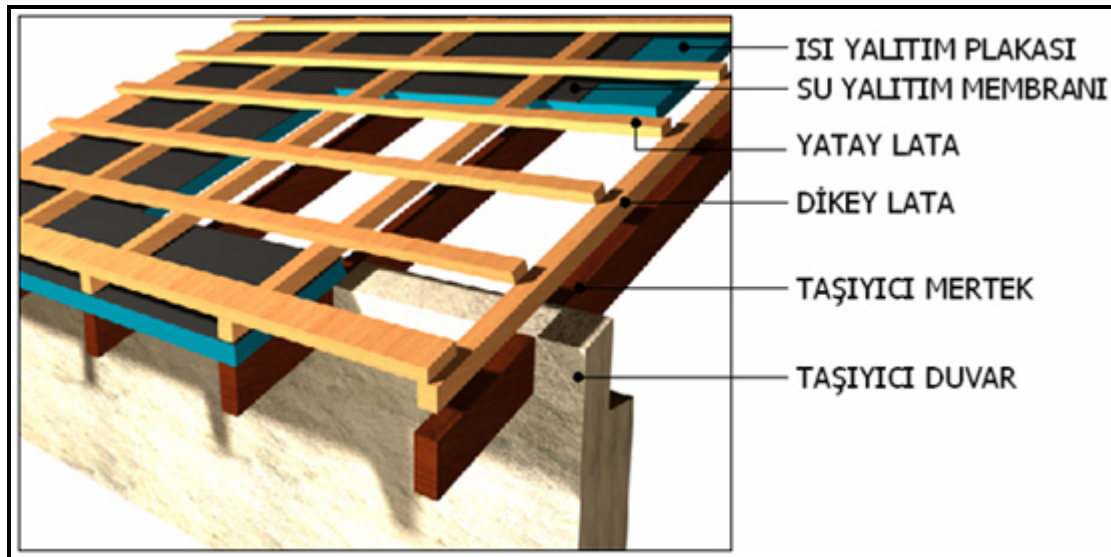


Şekil 3.4 Çatılarda havalandırma.

3.2.2.3 Çatılarda Su Yalıtımı

Çatı kaplama malzemesinin altına çeşitli şekillerde girebilecek olan suların daha alt katmanlara ulaşmadan çatıdan uzaklaştırılması için bir su yalıtım katmanına ihtiyaç vardır. Bu katman yakın geçmişte ruberoid adı verilen zift emdirilmiş karton örtüler ile yapılmakta idi.

Günümüzde bitüm esaslı veya bitüm içermeyen kiremit altı su yalıtım örtüleri veya kiremit altı oluklu su yalıtım levhaları kullanılmaktadır. Şekil 3.5’de görüldüğü gibi su yalıtım örtülerinin çatı betonu, kaplama tahtası veya ısı yalıtım katmanları üzerinde, çift lata (dikey ve yatay) sistemi ile uygulanması en doğru uygulama şeklidir.



Şekil 3.5 Çatılarda su yalıtımı.

3.2.2.4 Çatılarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı, enerji ve yakıt ekonomisi, sağlıklı ortam ve yaşam konforu açısından kaçınılmaz olmuştur. Yapı elemanlarının genişlemesinin minimuma indirilmesi ve ısıtılan yapının kütlelerinin ısınıp uzun süre koruması açısından; ısı yalıtımının dıştan yapılması daha yararlıdır. Aynı sistem yazın soğutulan binalar için de geçerlidir.

Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayısıdır (W/mK) ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir.

Isı yalıtım malzemeleri:

1. Mineral lifli ısı yalıtım malzemeleri (Cam yünü, taş yünü)
2. Mineral Isı yalıtım malzemeleri (Genleştirilmiş perlit)
3. Sert Plastik köpük ısı yalıtım malzemeleri (Taneli polistren - EPS, Ekstrüde polistren - XPS, Poliüretan vb..)

Olmak üzere üç gruba ayrılır. (URL-10, 2011)

Isı yalıtım ürünlerinin üzeri cinslerine bağlı olarak su yalıtım malzemeleri ile örtülmeli ve ısı yalıtım ürünlerinin bünyelerine su girmesi önlenmelidir. Bu kural bünyesine su almayan ısı yalıtım malzemeleri için uygulanmayabilir ve su yalıtım katmanı ısı yalıtım katmanı altında yer alabilir. Yalıtım yapılırken nem ve buharın dışarı atılması için gerekli havalandırma tedbirleri alınmalıdır. Üzerinde yük taşıyacak olan ısı yalıtım malzemeleri mekanik yük ve darbelere dayanıklı olmalıdır.

3.2.2.5 Kiremit Altı Lata Uygulamaları

Kiremit altına uygulanacak latalar, kiremitlerin düzgün yerleştirilmesini ve aynı hattı muhafaza etmesini sağlar. Kiremitlerin kırılmasını ve su sızdirmasını engeller. Çatı yüzeyinde oluşabilecek dengesizlikler ve kot farkları önlenmiş olur. Kiremitlerin sağlam ve düzgün uygulanmasını sağlar, kaymaları önler kiremitlerin tel, kanca ve çivi ile sabitlenmesine olanak sağlar. Rüzgâr ve fırtınalarda insanlara ve çevreye zarar vermesini önleyerek emniyeti sağlar. Kiremit altının havalandırılmasına olanak sağlar. Latalar çatıda enine ve boyuna uygulanabilir.

Tek Latalı-Çift Latalı sistem uygulamada çoğunlukla dikey mertek aralıkları 50-60 cm arasında bırakılmaktadır. Bu durumda 2,5x3,5 cm ebatlı lata kullanılmalıdır. Pratikte bir metrekaareye 3,5 m. lata kullanılır.

Yatay lata aralıkları kiremidin alt damak ve tırnak arası ölçülerinde uygulanır. Kiremidin tipine göre bu aralık takribi 31,5 cm ile 34 cm arasındadır. Betonarme eğimli çatılarda lata uygulaması yapılırken yüzeydeki bozukluklar ahşap düzeltme kamaları vasıtasıyla lataların altı beslenerek yapılır.

Betonarme yüzeyde Latalar saçağa paralel uygulanır, latalar 1,5-2 metrede aralarında 3 cm'lik boşluk bırakılarak şaşırtmalı uygulanır. Saçak ucundaki ilk lata diğer latalara göre 2 cm daha yüksek seçilerek ilk sıra kiremidin eğiminin diğer kiremitler ile aynı olması sağlanır.

3.2.2.6 Kiremitlerin Döşenmesi ve Sabitlenmesi

Çatını durumuna göre uygun ahşap lata altyapısı, ısı yalıtımı yapıldıktan sonra, saçağa paralel dere içine 4-6 cm sarkacak şekilde ip çekilerek kiremitler sağdan sola birinci sırayı oluşturma için monte edilir. Şekil 3.6' da kiremitlerin döşenmesi görülmektedir.



Şekil 3.6 Kiremitlerin döşenmesi ve sabitlenmesi.

Marsilya, Valensiya, Venedik gibi kiremitler metrekaareye ortalama 15 adet / m² olarak hesaplanır. Oluklu alaturka kiremitler boy ve ölçülerine göre 28-34 adet / m² hesaplanır. Kiremitler bitüm esaslı kiremit altı levha üzerine döşenirken, kiremit bağlama kanalları ile levha oluk üstünden ve rondelâlı galvanizli çiviler ile bağlanır. Etek sıra tamamı bağlanır, yukarıdaki sıralar çaprazlanarak iki atlanıp bir bağlanır.

Oluklu kiremitler özel levha üzerine saçak kancaları ve ara kancalar ile monte edilir. Marsilya ve Akdeniz tipi kiremitlerin haricindeki kiremitler profilleri şaşırtmalı dizilmeye müsait olmadığından şaşırtmalı olarak dizilemezler.

Kiremitler kesinlikle harç ile bloke edilmemelidirler. Kiremitler sadece kanca ile sabitlenmezler. Kiremit yapısında mevcut olan bağlama delikleri matkap veya uygun bir çivi ile açılarak bakır tel, galvanizli tel ve direk çivileme yapılarak sabitlenebilir. Tüm sabitleme işlemleri latalar üzerine yapılmalıdır.

Kiremitlerin kesintisiz döşenmesine engel olan çatı detaylarında (bacalar, kuşluklar, merdiven ve çatı pencereleri vb.) alt döşeme hizası korunarak üst ve yan parçalar kesilerek uygulanır. Kesilen parçalar serbest bırakılmamalıdır ilave latalar koyularak lata üzerine çivi ile sabitlenmelidir. Kesilen parçaların tespiti kiremit bağlama kancası ve tespit elemanı ile de yapılabilir.

3.2.2.7 Saçak Uygulaması ve Elemanları

Kiremitlerin döşenmesi saçaktan başlar. Saçak hattı ilk döşenecek kiremit sırasıdır. Saçak latası diğer latalara göre 2 cm. daha yüksek seçilir, bu şekilde ilk sıra kiremitlerin düzgün bir eğime ve diğer kiremitlerle aynı doğrultuya sahip olması sağlanmış olur. Saçak latası ile ikinci lata arasındaki mesafe kiremitlerin çatı saçağından yapacağı taşma mesafesini belirler. Bu mesafe kiremit üzerindeki suyun dere dış yanağını aşmadan suyun dere içine inmesini sağlar.

Dere askı kelepçeleri duruma göre saçak latasının altından veya üstünden monte edilir. Dere seçimi yapılırken kar yükü dikkate alınmalı ve dere kesiti askı kelepçesi uzunluğu, kiremitin saçaktan sarkması ona göre hesaplanmalıdır. Taşma mesafesi Çatı eğimine göre 4-6 cm. olmalıdır. Daha düşük taşmalarda kiremit altına su girme riski oluşur Bazı durumlarda ön saçak kapatma elemanı kullanarak saçak kiremitlerin dere sistemi içine taşma mesafesini sıfıra indirebiliriz. Piyasada tarak diye adlandırılan PVC saçak havalandırma elemanları da çatılarda sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Yapısı itibari ile saçak havalandırma elemanı üç soruna çözüm getirmektedir.

Saçak kiremitlerin yükseltilmesini ve diğer kiremitlerle aynı düzleme sahip olmasını sağlar. Kiremit altına yaprak, kuş ve benzeri maddelerin girmesini engeller. Kiremit altının havalandırılmasını sağlar. Yine PVC esaslı saçak engel elemanları da saçakta kullanılabilir. Bu ürün havalandırma sağlamaz saçak latası üzerine engel amaçlı kullanılır. (URL-9,2011)

3.2.2.8 Mahya Uygulaması ve Yardımcı Elemanları

Mahya kiremitlerinin harç ile sabitleştirilmesi, hem görüntü hem de havalandırmayı olumsuz yönde etkilediğinden bu tür uygulamadan vazgeçilmiş olup, Kuru Mahya (Havalandırılmalı Mahya) sistemi dediğimiz uygulama gündeme gelmiştir. Bu uygulama için kullanılan malzemeler şunlardır: Mahya aşığını oluşturmak için 5x5 cm ahşap, Metal aşık destek elemanı, Mahya havalandırma bandı ve mahya tutucu klipsler.

Mahya hattını, Mahya ve Eğimli Mahya (mail mahya) olarak iki kısımda inceleyebiliriz. Eğimli mahya hattı aşık profilleri veya takozları 60 cm de bir koyulabilir. Aşık latasının hangi yükseklikte yapılacağı kiremidin tipine göre belirlenir. Bu belirleme mahya ile kiremit üstü arasında 0,5 cm mesafe kalacak şekilde belirlenmesi, havalandırma bandı koyulunca mahyaların kiremitler üzerine dengeli bir şekilde basması sağlanmış olacaktır.

Mahya da aşık profilleri veya takozları 100 cm'de bir olmak üzere koyulur. Aşık latasının yüksekliği yerinde belirlenir. Şöyle ki; mahya hattı kiremidi üç beş tane dizilir sonra üzerine mahya konulur. Mahyanın kiremitlerinin üzerine dengeli bir şekilde oturduğu kontrol edilir. Çatının en üst noktası ile mahyanın en alt kısmı arasındaki ölçüye 0,5 cm ilave edilerek mahya aşığının yüksekliği belirlenmiş olur. Aşık tahtası, aşık taşıma profiline veya takozlara sabitlenir. Mahya havalandırma bandı aşık latası üzerine çakılır veya zımbalanır. Havalandırma bandının alt kenarları yapışkanlı yüzeyi vasıtası ile kiremitlere yapıştırılır.

Mahya kiremitleri, mahya kiremit tespit elemanı (klips) ile aşık tahtasına sabitlenerek uçması, kayması önlenir. Mahya hattı sonun da kullanılan mahyaların uçları kapalı olmalıdır. Bunlara mahya sonlandırma diyoruz. Eğik mahya hattı ile Zirve mahyasının birleştiği noktalarda üç yollu veya dört yollu mahya ismini verdiğimiz mahyalar kullanılmalıdır.

Harçlı mahya sistemi, çeşitli olumsuzluklara rağmen bu sistem uygulanmak istendiğinde, sadece mahya kiremitleri dışardan görünmeyecek şekilde içten harçlanması tavsiye edilir.

Böyle bir sistemde 12 - 18 m² için 1 adet olmak üzere havalandırma kiremitleri kullanmak gerekir.

Mahya hattı havalandırma bandı-airband olarak adlandırılmış olup kenarları yapışkanlı, genişleyebilen UV dayanımlı, polipropilen esaslı, kiremidin rengine göre metal takviyeli, kiremit üzerine mükemmel yapıştığı için kar, su ve toza karşı iyi bir koruma sağlar, çatıya nefes aldırır. 5-10 cm. uzunluğunda ve 28-32 cm. genişlikte üretilmektedir. Estetik bir üründür.

Tek eğimli çatılarda mahya hattı iki şekilde çözüme ulaştırılır. Bir kuru mahya sistemi ile, iki set kiremit ile. Set kiremit özel bir kiremittir. Arka uzantı profili sayesinde havalandırmayı sağladığı gibi damlalık görevini de yerine getirerek cepheden suyun uzaklaştırılmasını sağlar. Alttaki lataya tespit edilmesi şarttır. Sağ ve sol yanlarda kaplama kiremidi kullanmalı ve bunları çivi deliklerinden yan saçak tahtasına çivi ile sabitlenmelidir.

3.2.2.9 Yan Saçak Kaplamaları ve Kapatma Elemanları

Saçak yan kenarlarının kapatılması için üretilen kil esaslı yan saçak kaplama elemanları, kiremit tipinde üretilebildiği gibi, her kiremide uyum sağlayanları vardır. Bunlar kiremit üstünden saçak kenarına sarkarak hem estetik, hem de kuvvetli rüzgârlara karşı mükemmel bir direnç sağlar.

Yan Saçak elemanları sağ-sol olarak üretildiği gibi tek tip olarak da üretilirler. Yan saçak elemanlarının muhakkak sabitlenmesi gerekir, sabitleme işlemi dikey destek latası konulduktan sonra çivi deliğinden veya özel bağlantı elemanlarıyla yan kenarlara sabitlenmelidir.

Yan saçak kaplamaları kiremit malzemedен olduğu gibi, bakırdan UV dayanıklı sert PVC'den ve polyester malzemedен de yapılabilir.

3.3 KİREMİT ÜRETİM YÖNTEMLERİ

3.3.1 Kil Esaslı Kiremit Üretim Yöntemi

İşletmelerde kiremit üretimi için kullanılan hammadde kildir. Kiremidin temel hammaddesi olarak bilinen killer genellikle doğada saf halde bulunmamaktadır. Killerin kiremit üretimine olan uygunlukları mineralojik karakterlerine ve içerdikleri safsızlıkların cinsine ve miktarına

büyük ölçüde bağlıdır. Aynı zamanda killerin kuru küçülme, pişme küçülme, su emme ve eğilme mukavemeti gibi fiziksel özelliklerinin ölçülmesi de kiremit üretimi esnasındaki süreçlerin kontrolü için önemli bir husustur (URL-12, 2011).

Hammadde seçiminin doğru yapılması istenen özelliklere sahip bir nihai ürünün elde edilmesi için gereklidir. Kiremit üretiminde teknolojinin arkasında kalmamak ve Avrupa ülkelerindeki kiremit üreticilerinin kalitesini ve çeşitliliğini yakalayabilmek için araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması şarttır. Kiremit üretimindeki hataların azaltılması ve çözümlerinin kısa zamanda bulunabilmesi için killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Böylece üretim esnasındaki süreçlerde müdahaleler daha kolay olacaktır (URL-12, 2011).

Hazırlanan kompozisyondan yaş kiremit üretim safhası için gerekli çamur elde etmek için hammadde değirmenlerde mikronize öğütülür ki bu diğer firmalara göre değerlendirildiğinde gözle bile fark edilebilir bir yüzey düzgünlüğüne sahip olmasını ve yüzeyinde kesinlikle kireç patlaklarına rastlanmamasını sağlamaktadır. Değirmenlerden çıkan hammaddenin rutubeti yaklaşık %7-8 civarındadır. Daha sonra bu rutubetteki hammadde mikserlerde %22-22,5 rutubete gelinceye kadar homojen bir şekilde karıştırılır. Böylelikle yaş kiremit için gerekli çamur elde edilmiş olmaktadır (URL-12, 2011).

Bu çamur extruder denilen makineden havası alınmış bir şekilde galet adı ile adlandırılan ürün şeklinde çıkartılır ve preslerde yaş kiremit şeklinde şekillendirilir. Şekillendirilen kiremitler latalara yerleştirildikten sonra, lataların yerleştirildiği sehpa tünel kurutmaya verilir. Bu ana kadar olan tüm aşamalar hammaddenin değirmene girmesi, değirmenden çıkması, mikserde karıştırılması, extruder'e bantlarla gelmesi, extruder den çıkarak galet formunda kesilmesi, yaş kiremit şeklinde şekillendirilmesi, latalara yerleştirilme, lataların sehpalara yerleştirilmesi, sehpa tünel kurutmaya girmesi hepsi otomatiktir. Bu yüzden otomatik üretim yapan işletmelerde yaş imalat hatalarına çok az rastlanmaktadır.

Tünel kurutmadaki kiremitler doğalgaz ile kurutulmaktadır. Bu sayede fabrika yaz kış çalışmaktadır. Bazı eski teknolojiye sahip firmalarda kurutma işlemi dış ortamda havanın sıcaklığı ile kurutulduğu için sadece yaz aylarında üretim yapılmaktadır. Tünel kurutmanın avantajı kurutma içindeki tüm kiremitlerin aynı sıcaklık ve rutubet eğrisinde kurutulmalarıdır. Böylece farklı rutubet ve sıcaklık eğrilerinin neden olduğu verimsiz kurutmalardan kurtularak hem kurutma çıkış fireleri azaltılmakta ve hem de daha kaliteli kiremitler üretilmektedir.

Tünel kurutmada çıkan kuru kiremitler tel ile bağlanarak vagonlara yüklenir ve ön ısıtmaya gönderilir. Ön ısıtmada kurutma çıkışında yaklaşık % 3 civarında olan rutubet daha alt mertebelere indirilerek fırında oluşabilecek hatalar önceden önlenmektedir.

Ön ısıtmadan çıkan kiremitler tünel fırına verilir. 107 m. uzunluğunda 6 adet yan brülörü olan, soğutmaları olan tipik bir tünel fırındır, doğalgaz ile çalışır. Bu fırın sayesinde vagon üstündeki tüm ürünler aynı sıcaklığı gördükleri için hep aynı renkte ürünler üretilir. Birbirinden farklı açıklı, koyulu ürünler elde edilmez. Fırında en fazla çıkılan sıcaklık 900 °C –920 °C arasındadır. Bu sıcaklığa çıkılmalıdır ki kilin bünyesindeki mineraller birbirleriyle bağ yaparak yapıya mukavemet kazandırabilsin. Hem de kiremidin kırmızı rengi ortaya çıkabilsin.

Buraya kadar olan tüm aşamalarda da yine her şey otomatiktir. Örneğin kurutmadan kuru ürünün çıkışı, tel ile bağlanma, pense ile vagona yükleme, vagonun ön ısıtmaya gelişi, ön ısıtmadan fırına girişi, çıkışı. Fırından çıkan ürünler en son aşama olan boşaltma hattına gelir ve burada müşterinin talebine bağlı olarak farklı paketleme şekilleriyle sunulur. Burada da hatalı ürünlerin insan tarafından ayrılması dışındaki her işlem otomatiktir.

3.3.2 Beton Kiremit Üretim Yöntemi

Beton kiremit üretimi için 0.3 ‘lük kum taşıyıcılarla içeri alınır. Elenir ve mikserine alınır. Mikserine alındıktan sonra çimento dahil edilir ve iyice karıştırılır. Ondan sonra su ilave edilir. İyice yoğrulur. Karışım buradan bantlarla prese nakledilir. Presleme işlemi bittikten sonra tekrar banda alınır. Ham beton kiremitlerin üst yüzeyine akrilik boya sürülür ve banttan elle alınarak arabalara konduktan sonra 30 °c- 40 °c sıcaklığındaki fırınlara gönderilir. Kiremitler fırınlarda 18-20 saat bekletildikten sonra fırınlardan alınarak açık havada stoklama sahasında istiflenir.

Tesiste tek kalıp kullanılacağı için tek tip üretim yapılacaktır. Yani, genişliği 330 mm ve yüksekliği 420 mm ebadında beton kiremit imal edilecektir. Bir kiremidin ağırlığı 4.6 kg civarında olmaktadır. İmalatta kullanılan hammaddeler; 0.3 ‘lük kum, çimento, su ve akrilik boyadır. Bir kiremidin imalatında 1.7 kg çimento, 2.5 kg kum kullanılmaktadır.

3.4 ÇATI TASARIMI

Günümüzde, gelişen malzeme teknolojileri ve buna bağlı olarak oluşturulan detay tasarımları sayesinde çatı formunda klasik kalıpların dışına çıkılarak iklimsel konfor ihtiyaçlarının yanı sıra estetik gereksinimlere de cevap veren ve bu anlamda ekonomiklik sınırlarını da zorlamayan tasarımlar uygulamaya konulmuştur.

Çatı konstrüksiyon, izolasyon ve kaplama malzemelerindeki gelişim ile sağlanan olanaklar, farklı yapı cinslerinde, farklı form ve detay kullanımını beraberinde getirmiştir. Ancak bu çeşitlilik içinde form-fonksiyon çelişkisi ile beraber doğru malzemenin doğru şekilde uygulanması anlamında birtakım problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemler kimi zaman estetik kaygılar nedeniyle farklı formlarla tasarlanmış bir çatıda, yapının sürdürülebilirliği açısından zamanla ortaya çıkmakta; kimi zaman ise yapılan yanlış malzeme tercihleri ve/veya yanlış detay uygulamaları nedeniyle yapının hizmete girmesi ile beraber kendini göstermektedir (Köse 2005).

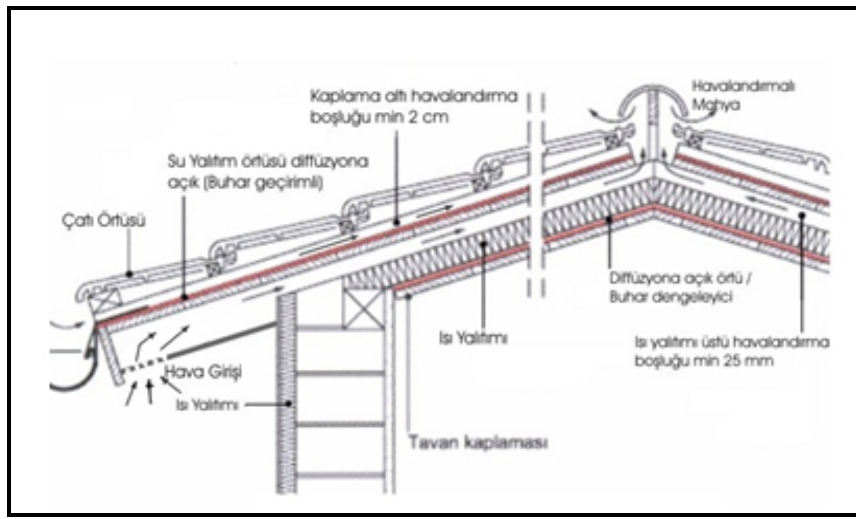
Evler, apartmanlar, ticari yapılar, endüstriyel binalar ve sosyal tesislerde mimari tasarıma yansıyan farklı formlar da çatıların etkisi oldukça önemli olarak kabul edilmektedir. Ancak temel olarak çatının yapıya sağlaması ve tasarım sürecinde dikkate alınması gereken kriterler,

1. Dış ortam etkilerinden yapıyı koruması,
2. Üzerine gelen suyun kolayca uzaklaştırılabilmesi için gerekli form ve eğime sahip olması,
3. Yapının yeterli iklimsel konfor şartlarını ekonomik olarak sağlaması için gerekli izolasyonları içermesi,
4. Kar, rüzgâr gibi ilave yüklere karşı taşıyıcı konstrüksiyonun mukavemeti,
5. Yangın oluşumuna ve yayılımına karşı direnç gösterebilmesi,
6. Kaplama tabakasının altındaki taşıyıcı sistemi koruyacak kabuk mukavemetine sahip olması ,
7. Her hangi bir sebeple çatı üzerinde yapılacak tamirat ve imalatlar (anten takılması, baca işlemleri v.b.) sırasında oluşacak insan trafiğine karşı yırtılma ve kırılma direncinin yüksek olması,
8. Çatının, bulunduğu bölgenin mimari yapısına uygun olması ve mümkünse katkı yapması,
9. Çevrenin bozucu etkilerine karşı özelliklerinin sürdürülebilir olması,

10. Tüm bu nitelikleri elde etme maliyetinin kabul edilebilir seviyede olması olarak sıralanabilir.

Tasarım sürecinde uygulanması düşünülen çatı formunun geleneksel çatı formlarından farklı olması durumunda, temel olarak yukarıdaki kriterler dikkate alınmakla beraber çatı yapısının sürdürülebilir detaylar içermesi de önem taşımaktadır.

Şekil 3.7 'de çatı kaplama sistemi verilmiştir. İyi bir çatı kaplama sisteminde olması gerekenler şekilde belirtilmiştir.



Şekil 3.7. Çatı kaplama sistemi.

Tasarım aşamasında çatının konstrüksiyon ve alt-üst örtü malzemelerinin kararını vermek, temel olarak aşağıdaki süreçleri gerektirir:

1. Çatı form ve dokusuna karar verilmesi,
2. Bu formu oluşturmaya olanak veren ve yapının genel taşıyıcı sistemi ile uyum gösterecek taşıyıcı sistem kararının verilmesi,
3. Yapının konumu ve cinsine bağlı olarak gerekli ısı konfor şartlarını sağlamak üzere kullanılacak izolasyonlara karar verilmesi,
4. Alt mekânın kullanımına bağlı olarak çatı alt kaplamasına ve tesisatlara karar verilmesi.

Çatı detayları farklı malzemeler içeren bir dizi katmandan oluşur. Bu üst üste dizilen katmanlar taşıyıcı sisteme tespit edilerek sabitlenirler.

Üst çatı detayında amaç;

1. Yağmur, kar ve buzlanma sonucu oluşabilecek sızıntıların engellenmesi,
2. Sıcaklık değişimlerine ve geçişlerine karşı direnç gösterilmesi,
3. Yangın yayılımı, fırtına ve nem geçişleri gibi etkenlere karşı direnç gösterecek tasarım gereksinimleri, taşıyıcı sistem ve ekleri tarafından sağlanması.

Basit bir çatı tasarımında yer alması gereken temel elemanlar;

1. Çatı kaplaması
2. Su yalıtımı
3. Buhar dengeleyici
4. Isı tutucu
5. Saçak, dere ve kenar detayları olarak sayılabilir.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1 MATERYAL

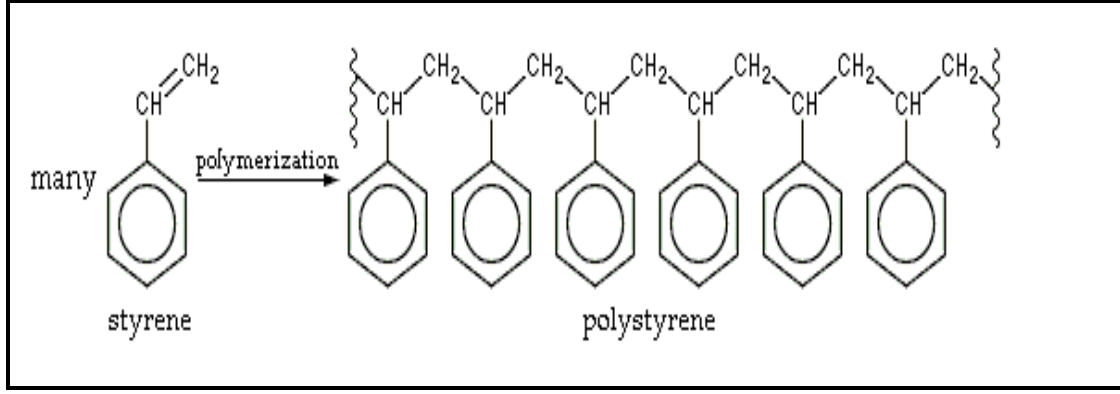
Çalışmada materyal olarak EPS Sert Köpük ve ağırlıklı olarak silis kumundan oluşan, aynı zaman da diğer bağlayıcılar olan kimyasal bileşikler yardımı ile yapılan özel kimyasal harç kullanılmıştır.

Çalışmalar Yazar Pazarlama Beton ve Petrol Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ait fabrikalarda yapılmıştır.

EPS sert köpükten üretilen kiremitler iki yarı mamulden oluşmaktadır. Tasarlanan çizimlere göre CNC Tezgâhlarında kesilerek hazırlanan yarı mamul daha önce hazırlanan özel harç ile sıvanarak mamul haline getirilmektedir.

4.1.1 EPS (Expanded Polistiren) Sert Köpük

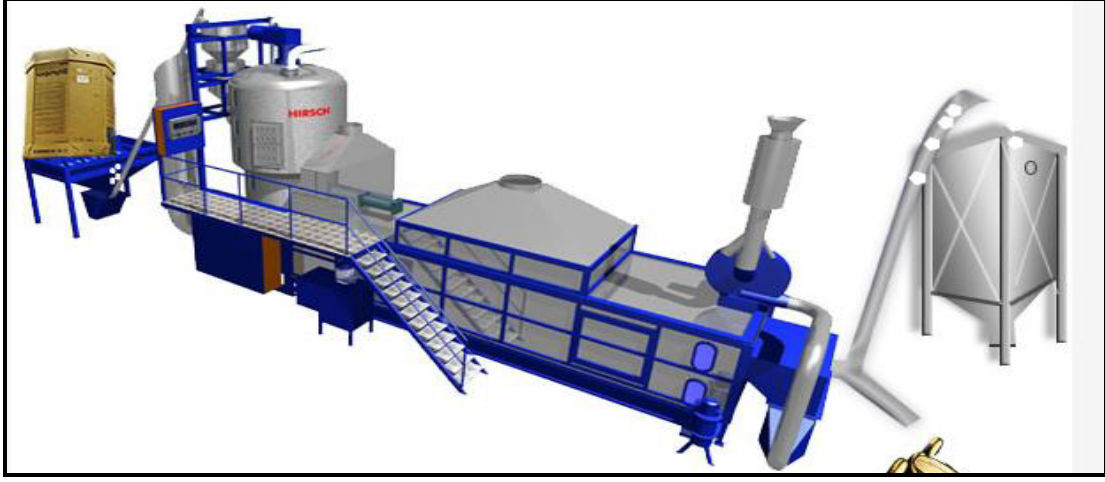
EPS Sert Köpük, stiren monomerin polimerizasyonu ile petrolden elde edilen, köpük haldeki kapalı gözenekli tipik olarak beyaz renkli bir termoplastik malzemedir. Şekil 4.1 'de kimyasal yapısı verilen EPS özel üretimlerde taneciklerin uzun dalga ışınımı yansıtacak şekilde işlendiği gri/siyah tonlarında ürünler de mevcuttur.



Şekil 4.1 EPS kimyasal yapısı.

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz 'Pentan'dır. Organik bir bileşen olan pentan, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Açığa çıkan pentan gazı atmosferde zaten bulunan CO₂ ve su buharına-H₂O'ya dönüşür. Pentanın açığa çıkmasıyla, malzemenin bünyesinde bulunan çok sayıdaki (yoğunluğa bağlı olarak 1 m³ EPS 'de 3-6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin % 98'i hareketsiz havadır; %2'si ise polistirendir.

Malzeme, küçük tanecikler halinde hammadde olarak temin edildikten sonra Şekil 4.2 'de verilen ön şişirme işleminden geçer. Bu sırada taneciklerin içindeki pentan gazı ile hava yer değiştirir ve malzemenin istenilen yoğunluğu bu aşamada büyük ölçüde sağlanır. Daha sonra Şekil 4.3 'de gösterilen özel silolarda dinlendirilen genleştirilmiş taneciklerin kalıp içerisinde su buharı yardımı ile birbirleriyle kaynaşması ve malzemenin özelliklerini kazanması sağlanır. Tanelerin birbiri ile kaynaşması sonucunda bal peteği görünümünde, arada boşluk kalmadan birbiri ile kaynaşmış çokgenlerin oluşturduğu sürekli bir kütle meydana gelir. Daha sonraki üretim adımları ise malzemenin kullanım sahasına göre değişiklik gösterir.



Şekil: 4.2 EPS şişirme ünitesi.



Şekil 4.3 EPS dinlendirme siloları.

4.1.2 Özel Harç

Ağırlıklı olarak silis kumundan oluşan ve aynı zaman da diğer bağlayıcılar olan kimyasal bileşikler yardımı ile yapılan özel kimyasal harçtır. Hazırlanan harçla EPS sert köpüklü kiremitlerin üzeri sıvanmıştır. Harcın özelliklerine göre kiremitlerin ısıya ve dona direncinin artması ayrıca su emme oranının düşürülmesi sağlanabilir. Hazırlanan harç kimyasallarla daha da geliştirilerek daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Deneme yapılan özel harcın formülasyonu aşağıda verilmiştir;

1. 210 kg bağlayıcı akrilik
2. 780 kg silis kumu
3. 0,4 kg aşındırıcı
4. 3 kg akışkanlaştırıcı
5. 5 kg su itici ajan
6. 13,2 kg demiroksit boya
7. 3,7 kg titan
8. 0,3 kg bakteri önleyici

Özel Harcın hazırlanmasında içine katılan malzemelerin miktarları, sıraları, karıştırılma süreleri ve de hızları çok önem arz etmektedir. Hazırlanan karışım yarı mamule kaplanmadan önce bir gün dinlendirilmiştir.

4.1.3 ANSYS Yazılım Programı

Sonlu elemanlar yönteminin genel uygulanabilirliği, onu geniş bir sahada problemler için güçlü ve esnek bir kullanım aracı haline getirmiştir. Bu nedenle yapısal ve mekanik problemlerin çözümü için çok sayıda yapısal program geliştirilmiştir. ANSYS sonlu elemanlar analiz programı da 1970'li yıllarda Dr. John Swanson tarafından bilgisayarlar üzerinde geliştirilen bir sayısal analiz programıdır.

Sürekli olarak geliştirilen ve yenilenen bu program, mühendisliğin hemen her dalında (yapı, otomotiv, endüstri, elektronik, uzay bilimleri vs.) kullanılabilen genel maksatlı bir paket program haline getirilmiştir (Özdemir 2006).

Kullanım alanları arasında; statik ve dinamik yapı analizleri, statik ve dinamik diğer analizler, termal analizler, elektromanyetik alan analizleri, akışkanlar mekaniği analizleri, akustik, optimizasyon, yapı burkulma analizleri ve nonlinear yapı analizleri sayılabilir.

ANSYS programında çözümlerin elde edilmesi üç aşamada gerçekleşir.

Bu aşamalar,

1. Ön işleme (preprocessing)
2. İşleme (processor)
3. Son işleme (postprocessor) aşamalarıdır.

Ön işleme aşamasında çözüm esnasında gerekli olan dataların oluşturulması söz konusudur. Bu aşamada program kullanıcısı koordinat sisteminin seçimi, eleman tipinin belirlenmesi, malzeme sabitlerinin ve özelliklerinin belirlenmesi, katı modelin oluşturulması ve sonlu elemanlara ayrılması işlemlerini yapar. Daha sonra çözüm aşamasına geçilir. Bu aşamada kullanıcı analiz tipini, analiz opsiyonlarını, yükleme durumlarını ve sonlu eleman çözüm tekniğini belirler ve problemi çözdürür (Hattatoğlu 2003).

4.1.4 Basma Test Cihazı

Basma Test Presi, kapalı devre hidrolik pompası vasıtasıyla tek bir tuşa basarak deneye başlamakta - üst oynar başlık ile tuğla numunesi arasındaki boşluk hızla kapanarak tuğla numunesinin ön gerilmesi alındıktan sonra otomatik olarak kırma hızına geçmektedir. Sistem numunenin kırılmasıyla eş zamanlı olarak tepe değerini (pik noktası) tutmakta ve otomatik olarak pistonu gelen hidrolik basıncı keserek presi boşaltmaktadır. Şekil 4.4 'de basma test cihazı görülmektedir.

Basma Test Presi ergonomik kullanım yüksekliğinin yanı sıra yükseklik ayarı yapılabilen vidalı üst oynar başlığı sayesinde kısa sürede test pozisyonuna ayarlanabilmektedir.

Tuğla Test Presi hem otomatik hem de mekanik olarak çalıştırılabilmektedir. Presin yükleme hızı mekanik olarak girilmekte ve sistem otomatik olarak kırılacak tuğla numunelerinin kesit alanını hesaplamakta, buna göre de yükleme hızını seçmektedir. Uygulanan yük Nt/cm²/sn biriminde kontrol ve takip edilmektedir (URL-11, 2011).

Tuğla Test Presi hızını otomatik olarak transdüktörden gelen saniyedeki yük değişimine göre Nt/cm²/sn olarak artırmakta veya azaltmaktadır.

Presin dahili elektronik modüllerini kullanarak bilgisayar olmadan da tuğla test presi kullanılabilmektedir. Tuğla Test Presinin kalibrasyon bilgisi elektronik kontrol modüllerinde saklı tutulduğundan dolayı bilgisayarın bozulması durumunda tekrar kalibrasyon yapılmasına gerek duyulmamaktadır.

Elektronik modüller okunaklı 20 mm genişliğinde 6 haneli LCD ekrana sahiptir. Tuğla Test Presi üzerinde bilgiler kgf biriminde görülmekte ve RS 232 ara birimi ile bilgisayara aktarılmaktadır (URL-11, 2011).



Şekil 4.4. Basma test cihazı.

4.2 YÖNTEM

4.2.1 Üretim Yöntemi

EPS sert köpüklü kiremidin üretiminin başında küçük tanecikler halinde hammadde olarak temin edilen strafor öncelikle bir pişirme işleminden geçer. Hammadde şişirme makinesi içerisinde buhar yardımı ile şişirilmektedir. Bu sırada taneciklerin içindeki pentan gazı ile hava yer değiştirir ve malzemenin istenilen yoğunluğu bu aşamada büyük ölçüde sağlanır.

Şişen EPS granül, boncuk halini aldıktan sonra yapı içerisinde kalan pentanı atmak ve atılan pentanın yerine yapının hava almasını sağlamak ve atılan pentanın yerine yapının hava almasını sağlamak amacı ile 6 ile 12 saat arasında özel silolarda kürlenmektedir. Bu aşamadan sonra proje ürünümüz hammaddesinin üretilebilmesi için kullanılabilen iki ayrı yöntem bulunmaktadır.

Dinlendirme silolarından çıkan yarı mamul ya blok makinelerine alınarak bloklanır yada enjeksiyon makinesinde değişik ebatlarda uygun olarak kalıplanacaktır. Blok makinelerine alınan dinlendirilmiş genişletilmiş taneciklerden oluşan yarı mamul EPS straforun, kalıp içerisinde su buharı yardımı ile birbiri ile kaynaşması sonucunda bal peteği görünümünde,

arada boşluk kalmadan birbiri ile kaynaşmış çok genlerin oluşturduğu sürekli bir kütle meydana gelir.

Blok kaplama makinesinin de makinenin sabit iç kamarasına bağlı ölçülerde tercihen 50X100X400 cm'lik blok strafor kütük üretilir ve kesim için bekleme sahasına alınır. Blok makinesinden alınan belirli ebatlarda strafor kütükler kuruduktan sonra CNC makinesi ile istenilen boyutlarda kesilir. Bu işlemler proje ürünümüzün çıplak straforu üretilmiş olur.

Diğer yöntem de dinlendirilmiş strafor blok makinesine değil de direk enjeksiyon makinesine alınır. Enjeksiyon makinesinde istenilen proje ürünümüzün ebatlarında ve yapısına uygun olarak kalıplara aktarılarak yarı mamul kalıplanarak çıplak strafor üretilmektedir.

Yukarıda adı geçen üretim yöntemlerinden biri ile üretilmiş olan çıplak straforun ürün ömrünün ve dış etmenlere karşı ömrünün artırılması amacı ile çıplak straforun yüzeyi özel bir kimyasal harç ile kaplanmaktadır.

Çıplak strafor özel kimyasal bir harç ile harılanması aşamasında tamamı ile kaplanmakta ve üzerine sürülen harcın kurumması ve yapı üzerinde sabitlemesi amacı ile 15,5 saat kurumaya bırakılmaktadır. Kurutulan ürünler daha sonra uygun bir ambalaj malzemesi ile paketlenerek piyasaya sürülecektir. EPS sert köpüklü kiremidin üretimi için 3 aşama vardır;

4.2.1.1 EPS üretimi

EPS ham maddesi yurtdışından ya da yurtiçinden kolaylıkla temin edilen güvenilir bir imalatçıdan alınır. Şişirme ünitesinde istenilen dansite de ki kiremit için 28-30 kg/100dm³ olması daha uygun olduğu düşünülen EPS şişirilir. Şişirilen EPS 28-30 dansite için yaklaşık olarak 16 saat dinlendirme silolarında dinlendirilir.

CNC de kesilmesi düşünülen bir mamul ise ilk önce EPS blok olarak üretilir. 50x100x400 cm ebatlarında üretilen EPS bloklar autocat destekli CNC tezgâhta kesilir.

Kalıplı üretim için enjeksiyon makinasında kiremit üretimi gerçekleştirilir. Şekil 4.5 'de görülen birinci yarı mamuldür.

4.2.1.2 Harcın Hazırlanması

Silis kumu ağırlıklı, mineral ve katkı ile oluşturulan özel harç hazırlanır. Silis kumu ve kimyasallarla deneyim ve tecrübelerle oluşturulan özel harç reçetesi belirlenir. Bu reçete uygun devirlerle karıştırılarak harç oluşturulur. Özel harç sıvama işleminden önce yaklaşık 10-12 saat dinlendirilir. Bu ikinci yarı mamuldür.

4.2.1.3 EPS Sert Köpüklü Kiremidin İmalatı

Uygun devir hızın da iki yarı mamul, mamul haline getirilir. Şekil 4.6 'da görülen mamul haline getirilen EPS sert köpüklü kiremit kurumaya bırakılır.



Şekil 4.5. EPS kiremit (Özel harç kaplanmamış).



Şekil 4.6 EPS kiremit (Özel harç kaplanmış).

BÖLÜM 5

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada deneyler iki grupta toplanmıştır. Birinci grupta EPS deneyleri yapılmış ve sonuçları verilmiştir. İkinci grupta EPS Kiremidin deneyleri yapılmış sonuçlar tablo ve grafikler halinde açıklanmıştır.

5.1 EPS DENEYLERİ

5.1.1 Yangına Tepki Performansı

Yapı ve yalıtım malzemelerinin yangın sırasındaki davranışlarını ölçmek için çeşitli deney metotları geliştirilmiştir. Bu deneylere tabi tutulan malzemenin davranışı ölçülür ve sınıflandırılır.

EPS'nin normal ve alev yürümeyen olmak üzere iki tip olarak üretilmektedir. Alev yürümeyen B1 sınıfı hammaddeden üretilmektedir. "EPS'nin parlama noktası 360-370 °C olup; kendiliğinden yanabilmesi için ortam sıcaklığının 490 °C 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.

Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan bir ısı yalıtım malzemesidir. Tablo 5.1'e göre deney sonucunda mamulde bir yanma gözlenmemiştir.

Tablo 5.1 Yangına tepki performansı.

TEST METODU		TS EN ISO 11925-2, EK A					
ALEV UYGULAMA SÜRESİ		5 s					
ŞARTLANDIRMA		TS EN 13238 Madde 4.3.c					
ÖLÇÜLEN DEĞERLER VE TEST SONUÇLARI							
KENARDAN ALEVE MARUZ BIRAKMA		DİKEY			YATAY		
NUMUNE NO		1	2	3	1	2	3
NUMUNEDE YANMA		hayır	hayır	hayır	hayır	hayır	hayır
İŞARETLERE ULAŞMASI		hayır	hayır	hayır	hayır	hayır	hayır
FİLTRE KÂĞIDINDA YANMA		hayır	hayır	hayır	hayır	hayır	hayır
GÖZLEMLER	Test süresince damlama gözlenmemiştir.						

5.1.2 Su Absorpsiyonunun Tayini

Deney metodu TS EN 12087: 2002 daldırma yöntemiyle yapılmış ve sonuçlar Tablo 5.2'de verilmiştir.

Malzemelerin su emme oranı üzerinde etkili büyüklük, gözeneklerinin açık veya kapalı oluşudur. Direkt su ile temas halinde kapalı gözenekli malzemelerin su emme oranları çok düşüktür ve EPS kapalı gözenekli bir malzemedir. Su emme oranı çok küçük olduğu için direkt su ile temas etse bile, özellikleri değişmez.

EPS'yi meydana getiren Styrene, suda çözülmeyen ve erimeyen bir yapıda olduğundan kapalı gözeneklerinin duvarları suyu geçirmez. Fakat kapalı gözenekleri içeren taneler birbirlerine iyi kaynayıp yapışmamışsa, arada kalan boşluklardan bir miktar su sızabilir. Taneler birbirine gereği şekilde kaydığı zaman, yüzeyde bal peteği yapı sürekli bir şekilde görülür ve malzemenin hacimce su emme oranı %1'in altına düşer.

Tablo 5.2 Su absorpsiyonu değerleri.

Özellikler	ELDE EDİLEN SONUÇLAR								
	Anma Yoğunluğu kg/m ³	Görünür Yoğunluk ρ_v , [kg/m ³]	Numune No	Kısmi Daldırma ile [Wlp, kg/m ²]		Görünür Yoğunluk ρ_v , [kg/m ³]	Numune No	Tam Daldırma ile (Hacimce) [Wlt, %]	
				Ölçüm Değerleri	Ort Değer			Ölçüm Değerleri	Ort Değer
Daldırmayla Uzun Sürelili Su Emmesi	16	15,59	1065	0,23	0,2	15,23	1068	2,43	2,7
			1066	0,24			1069	3,15	
			1067	0,21			1070	2,56	

Tablo 5.2 'de EPS su absorpsiyonu yaklaşık olarak % 2,7 saptanmıştır. Çatı kaplama malzemesi yapılan EPS için %2,7 uygun bir değerdir.

5.1.3 Isıl Performansı

Kullanılan deney metodu TS EN 12667:2003 Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısı performansı, Muhafazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısı direncin tayini, Yüksek ve orta ısı dirençli mamuller yöntemine göre yapılmış sonuçlar Tablo 5.3 'de verilmiştir.

Tablo 5.3 Isıl direnç değeri.

Cihaz Tipi	Isı Akış Sayacı		
	Deney Parçasının Kalınlığı, m	0,050907	0,051119
Şartlandırma Sıcaklığı ve Metodu:	(23±5) ⁰ C Hava dolaşımli bir iklimlendirme dolabında kurutma ve sonra laboratuvar havası ile dengeye getirme işlemi.		
Deney Parçasının Yoğunluğu, ρ_c	15,001	15,493	16,376
Şartlandırma sırasında bağıl kütle değişimi, Δm_c , [kg/m ³]	0,0010	0,0047	0,0078
Deney sırasında bağıl kütle değişimi, Δm_w :	0,0007	0,0038	0,0059
Deney sırasında kalınlık/ hacim değişimi:	0,0007 / 0,0007	0,0024 / 0,0025	0,0002 / 0,0003
Deney sırasında deney parçasının yüzeyleri arasındaki ortalama sıcaklık farkı, K	20 (20,03)	20 (19,98)	20 (20,01)
Ortalama deney sıcaklığı, ⁰ C	10 (9,85)	10 (9,90) ⁰ C	10 (10,27)
Deney Sonucu Elde Edilen Isıl İletkenlik Değeri, [W/(m.K)]	0,037533	0,036592	0,036569
Deney Sonucu Elde Edilen Isıl Direnç Değeri, [m ² .K/W]	1,356299	1,396976	1,392644

Binalarda Isı İletim Katsayısı (W/mK), 0,060 W/mK değerinden küçük olmalıdır. Tablo 5.3 'e göre elde edilen ısıl iletkenlik değeri 0,037533 , 0,036592 , 0,036569 [W/(m.K)] olup yapılar için uygun bir değerdir.

5.2 EXPANDED POLİSTİREN KİREMİT DENEYLERİ

5.2.1 Ağırlık Deneyi

Ağırlık deneyinde EPS sert köpüklü kiremitler kuru halde tartılmış ve ağırlıkların ortalaması alınmıştır. EPS sert köpüklü kiremitlerin ağırlık ortalaması Tablo 5.4 'e göre 1,770 gr gelmiştir. Çatı kaplama malzemesi olarak bu değer binaya binen yük açısından çok uygundur. Bu hafiflik statik hesaplar da katkı sağlamaktadır.

Tablo 5.4 EPS kiremit ağırlıkları.

Örnek No	Ağırlık (kg)
1	1,770
2	1,769
3	1,833
4	1,750
5	1,741
6	1,770
7	1,710
8	1,768
9	1,745
10	1,840
Ortalama	1,770

5.2.2 Donma – Çözünme Deneyi

Donma – çözünme deneyi çatı kaplamaları için önem arz etmektedir. Çatı kaplamaları her türlü hava şartlarına maruz kalmaktadır ve kötü hava şartlarına direnç göstermelidir. Genelde kil kökenli kiremitler sıcaklığın çok düşük olduğu bölgelerde çatıya döşendikten bir süre sonra yüzeyde bozulmalar gözlenmektedir.

TS EN 491-AC Beton Çatı Kiremitleri deney metotları standardının donma- çözünme deneyi yapılmıştır. Deneyde 10 adet numune EPS sert köpüklü kiremitler 20 °C suya konulmuş 24 saat bekletilmiştir. Ertesi gün suya doymun kiremitler -18°C dondurucuya konulmuş orda da 24 saat bekletilmiştir. Bu metot 20 kere tekrarlanmıştır. 20 çevrim sonucunda kiremitlerde herhangi bir bozulma, çatlama gözlenmemiştir.

5.2.3 Mekanik Direnç Deneyi

Hazırlanan numunelerin mekanik dirençleri ölçülmüştür. 10 adet numune deneye tabi tutulmuştur ve ortalaması alınmıştır. Kesme deneyi yapılmıştır. Kırılma gözlenmemiştir. Özel aparatlarda kırma presine yerleştirilmiştir. Uygulanan basınçla mamullerde ezilme meydana gelmiştir. Yapılan mekanik direnç deneyinde EPS sert köpüklü kiremitlerin basınç değerleri ortalaması Tablo 5.5 'e göre 150,8 kg bulunmuştur.

Tablo 5.5 EPS kiremit basınç değerleri.

Örnek No	Basınç Değerleri (Kg)
1	120
2	164
3	155
4	146
5	160
6	153
7	143
8	155
9	146
10	166
Ortalama	150.8

5.2.4 Su Sızdırmazlık

Su sızdırmazlık deneyi için kiremit boyutlarında derin olan tahta bir çerçeve yapılmıştır. Çerçevenin içine yerleştirilen EPS sert köpüklü kiremitlere macun çekilmiştir. Çerçevenin içine yaklaşık 3 cm su konulmuş en az 24 saat bekletilmiştir. EPS sert köpüklü kiremitlerde herhangi bir sızdırmazlık meydana gelmemiştir.

5.2.5 Bağlantı Parçaları

EPS sert köpüklü kiremitler, bağlantı parçaları ve aksesuarları uygulamalı olarak döşenmiştir. Çatı sistemlerinde çatıyı tamamlayan kiremit aksesuarları bulunmaktadır. Kiremit aksesuarların çatıya uyumlu ve çatı sistemini tamamlayıcı olması istenir.

Herhangi bir uyumsuzluk, çatı bütünlüğünü bozan bir hata tespit edilmemiştir.

5.2.6 Su Emme

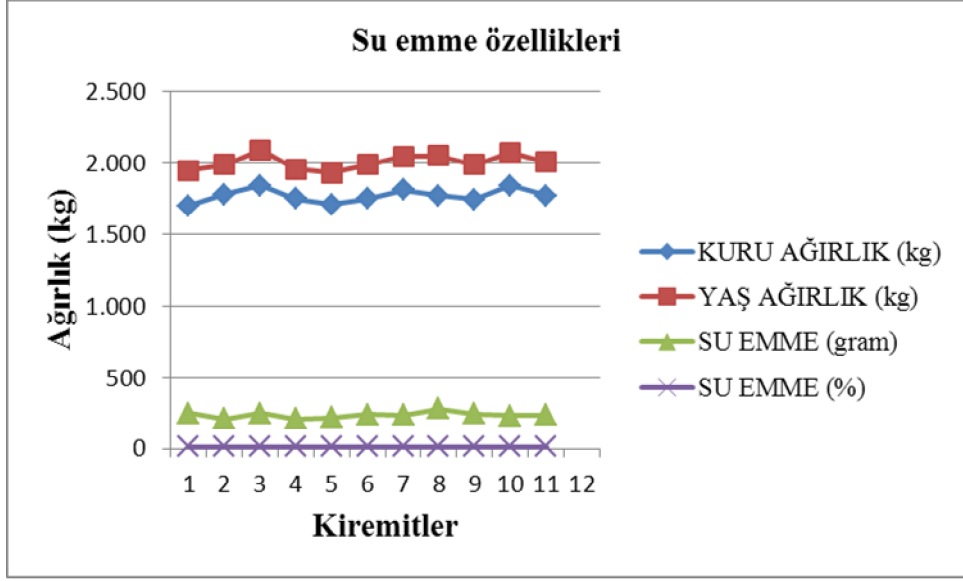
Su emme deneyinde EPS sert köpüklü kiremit numuneleri ortam sıcaklığındaki su havuzuna daldırılıp 48 saat suda bekletilmiştir. Suyu doymuş hale gelen kiremitler yaş ağırlıkları alınmıştır ve su emmeleri tespit edilmiştir.

EPS sert köpüklü kiremitler su emme değerleri %13 olarak tespit edilmiştir. Bu değer yaklaşık olarak % 2,7 EPS'nin (% emmiş olduğu su değeri) geri kalanı kiremidin üzerine kaplanan özel harcın emiş olduğu su % değeridir.

Kiremide kaplanan özel harç formülasyonu daha geliştirilerek su emme değeri düşürülebilir.

Tablo 5.6 EPS sert köpüklü kiremitler su emme değerleri.

ÖRNEK NO	KURU AĞIRLIK (kg)	YAŞ AĞIRLIK (kg)	SU EMME (gr)	SU EMME (%)
1	1,700	1,950	250	14,706
2	1,778	1,988	210	11,811
3	1,843	2,093	250	13,565
4	1,750	1,960	210	12,000
5	1,710	1,930	220	12,865
6	1,750	1,991	241	13,771
7	1,810	2,046	236	13,039
8	1,770	2,051	281	15,876
9	1,745	1,991	246	14,097
10	1,844	2,075	231	12,527
Ortalama	1,770	2,008	238	13



Şekil 5.1 EPS sert köpüklü kiremitler su emme grafiği.

5.2.6.1 Su Emme Değerlerinin Karşılaştırılması

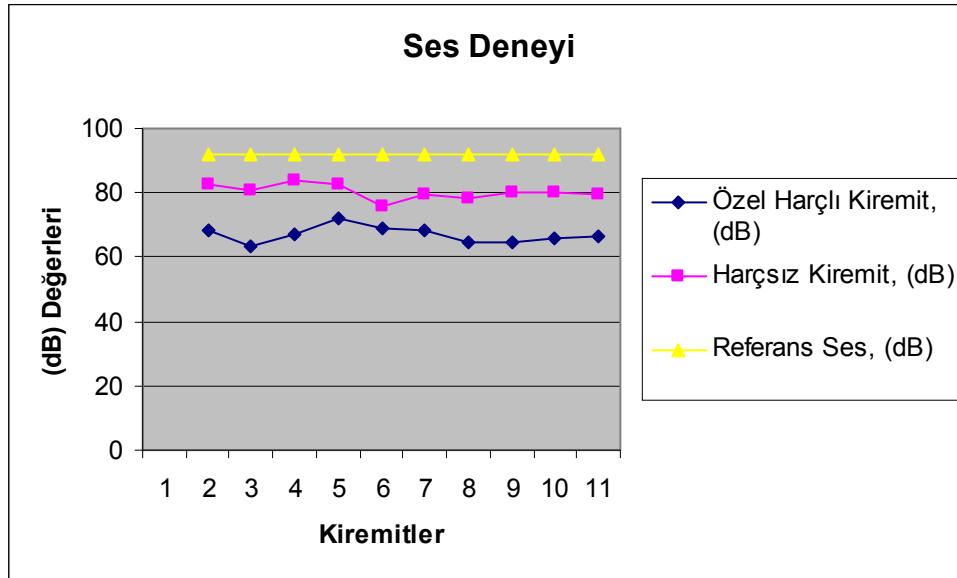
Diğer çatı kaplama malzemelerine su emme deneyi yapılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre EPS sert köpüklü kiremit % 13, kil esaslı kiremit % 22, ondülin kiremit %30, beton kiremit % 4 oranında su emme değerleri bulunmuştur. Kiremitlerin modele göre çatıya binen yükleri farklılık göstermektedir. Beton kiremidin m²'deki ağırlığı 39,9 – 44,65 kg olup klasik kil kiremit de bu oran 43 – 53 kg arası değişmektedir. EPS den mamul bir kiremidin m² ağırlığı 11,5 kg kadar olacaktır. Bu hafiflik yapının inşaat statik hesaplarını da maliyeti düşürücü katkı sağlayacaktır. Su emme değerleri de düşünüldüğünde en hafif mamül EPS den mamul bir kiremit olacaktır.

5.2.7 Ses Deneyi

Ses deneyinde özel harçla sıvanmış EPS sert köpüklü kiremitler ve özel harçla sıvanmamış kiremit numuneleri deneye tabi tutulmuş karşılaştırma yapılmıştır.

Tablo 5.7 EPS sert köpüklü kiremitlerin ses deneyi değerleri.

Özel Harçlı Kiremit, (dB)	Harçsız Kiremit, (dB)	Referans Ses, (dB)
68,4	82,4	91,9
63,25	80,8	91,9
67,15	83,75	91,9
71,9	82,4	91,9
68,9	75,75	91,9
68,5	79,4	91,9
64,5	78,15	91,9
64,65	79,9	91,9
66,05	80,3	91,9
66,2	79,25	91,9



Şekil 5.2 EPS sert köpüklü kiremitler ses deneyi grafiği.

Tablo 5.7 'e göre özel harçlı ve harçsız kiremitlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Referans sese göre harçsız kiremit azda olsa ses yalıtımı yapmaktadır. Özel harç sıvanmış kiremitlerin ses yalıtımları harçlanmayan kiremitlere göre daha iyi olduğu Şekil 5.2 'de görülmüştür. Özel harç formülasyonu geliştirilerek çok daha iyi ses yalıtımı sağlanabilir.

5.2.8 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Deformasyon Ve Gerilme Analizlerinin ANSYS Simülasyon Programı Yardımıyla Hesaplanması

Deformasyon deneyi ANSYS programı aracılığı ile yapılmaktadır. Sıradan bir sonlu elemanlar programı ön işleme (preprocessor), işleme (processor) ve son işleme (postprocessor) kısımlarından oluşmaktadır. İlk kısım kullanıcı tarafından oluşturulur ve diğer iki kısım program tarafından tamamlanır.

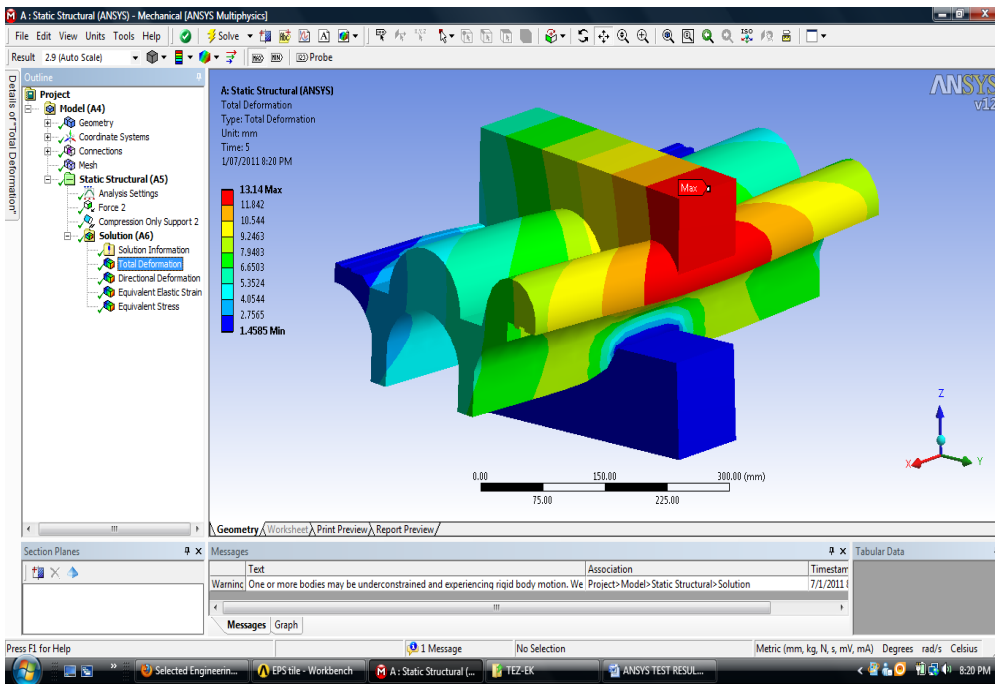
Her kısım şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. Ön işleme (preprocessor) kısmında kullanıcı tarafından oluşturulan yapı
 - Analiz tipinin belirlenmesi (statik, dinamik, termal vs.)
 - Boyutların tanımlanması (2 boyutlu veya 3 boyutlu gibi)
 - Elemanların tanımlanması
 - Malzeme özelliklerinin tanımlanması (elastisite modülü vs.)
 - Sınır şartlarının belirlenmesi
 - Yükleme tipinin belirlenmesi (yüzey yükü, tekil yük, moment vs.)
2. İşleme (processor) kısmında problem tarafından oluşturulan yapı
 - Eleman şekil fonksiyonlarının oluşturulması
 - Eleman denklemlerinin hesaplanması
 - Dönüşüm matrislerinin hesaplanması
 - Eleman denklemlerinin birleştirilmesi
 - Sınır şartlarının girilmesi
 - Çözüm prosedürünün yapılması
3. Son işleme (postprocessor) de kullanıcı tarafından elde edilebilen sonuçlar
 - İstenen değerler için kontur çizdirilmesi ve çıktı alınması
 - Deformasyon biçiminin çizdirilmesi ve çıktı alınması
 - Deplasman, dönme vs. için vektör görünümünün elde edilmesi (Özdemir 2006)

Deformasyon ve gerilme deneyi için kiremit çizimleri üzerine 500 N, 1000 N, 1500 N, 3000 N, 4500 ve 7500 N yük 5 sn süre ile uygulanmıştır.

5.2.8.1 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Deformasyon Testi

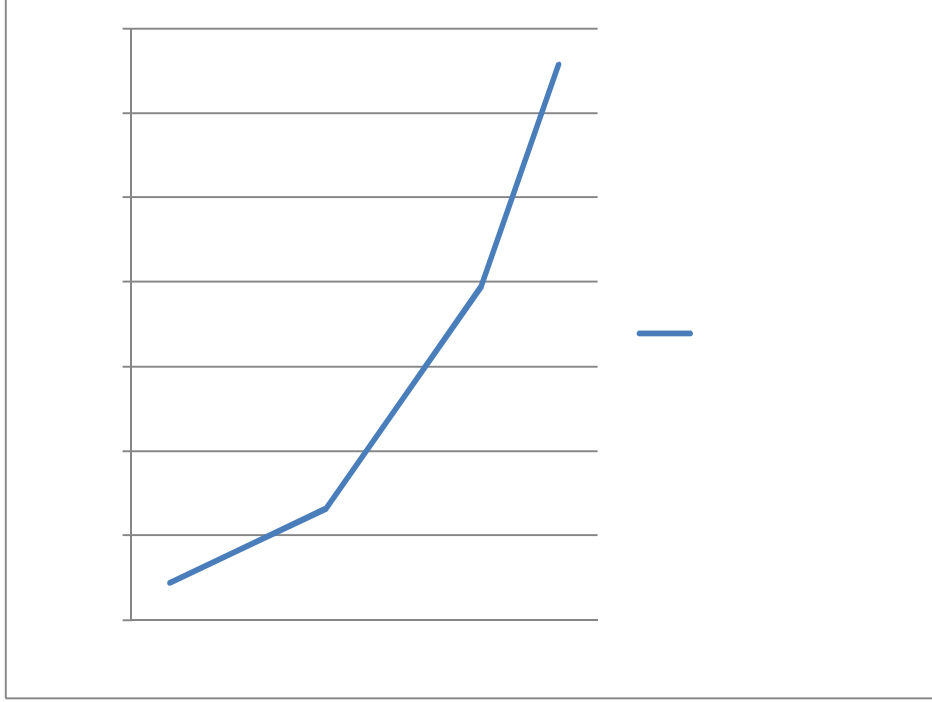
ANSYS yazılımı kullanılarak yapılan deformasyon testinde kiremit çizimlerine 500 N, 1000 N, 1500 N, 3000 N, 4500 N ve 7500 N yükler verilmiş meydana gelen deformasyonlar gözlenmiştir. Şekil 5,3'e göre deformasyon çizimlerinde kırmızı bölgeler en fazla deformasyona maruz yerleri göstermektedir. Tablo 8.8' de ve Şekil 5.4 'de max deformasyon değerleri görülmektedir ve bu bölgeler tasarım daha da geliştirilerek güçlendirilebilir.



Şekil 5.3 EPS sert köpüklü kiremitlerin 500 N yükte deformasyon görüntüsü.

Tablo 5.8 EPS sert köpüklü kiremitlerin deformasyon değerleri.

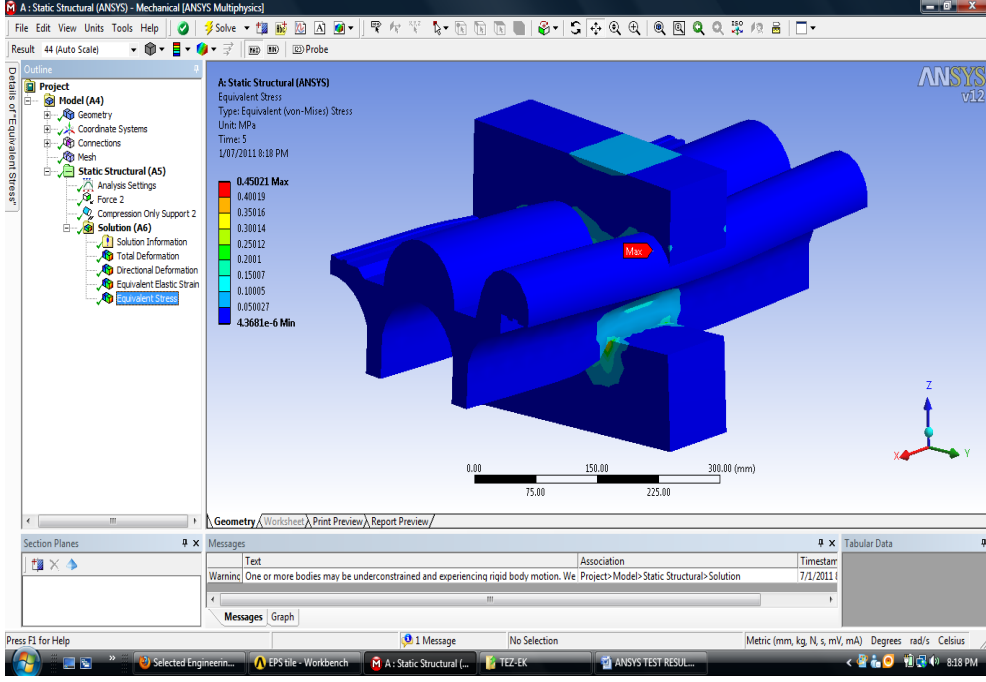
YÜK DEĞERLERİ (N)	DEFORMASYON MAX. (mm)
500	0,87601
1000	1,752
1500	2,628
3000	5,2561
4500	7,8841
7500	13,14



Şekil 5.4 EPS sert köpüklü kiremitlerin deformasyon grafiği.

5.2.8.2 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Gerilim Testi

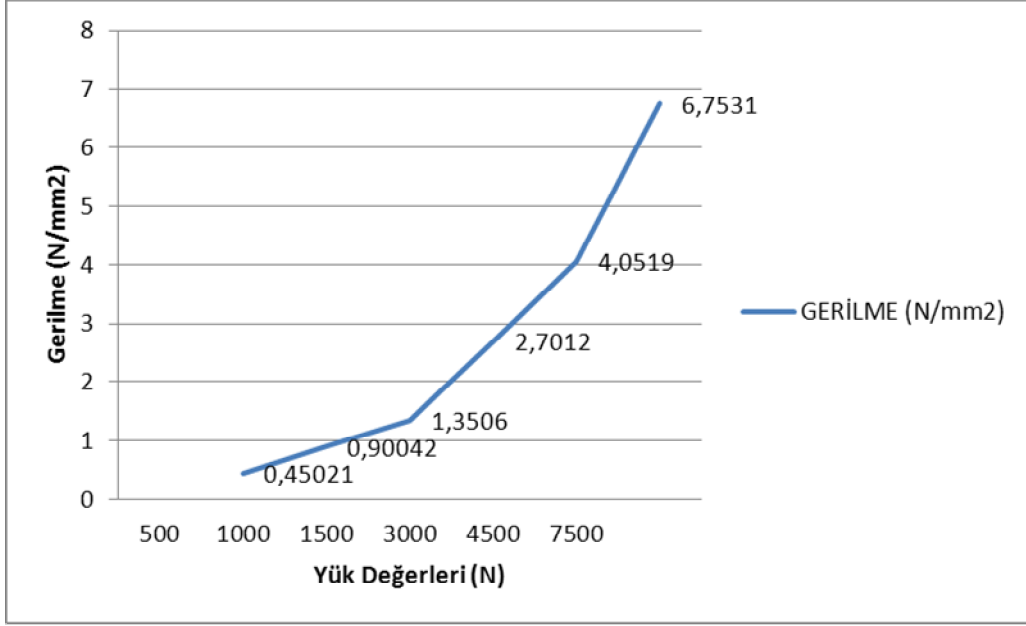
ANSYS yazılımı kullanılarak yapılan gerilim testinde kiremit çizimlerine 500 N, 1000 N, 1500 N, 3000 N, 4500 N ve 7500 N yükler verilmiş meydana gelen gerilimler gözlenmiştir. Şekil 5.5 'da görüldüğü gibi çizimlerde en fazla gerilime maruz kalan bölgeler belirlenmiştir. Tablo 5.9 ve Şekil 5.6'da gerilim değerleri görülmektedir. Maksimum gerilime maruz kalan bölgeler tasarım geliştirmeyeyle güçlendirilebilir.



Şekil 5.5 EPS sert köpüklü kiremitlerin 500 N yükte gerilim görüntüsü.

Tablo 5.9 EPS sert köpüklü kiremitlerin gerilim değerleri.

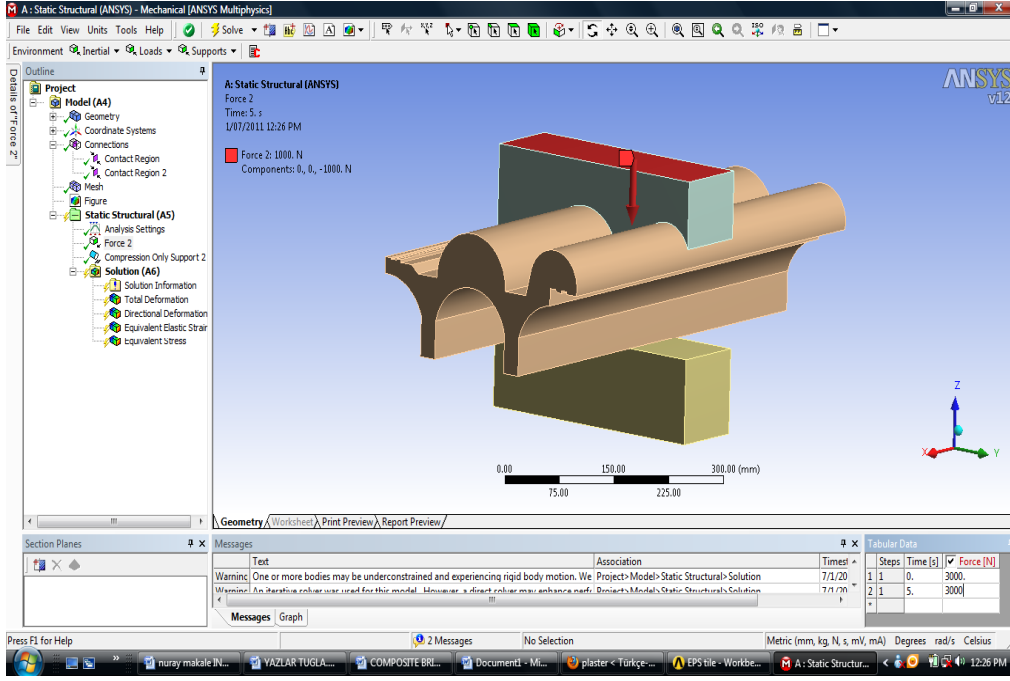
YÜK DEĞERLERİ (N)	GERİLME (N/mm)
500	0,45021
1000	0,90042
1500	1,3506
3000	2,7012
4500	4,0519
7500	6,7531



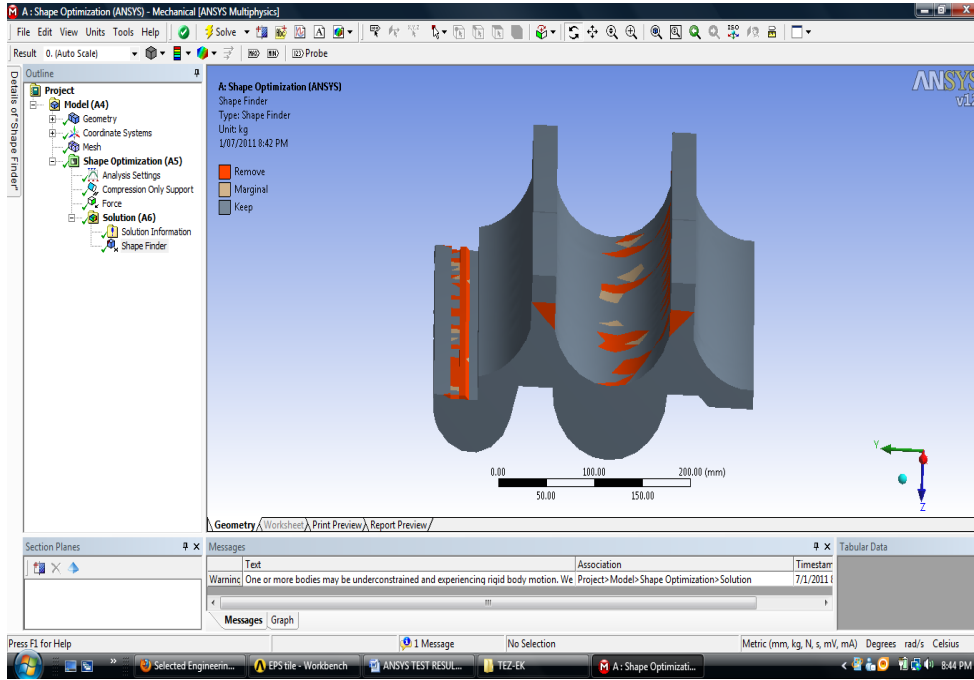
Şekil 5.6 EPS sert köpüklü kiremitlerin gerilim grafiği.

5.2.9 EPS Sert Köpüklü Kiremitlerin Şekil Optimizasyonu

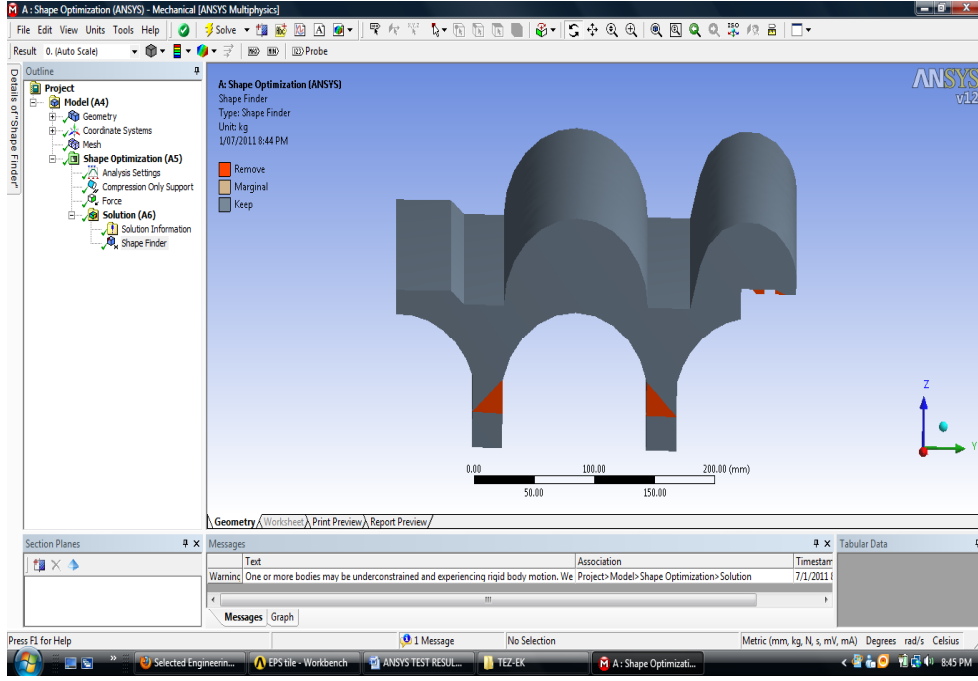
ANSYS yazılımı ile optimizasyon yukarıda verilen malzeme özelliklerine ve 150 kg'lık yük altında iken yapılmıştır. Kiremit üzerine 150 kg luk yük bulunduğu durumda ayrıca kiremit ayaklarının yere değdiği durumdaki pozisyonuna göre analiz yapılmıştır (Şekil 5.7). ANSYS programı kullanılarak yapılan gerilme ve deformasyon değerlerine göre EPS sert köpüklü kiremitlerin şekillerinde değişiklik yapılması gerektiği görülmektedir. Modelde kahverengi bölgeler üzerinde modifikasyonlar yapılarak en optimum şeklin ortaya çıkabileceği görülmüştür (Şekil 5.8 -9). Ayrıca CATIA programı kullanılarak deformasyon ve şekil değiştirme testleri tekrar edilmiştir (Şekil 5.10-13).



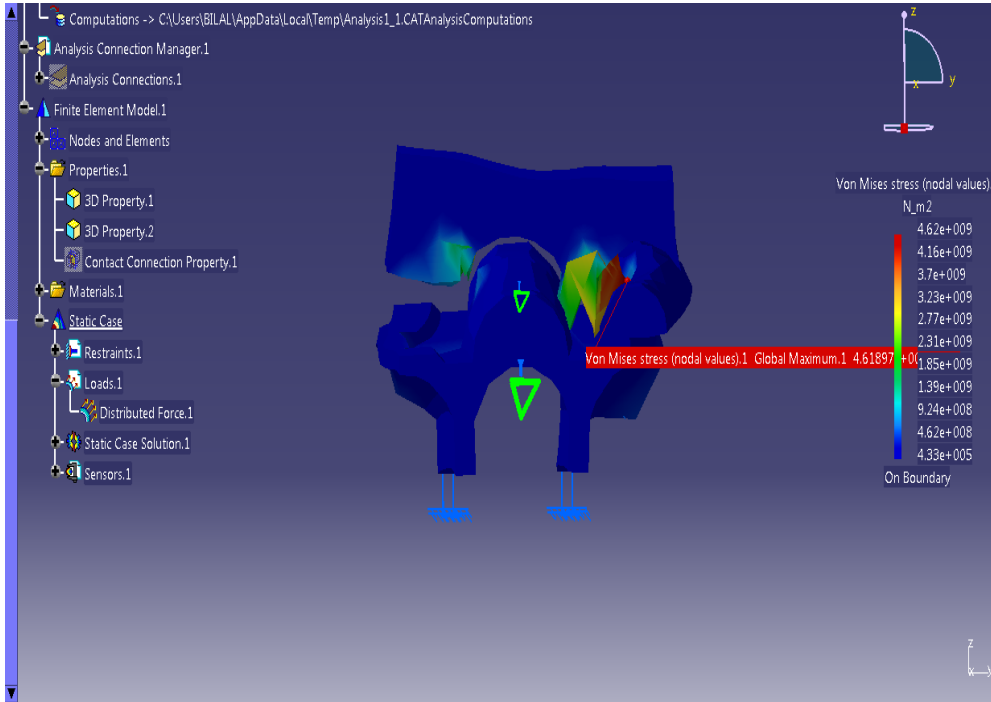
Şekil 5.7 ANSYS yardımıyla EPS sert köpüklü kiremit üzerine yükün uygulanması.



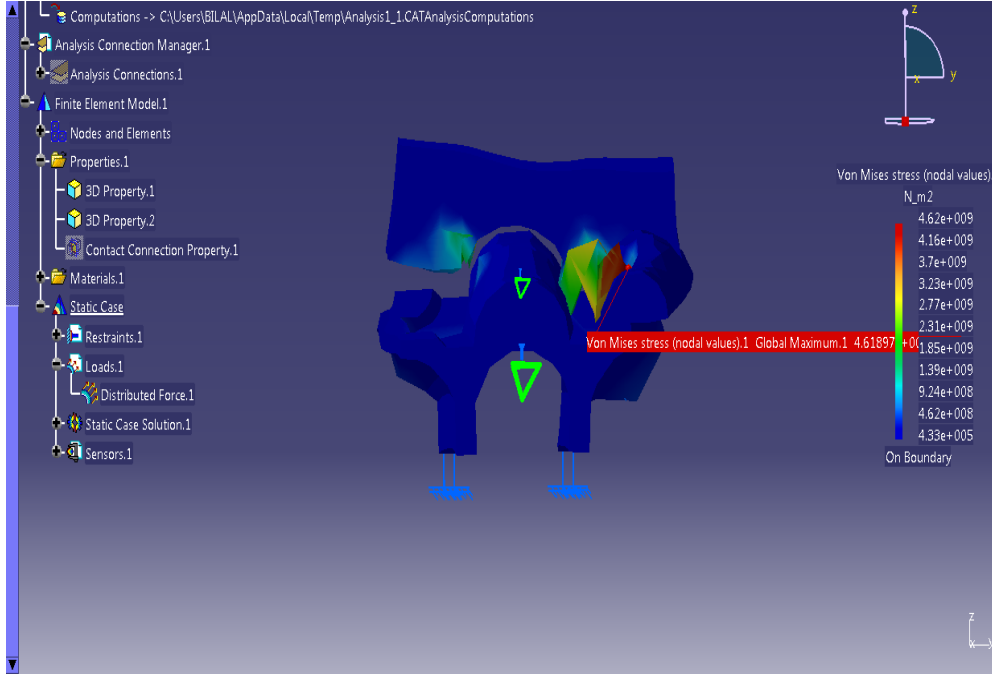
Şekil 5.8 EPS sert köpüklü kiremitlerin şekil optimizasyonu.



Şekil 5.9 EPS sert köpüklü kiremitlerin şekil optimizasyonu.



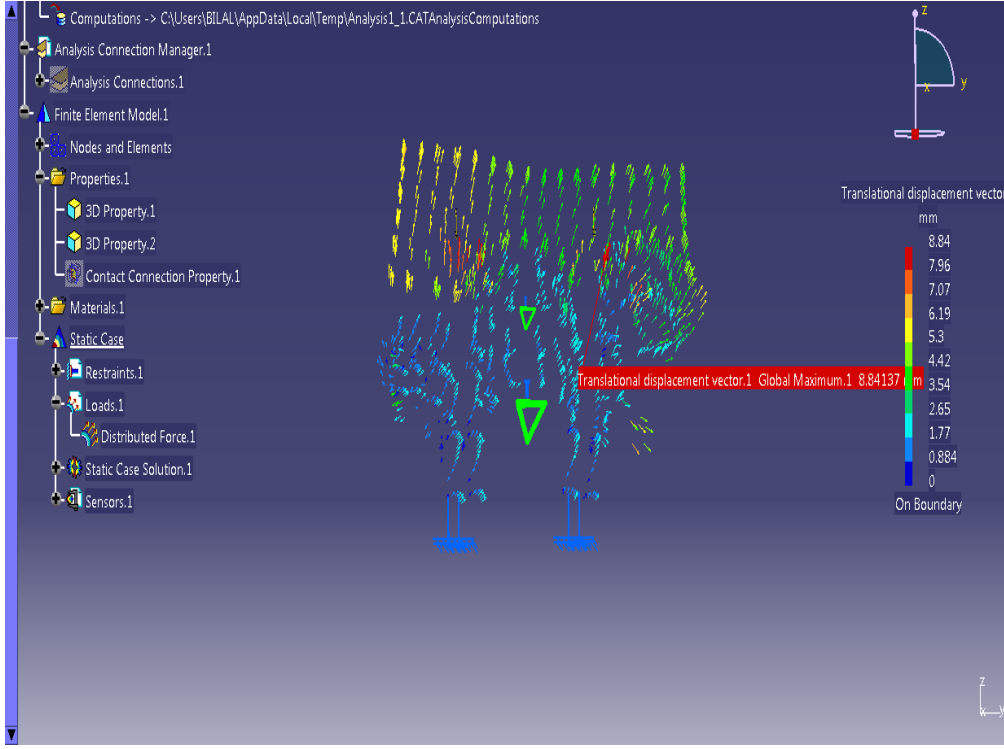
Şekil 5.10 EPS sert köpüklü kiremitlerde oluşan deformasyon dağılımı.



Şekil 5.11 EPS sert köpüklü kiremitlerde oluşan deformasyon dağılımı.



Şekil 5.12 Genleştirilmiş EPS sert köpüklü kiremitlerde oluşan deformasyon ve yoğun olduğu bölgeler.



Şekil 5.13 CATIA da EPS sert köpüklü kiremit üzerine uygulanan yükler (laboratuvar ortamındaki analize uygun olarak test edilmiştir).

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyada enerji kaynakları hızla azalırken, bir yandan alternatif enerji kaynakları araştırılmakta, bir yandan da mevcut enerji kaynaklarını kullanırken tasarrufa gidilmeye çalışılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde etkin bir enerji tasarrufu için yapılarda yalıtıma büyük önem verilmekte ve yalıtımla ilgili yeni yönetmelik ve standartlar sürekli geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, EPS Sert Köpükten yapılan deneme kiremidin diğer çatı kaplama ürünlerine göre avantajları araştırılmış ve kullanılabilirliği deneylerle desteklenmeye çalışılmıştır.

Kaplama malzemesinden beklenen performans özellikleri; yeterli çekme ve darbe dayanımı, UV ve kimyasallara dayanım, gün ışığı direnci, uygulamaya yönelik optik hal, boyutsal kararlılık, sıcaklık dayanımı, su geçirmezlik, yüksek sertlik değeri ve aşınma dayanımıdır

EPS sert köpükten yapılan kiremit silis kumu ağırlıklı koruyucu kimyasallardan hazırlanan özel harçla kaplanmıştır. Kiremidin m² ağırlığı yaklaşık olarak 11,5 kg dır, su emme değeri % 13 dür, mekanik direnci 150 kg dır, ısıya ve dona dayanıklı olduğu deneylerle belirlenmiştir.

Kiremidin hammaddesi EPS sert köpük olduğu için ısı izolasyonu yapmaktadır. İncelendiğinde görülmektedir ki EPS kiremit istenilen özelliklerde en iyi performansı göstermektedir.

ANSYS programı kullanılarak kiremidin deformasyon ve gerilim değerleri tespit edilmiştir. Deformasyon ve gerilimin maksimum olduğu bölgeler için kiremidin dizaynında değişiklikler yapılarak modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

Çatı kaplama malzemesi olarak denemesi yapılan EPS kiremit tasarımının geliştirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı model EPS kiremidin gerek tasarımında gerekse üzerine

kaplanan harçta değişiklikler yapılarak binalarda kiremit olarak kullanılabilceği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Avlar E ve Küskü B** (2005) Eğimli çatılarda havalandırma, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 51: 38-41.
- BASF Corp** (1997) *Styropor Technical Information*, BASF Corp, Germany, 280 s.
- Çatıder** (2008), 2003 ve 2005 yılı eğimli çatılarda çatı kaplama sektör büyüklüğü araştırması, *4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İTÜ Mimarlık Fakültesi Taskısla - İstanbul , 4: 16-21.
- Çelik A P** (1976) Bioklimatik Konfor Açısından Çatı Eğimi İle İzolasyon Direnci Bağlantısının Saptanmasında Bir Yöntem, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 146 s.
- Çukurçayır F** (2002) *Çatılarda Kar Yükünün Hesaplanması*, şehirçilik meteorolojisi ve şehirleşme çalışmalarında meteorolojik kriterler, İstanbul, 257 s.
- Elragi, A, Negussey D ve Kyanka G** (2000) *Sample Size Effect on the Behavior of EPS Geofoam* Proceedings of the Soft Ground Technology Conference, The Netherlands, 3:117-126.
- Evcil N** (2000) Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı İstanbul, 94 s.
- Hattatoğlu F** (2003) Asfalt Betonunun Yorulma Ömrünün Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 127 s.
- Huntsman** (1999) *Huntsman Expandable Polystyrene Grade 61* Huntsman Corporation, Texas, USA, Technical Bulletin, 114 s.
- Köse M** (2005) Çatı tasarımında malzeme seçim ve kullanım kriterleri, *Aralık, İnşaat Dünyası*, 272: 16-19.
- Kulaksızoğlu Z** (2006) *Isı Yalıtım Sektör Araştırması*, İstatistik Şubesi, Ankara, 287 s.
- Negussey D** (1998) *Putting Polystyrene to Work* Civil Engineering, American Society of Civil Engineering, NY, USA, 153 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özdemir A** (2006) Seramik Malzemelerin Kırılma Tokluğu Değerlerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Teorik Olarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 98 s
- Ravve A** (2000) *Principles of Polymer Chemistry* Kluwer/Academic/Plenum Publishers, New York, NY, 567 s.
- URL-1** (2011) <http://www.catider.org.tr/gcdt.php>, ÇATIDER (Çatı Sanayici ve İş Adamları Derneği), teknik bilgiler, 05.06.2011.
- URL-2** (2011) [http://www.izocam.com.tr/izocam/Urunler/Ekstrude-Polistren-\(XPS\).aspx](http://www.izocam.com.tr/izocam/Urunler/Ekstrude-Polistren-(XPS).aspx), İzocam A.Ş, Ekstrüde Polistren (XPS), 01.06.2011.
- URL-3** (2011) <https://sites.google.com/a/yurdanyapi.com/yurdanyapi/mantolama-teknik-bilgiler>, Yurda Yapı Limited Şirketi, teknik bilgiler, 01.06.2011
- URL-4** (2011), <http://www.evdose.com/tur/yapi/yalitim/yapyal0002.html> Ev Döşe, Isı izolasyonu, (05.06.2011).
- URL-5** (2011) <http://www.izocam.com.tr/izocam/Urunler/Cam-Yunu.aspx> İzocam A.Ş, cam yünü, (01.06.2011).
- URL-6** (2011) <http://www.izocam.com.tr/izocam/Urunler/Tasyunu.aspx> İzocam A.Ş, taş yünü, (01.06.2011).
- URL-7** (2011), <http://www.pud.org.tr/content/EPS/EpsNedir.aspx>(01.06.2011).
- URL-8** (2011) <http://www.thermalfoams.com/EPS/vegetative-roofs.asp>, 02.08.2011.
- URL-9** (2011) http://www.catider.org.tr/makale_20.php ÇATIDER (Çatı Sanayici ve İş Adamları Derneği), makale, (05.06.2011).
- URL-10** (2011) http://www.sfenk.com/isi_yalitimi.php, Sfenk yapı izolasyon, ısı yalıtımı, (10.06.2011)
- URL- 11** (2011) <http://www.yukselkayamakina.com.tr/UrunDetay.aspx?Id=165&GrupId=0>, Yüksel Kaya Makine A.Ş., (10.06.2011).
- URL-12** (2011) http://www.catider.org.tr/kiremit_uretimi_ve_asamalari.php, ÇATIDER (Çatı Sanayici ve İş Adamları Derneği), (05.06.2011).

Vandorp T (1988) *Expanded Polystyrene Foam as Light Fill and Foundation Material in Road Structures* International Congress on Expanded Polystyrene, Milan, Italy, 459 s.

ÖZGEÇMİŞ

Nuray Atay 1976'da Bartın'da doğdu; ilk, orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Bartın Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1993 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 1998'de "iyi" derece ile mezun olduktan sonra Yazlar A.Ş.'de göreve başladı; halen Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yazlar A.Ş.
Terkehaliller Köyü Mevkii
74100 BARTIN

Tel: (378) 264 55 55
Faks: (378) 264 51 76
E-posta: nurayyatay@hotmail.com