

**SU YALITIM MALZEMESİNİN DOĞAL PUZOLANLAR VE ENDÜSTRİYEL
ATIK MALZEMELER KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ**

Özlem YAŞAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ersan PÜTÜN

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Haziran, 2016

*Bu tez BAP Komisyonunca kabul edilen 1204F062 nolu proje kapsamında
desteklenmiştir.*

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Özlem Yaşar'ın "Su Yalıtım Malzemesinin Doğal Puzolanlar ve Endüstriyel Atık Malzemeler Kullanarak Geliştirilmesi" başlıklı tezi 02.06.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek 'Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin' ilgili maddeleri uyarınca, Kimya Mühendisliği Anabilim dalında, Yüksek Lisans Tezi, tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı-Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Ersan PÜTÜN
Üye : Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Üye : Doç. Dr. Esin APAYDIN VAROL

Enstitü Müdürü

ÖZET

SU YALITIM MALZEMESİNİN DOĞAL PUZOLANLAR VE ENDÜSTRİYEL ATIK MALZEMELER KULLANILARAK GELİŞTİRİLMESİ

Özlem YAŞAR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran, 2016

Danışman: Prof. Dr. Ersan PÜTÜN

İnsanoğlu enerji kaynağı olarak yararlanabileceği her kaynağı kendisine fayda sağlayacak şekilde kullanmayı amaçlamıştır. Enerji kaynakları kısıtlıdır; bu nedenle insanlar tarih boyunca doğal kaynaklara yönelmiştir. 21. yüzyılda endüstrileşme yolunda tüm dünyada ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli atılımlar yapılmaktadır. Bu süreç içinde yapılan yatırımlardaki üretim sürecinde enerji maliyetleri ihmal edilemez bir sorun haline gelmiştir. Enerji maliyetlerinin düşürülmesinde alternatif enerji kaynakları kullanıldığı gibi yalıtım uygulamaları da önemli bir yer tutmaktadır. Yalıtım, tabiatın ve içinde bulunduğumuz mekanların korunmasıdır. Yaşadığımız ortamların yalıtımı, sağlıklı bir yaşamın garantisi ve tabiatın korunarak gelişmesine yardımcı olan en önemli faktörlerden biridir. Buradan hareketle, yalıtım kısaca, kullandığımız binaların dışsal etkilere karşı korunması olarak tanımlanabilir.

Yalıtım temelde iki amaçla yapılır. Yapının veya problemlili yapı bölümlerinin korunması veya önceden oluşmuş olan problemin çözülmesi amaçlanır. Su, yeryüzü ve yeraltı olmak üzere her ortamda bulunan bir maddedir. Yapıların hizmet ömrü boyunca sudan etkilenmemeleri amacıyla, yapı üzerindeki her noktanın su etkisine direnç göstermesi için malzemeler üretmeye çalışılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, özellikle son yıllarda yönetmeliklerde de zorunlu hale gelen su yalıtımının alternatif yolları araştırılmış ve atık malzemelerle ve doğal puzolanik madenlerle su yalıtım malzemesi yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Su yalıtım malzemesi, Endüstriyel Atıklar, Doğal Puzolanlar, Optimizasyon, Deney Tasarımı

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF WATERPROOFING MATERIAL WITH USING PUSOLANIC MATERIALS AND INDUSTRIAL RESIDUES

Özlem YAŞAR

Department of Chemical Engineering

Anadolu University, Graduate School of Sciences, June, 2016

Supervisor: Prof. Dr.Ersan PÜTÜN

Humankind always willed to use the benefits of all energy sources and that's why aimed to find natural sources. Today, it is necessary to find new methods to get the existent benefits by using less energy. The isolation works have firstly focused on heat isolation. Also, the other isolation works have followed the heat isolation according to increasing demands. While heat isolation intends to save the thermal energy, the other isolation types intend an easier and more comfortable life.

Trying to produce structures that will be unaffected by water throughout their service life, human s are trying to work out details and devices that will ensure that each point on a structure is resistant to the effects of water. Nowadays it has been understood that it is insufficient to conduct such works on structures only, ground being as important as the structure itself, and especially that the water is dominant in the interaction between the structure and the ground, rendering the structure unusable. Water is an ever-present substance found both under and above ground. Especially when its effects on the underground structure shell have been researched in the study, observation and estimation of the interaction between ground water and the structure have become relevant and framework scope was determined.

Keywords: Waterproofing material, Industrial Residues, Natural Pusolanic Materials, Optimization, Experimental Design

02/06/2016

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan ‘bilimsel intihal tespit programı’ yla tarandığını ve hiçbir Görselde ‘intihal içermediğini’ beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Özlem YAŞAR

TEŞEKKÜR

Danışmanlığımı üstlenen, çalışmalarım boyunca her konuda bana destek olan, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ersan PÜTÜN'e

Çalışmalarım ile yakından ilgilenip, beni yönlendiren ve motive eden değerli hocam Prof. Dr. Ayşe Eren PÜTÜN'e

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca benimle ilgilenen ve bilimsel desteğini esirgemeyen hocam Araş. Gör. Dr. Murat KILIÇ'a ve değerli arkadaşım Araş. Gör. Gamzenur ÖZSİN'e, her zaman desteğini gördüğüm Araş. Gör. Murat SOYSEVEN'e

Tez çalışmalarım boyunca benden manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan arkadaşım Araş. Gör. Özge ÇEPELİOĞULLAR'a

Sundukları eğitim imkanları ve kaynaklar ile verdikleri fırsatlar ile bu tez çalışmasının gerçekleşmesini sağlayan KYK Yapı Kimyasalları A.Ş ailesine,

Ve yaşamım boyunca aldığım her kararım da arkamda olan, bana güvenen, sevgi, hoşgörü ve desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve kardeşime içtenlikle teşekkür ederim.

Özlem YAŞAR

Haziran 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xii
GÖRSELLER DİZİNİ.....	xiv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. YALITIM.....	2
2.1. Yalıtımın Önemi	4
2.2. Yalıtımın Amacı.....	5
2.3. Yalıtımın Faydaları.....	6
2.4. Dünya' da ve Türkiye'de Yalıtım	6
2.5. Yalıtım Türleri.....	9
2.5.1. Isı Yalıtımı.....	10
2.5.2. Ses Yalıtımı.....	10
2.5.3. Yangın Yalıtımı.....	10
3. SU YALITIMI.....	12
3.1. Su Yalıtımının Amacı.....	12
3.2. Yapıyı Etkileyen Su Türleri.....	13
3.2.1. Toprakaltı sızıntı suyu ve yeraltı suları.....	13
3.2.1.1. Basınçsız sular.....	13
3.2.1.2 Basınçlı sular.....	13
3.2.1.3. Toprak nemi.....	14
3.2.2. Doğa olayları.....	15
3.2.3. Yapı içindeki sızıntı suyu ve nem.....	15
3.2.3.1. Kullanımdan oluşan su ve nem.....	16

3.2.3.2. Yapıların kendi bünyelerinde var olan nem.....	16
3.3. Suyun Olumsuz Etkileri	17
3.3.1.Kentsel ölçekte su sorunlar.....	17
3.3.2. Bina ölçeğinde su sorunları.....	18
3.3.2.1. İç ortam nem dengesinin bozulması.....	18
3.3.2.2. Çiçeklenme.....	18
3.3.2.3. Taşıyıcı sistemde hasar oluşması.....	19
3.3.2.4. Akma, damlama ve kabarmalar.....	20
3.3.2.5. Korozyon.....	20
3.3.2.6. Bakteri oluşumu.....	21
3.3.2.7. Alkali-silika reaksiyonu.....	22
3.3.2.8. Asit etkisi(asit hücumu).....	22
3.3.2.9. Sülfat etkisi.....	22
3.4. Su Yalıtımının Önemi.....	23
3.5. Yapıda Su Yalıtımı Gerektiren Noktalar.....	24
3.6. Türkiye’de ve Dünya’da Su Yalıtımı.....	25
4. SU YALITIM MALZEMELERİ.....	27
4.1. Su Yalıtım Örtüleri.....	29
4.1.1. Sentetik Örtüler.....	29
4.1.2. Bitümlü su yalıtım örtüleri.....	30
4.2. Sürme Tip Su Yalıtım Malzemeleri.....	31
4.2.1. Akrilik esaslı su yalıtım malzemesi.....	31
4.2.2. Poliüretan esaslı su yalıtım malzemeleri.....	32
4.2.3. Bitüm esaslı su yalıtım malzemeleri.....	33
4.2.4. Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri.....	34
4.2.4.1. Tek bileşenli çimento esaslı su yalıtım malzemeleri.....	34
4.2.4.2. İki bileşenli çimento esaslı su yalıtım malzemeleri.....	35
4.2.4.3. Kristalize olan çimento esaslı su yalıtım malzemeleri.....	35
5. SU YALITIM MALZEMELERİ UYGULAMA ESASLARI.....	36
5.1. Çimento Esaslı Su Yalıtım Malzemeleri.....	36
5.1.1 Yüzey hazırlığı.....	36
5.1.1.1. Kırık,boşluk ve çatlakların tamiri	37

	<u>Sayfa</u>
5.1.1.2. Sivri köşelerin yuvarlatılması.....	39
5.1.1.3. Taşıyıcı olmayan katmanların kaldırılması.....	40
5.1.1.4. Parlak yüzeylerin pürüzlendirilmesi.....	41
5.1.1.5. Tij deliklerinin doldurulması	41
5.1.1.6. Aderans engelleyici katmanlardan arındırma.....	42
6. SU YALITIM MALZEMELERİNDE KULLANILAN HAMMADDELER....	43
6.1. Çimento.....	43
6.2. Polimerler.....	46
6.2.1. Toz Polimerler.....	46
6.2.2. Sıvı Polimerler.....	48
6.3. Dolgu Malzemeleri.....	47
7. KULLANILAN HAMMADDELER HAKKINDA BİLGİ.....	48
7.1. Endüstriyel Hammadeler.....	48
7.1.1. Diatomit.....	50
7.1.1.1. Diatomit rezervleri.....	52
7.1.1.2. Diatomitin kullanım alanları.....	52
7.1.2. Bentonit.....	53
7.1.2.1. Bentonit rezervleri.....	52
7.1.2.2. Bentonitin kullanım alanları.....	52
7.1.3. Volkanik tüf.....	57
7.2. Endüstriyel Atıklar.....	57
7.2.1. Atık lastik tozu.....	58
7.2.1.1. Atık lastik tozunun kimyasal özellikleri.....	59
7.2.2. Atık mermer tozu.....	60
7.2.2.1. Atık mermer tozunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri.....	62
7.2.3. Atık kiremit tozu.....	63
8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	64
8.1. Deney Tasarımı.....	64
8.1.1. Cevap yüzeyi(response surface) metodu	66
8.1.2. Design expert 7.0.0 programı.....	69
8.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar.....	70
8.2.1 Çekme koparma cihazı.....	70
8.2.2 Basınçlı su geçirgenlik cihazı	71

8.3. Su Yalıtım Ürünlerinin Tabi Olduğu Test Standartları.....	72
8.3.1. TS EN 14891:2012 standardı.....	72
8.3.1.1. Sıvı olarak uygulanan su geçirimsiz ürünler.....	72
8.3.1.2. Polimer modifiyeli çimento esaslı sıvı uygulanan geçirimsiz malzemeler.....	73
8.3.1.3. Dispersiyon sıvı uygulanan su geçirimsiz malzemeler.....	73
8.3.1.4. Reaksiyon reçine esaslı sıvı uygulanan su geçirimsiz malzemeler.....	73
8.3.1.5. Çatlak köprüleme özelliği.....	73
8.3.1.6. Astarlar.....	73
8.3.2. TS EN 1504-2 standardı.....	74
8.3.2.1. Hidrofobik empenye.....	74
8.3.2.2. Emprenye malzemesi.....	75
8.3.2.3. Kaplama malzemesi.....	75
8.4. Testler öncesi hazırlık işlemleri.....	79
8.4.1. Dolgu malzemelerine uygulanan ön hazırlık işlemleri-boyut küçültme ve elek analizi.....	79
8.4.2. Gerilim yapışma testleri öncesi yüzey hazırlığı.....	79
8.5. Uygun özellikli karışımların hazırlanması.....	81
8.6. Ürüne Uygulanan İlk Tip Testler.....	81
8.6.1. Kuru yığın yoğunluk.....	81
8.7. Ürüne Uygulanan Testler.....	82
8.7.1. İlk gerilim yapışma testi.....	82
8.7.2. Su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı testi.....	83
8.7.3. Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı testi.....	84
8.7.4. Donma-Çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı testi.....	85
8.7.5. Kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma dayanımı testi.....	85
8.7.6. Su Basıncı dayanımı testi.....	85
9. BULGULAR VE YORUM.....	86
9.1. Hammaddelerin Özellikleri.....	87
9.1.1. Deneyleerde kullanılan toz bileşenin özellikleri.....	87
9.1.1.1. Portland 42,5 R tip çimento.....	87
9.1.1.2. Deneyleerde kullanılan dolguların özellikleri.....	87

9.1.1.3. Deneylerde kullanılan toz polimerlerin özellikleri.....	92
9.1.2. Deneylerde kullanılan sıvı bileşenin özellikleri.....	94
9.1.3 Su Yalıtım Malzemesi Harcı.....	96
10. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	102
EK 1- Su yalıtım malzemeleri uygulama esasları.....	105
KAYNAKÇA.....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	113

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Dünya yalıtım talebi ve yıllık büyüme.....	8
Tablo 4.1. Uygulama alanlarına göre kullanılması gereken su yalıtım malzeme çeşidi	27
Tablo 4.2. Çimento esaslı su yalıtım malzemelerinin olumlu ve olumsuz yönleri.....	34
Tablo 4.3. Çimento esaslı su yalıtım malzemesi formülasyonu.....	34
Tablo 6.1. Çimentonun kimyasal bileşimi.....	44
Tablo 6.2. Toz polimerlerin teknik özellikleri.....	46
Tablo 7.1. Doğal puzolanların kimyasal özellikleri.....	48
Tablo 7.2. Kullanılan endüstriyel hammaddelerin karşılaştırma tablosu.....	49
Tablo 7.3. Diatomitin fiziksel özellikleri.....	51
Tablo 7.4. Diatomitin kimyasal ve minerolojik bileşimi.....	51
Tablo 7.5. Kauçuk kimyasal bileşimi.....	59
Tablo 7.6. Mermer tozunun kimyasal bileşimi.....	61
Tablo 8.1. TS EN 14891:2012 standardına göre zorunlu karakteristik özellikler.....	73
Tablo 8.2. TS EN 1504-2 ye göre su yalıtım malzemeleri zorunlu testler	74
Tablo 8.3. Yüzey hazırlayıcı astarın fiziksel özellikleri.....	81
Tablo 9.1. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	87
Tablo 9.2. Hammaddelerin birim fiyatları.....	88
Tablo 9.3. Kullanılan dolguların fiziksel özellikleri.....	88
Tablo 9.4. Kullanılan dolguların elek dağılımları.....	89
Tablo 9.5. Bentonitin kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif).....	89
Tablo 9.6. Diatomitin kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif).....	90
Tablo 9.7. Kiremit Tozunun kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif).....	90
Tablo 9.8 . Mermer tozu kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif).....	91
Tablo 9.9. Karışım miktarları için hazırlanan deney planı.....	92
Tablo 9.10. Deneylerde kullanılan toz polimerin özellikleri.....	92
Tablo 9.11. Hazırlanan kuru karışımların fiziksel özellikleri.....	94
Tablo 9.12. Deneylerde kullanılan sıvı polimerin özellikleri.....	95
Tablo 9.13. Sıvı bileşen ölçülen fiziksel özellikleri.....	96
Tablo 9.14. Hazırlanan harcın ölçülen fiziksel özellikleri.....	97
Tablo 9.15. İlk gerilim yapışma ve su ile temastan sonra yapışma dayanımı testi sonuçları.....	98

Tablo 9.16. Sıcak uygulamasından sonra ve donma-çözünme çevriminden sonra gerilme dayanımı testi sonuçları.....	100
Tablo 9.17. Kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma ve su basıncı dayanımı testi sonuçları.....	100
Tablo 9.18. En iyi dayanım sonuçları elde edilen reçeteler.....	101
Tablo 9.19. 1301-17 nolu karışımın bileşenleri.....	101

GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 2.1. Enerji tasarrufu örnekleri.....	3
Görsel 2.2. Dünya enerji ihtiyacı(2005-2030).....	4
Görsel 2.3. Bir binada oluşan enerji kayıpları.....	6
Görsel 2.4. Dünyada yıllık yalıtım talebi.....	7
Görsel 3.1. Suyun binalara giriş yolları ve etkileri.....	16
Görsel 3.2. Çiçeklenme olayının şematik gösterimi.....	18
Görsel 3.3. Suyun binalara olumsuz etkileri	19
Görsel 3.4. Korozyonun yapıya etkileri	20
Görsel 3.5. Binada su yalıtımı yapılması gereken noktalar.....	24
Görsel 4.1. Sentetik örtü uygulaması.....	29
Görsel 4.2. Bitüm esaslı örtü uygulaması.....	30
Görsel 4.3. Islak hacimde su yalıtım malzemeleri.....	31
Görsel 4.4. Poliüretan esaslı su yalıtım malzemeleri uygulaması.....	32
Görsel 4.5. Bitüm esaslı su yalıtım malzemeleri uygulaması.....	33
Görsel 5.1. Kırık ve boşlukların tamiri.....	38
Görsel 5.2. Kenar köşe birleşim yerlerine pah yapılarak yuvarlatılması.....	38
Görsel 5.3. Pah bandı uygulaması.....	39
Görsel 5.4. Parlak yüzeylerin pürüzlendirilmesi.....	40
Görsel 6.1. Toz polimer proses şeması.....	45
Görsel 6.2. Toz polimer görüntüsü.....	45
Görsel 7.1. Ditomit ve diatomitin SEM görüntüsü.....	53
Görsel 7.2. Bentonit ve bentonitin SEM görüntüsü.....	55
Görsel 7.3. Volkanik tüfün görüntüsü.....	57
Görsel 7.4. Atık lastik tozu görüntüsü.....	61
Görsel 7.5. Atık mermer tozu görüntüsü.....	62
Görsel 7.6. Atık kiremit tozu görüntüsü.....	64
Görsel 8.1. Bir sistem ya da sürecin genel modeli.....	64
Görsel 8.2. Çekme koparma cihazı görüntüsü.....	70
Görsel 8.3. Basınçlı su geçirgenlik cihazı.....	71
Görsel 8.4. Hidrofobik emprenyenin şematik ve uygulama gösterimi.....	74
Görsel 8.5. Emprenyenin şematik gösterimi.....	74
Görsel 8.6. Kaplama malzemesinin şematik gösterimi.....	75

Görsel 8.7. Kiremit tozunu kurutma işlemi.....	79
Görsel 8.8. Mermer tozunun eleme işlemi.....	80
Görsel 8.9. Yüzey hazırlayıcı astar.....	80
Görsel 8.10. Testlerde kullanılan beton karolar.....	82
Görsel 8.11. Deney karışımları uygulanmış kurumaya bırakılan beton karolar.....	83
Görsel 8.12. Su temasından sonra çekme yapışma testi numuneleri.....	84
Görsel 8.13. Sıcak uygulamadan sonra çekme yapışma testi numuneleri.....	84
Görsel 8.14. Su basıncı dayanımı testi.....	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PVC :	Polivinilklorür
EPDM :	Etilen Propilen Dimonomer
HDPE :	High Density Polietilen, Yüksek yoğunluklu Polietilen
CPE :	Klorine Polietilen
CSPE :	Klorosülfone Polietilen / Hypalon
TPO:	Termoplastik Poliolefin
UV:	Ultra Viyole Işın
CYY:	Cevap yüzey yöntemi (Response Surface Methodology)

1. GİRİŞ

İnsan doğası gereği her zaman atmosferik şartlardan kendini korumak istemiştir. İlk insanlar eski çağlardan itibaren dış etkilere karşı kendini korumak için mağara, çadır, barınak oluşturmuşlardır. Yağmur ve fırtına gibi doğa olayları sonucunda meydana çıkan suyun olumsuz etkilerini önleyebilmek amacıyla, mağaralar ve daha sonra oluşturulan ilk çadırlar kullanılmıştır. Bu yolla hava şartlarının olumsuz etkilerinden korunulabilmiştir. Yağmur suyundan korunma gereksinimi sonucu su yalıtımının ilk uygulamaları ortaya çıkmıştır. Bu gereksinim; mağaraların arasına gizlenme, daha sonra çadır kullanma, ilerleyen dönemlerde çatı kavramının ortaya çıkması sonuçlarını doğurmuştur. İlk dönemlerde, yağmurla yukarıdan gelen sudan korunulmaya çalışılmıştır. Fakat zaman içinde, yapılardaki değişme ve gelişmeyle birlikte korunulması gereken suyun yönü ve şartları da şekil değiştirmiştir. Günümüzde, yalnızca doğa olayları ile gelecek olan su değil, yeraltı ve kaynak suları, tüketim amaçlı sular da yapılara zarar verebilir [1].

Binaları etkileyen dış etkenlerinin arasında nem ve suyun çok önemli bir yeri vardır. İnsan vücudunun %65'ni oluşturan, dünya yüzeyinin 2/3'nü kaplayan su molekülü dünyayı meydana getiren en küçük yapı taşlarından bir tanesidir. Su molekülü en küçük çatlaklardan ve deliklerden girebilir. Böylece, su molekülü sıvı fazında su olarak ya da gaz fazında nem olarak yapı bünyesine rahatlıkla girerek zaman içerisinde yapıda ciddi zararlara sebep olabilir. Bu nedenle su ve nem etkisini iyi tanınması ve yapıya verebileceği zararların bütün olarak bilinmesi ve yapı bütününde her türlü önlemin alınması gereklidir [2]. Su yalıtımı için kullanılacak bölgeye göre uygun ürün seçilmesi ve doğru uygulama yapılması çok önemlidir. Yapılan çalışmada, endüstriyel atıklar ve doğal puzolanik malzemeler kullanılarak ekonomik, performansı artırılmış su yalıtım malzemesi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışma ile endüstriyel atıkların değerlendirilmesi de sağlanacaktır.

2. YALITIM

Yalıtım, Arapça kökenli olan tecrit ve Fransızca kökenli olan izolasyon kelimelerinin karşılığı olarak Türkçe'ye giren, bir sözcüktür. Yeni bir kavram olan yalıtım kelimesi yapı sektörü söz konusu olduğunda teknik bir kavramı ifade etmektedir. Yalıtım; malzemenin üretiminden itibaren uygulamasına kadar doğru bir planlama ve çok yönlü detay çalışması gerektiren ve birçok bilim dalı ile ilişkisi bulunan bir sistemler bütünüdür. Bu nedenle, yalıtımın eksiksiz ve doğru biçimde yapılabilmesi ve akılcı çözümlere varılabilmesi için inşaat, ekonomi, fizik, kimya, makine, mimarlık vb. bilim dalları iç içe olmalıdır. Sektör olarak yalıtım, bahsi geçen bu meslek gruplarını kapsayan yeni ve farklı bir sektör olarak görülebilir [3].

Yapıların uzun ömürlü olabilmesi, konforlu, güvenli ve sağlıklı yaşam alanları sağlayabilmesi için dış ve iç etkenlere karşı doğru bir şekilde korunması gereklidir. Dış ve iç etkenlerden korunabilmenin en etkin yolu da yalıtımdır. Yalıtım, uygun yalıtım malzemesi kullanılarak, yaşam alanından dışarı olan enerji akışının en aza indirgenmesi, yaşam alanının dış etkenlere karşı korunması gibi amaçlarla yapılır.

Yalıtım temel ilkeleri doğru detay, nitelikli malzeme ve sağlıklı uygulama olan bir uzmanlık dalıdır. Yalıtım genel olarak ısı, su, yangın ve ses yalıtımı olarak bölümlere ayrılır [1].

Yalıtım türleri kullanıcıya ve binaya birçok avantaj sağlamaktadır. Kullanıcıya maliyet avantajı sağladığı gibi kullanıcıya sağlıklı ve güvenilir bir yaşam alanı sağlar.

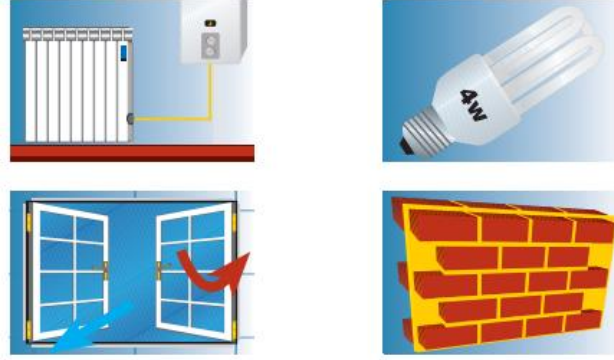
Yalıtım doğru ve eksiksiz bir biçimde yapıldığında;

- * Enerji verimliliği artacak, enerji kayıpları dolayısıyla oluşan maliyetler azalacaktır.
- * Yalıtımın devamlılığın sağlanması için, ekstra maliyet ve güce gerek kalmaz, kalıcıdır ve genelde bakım gerektirmez.
- * Yaşam alanı içindeki konforu artırır. Isı yalıtımı ile soğuk ve sıcaktan, ses yalıtımı ile çevredeki gürültüden su yalıtımı ile suyun zararlı etkilerinden korunabilir.
- * Özellikle ısı yalıtımı, enerji verimliliği sağladığı için, ısınma amacıyla kullanılan ve çevreye zararlı gaz salınımına sebep olan yakıtların kullanımını azaltır[4].

Enerji verimliliği açısından bakıldığında, Dünya'da kullanılan enerjinin %32'si taşımacılıkta; %28'i endüstride kullanılırken %40 binalarda tüketilmektedir. Binalarda tüketilen enerjinin 2/3'ü ısıtma ve soğutmada harcanmaktadır.

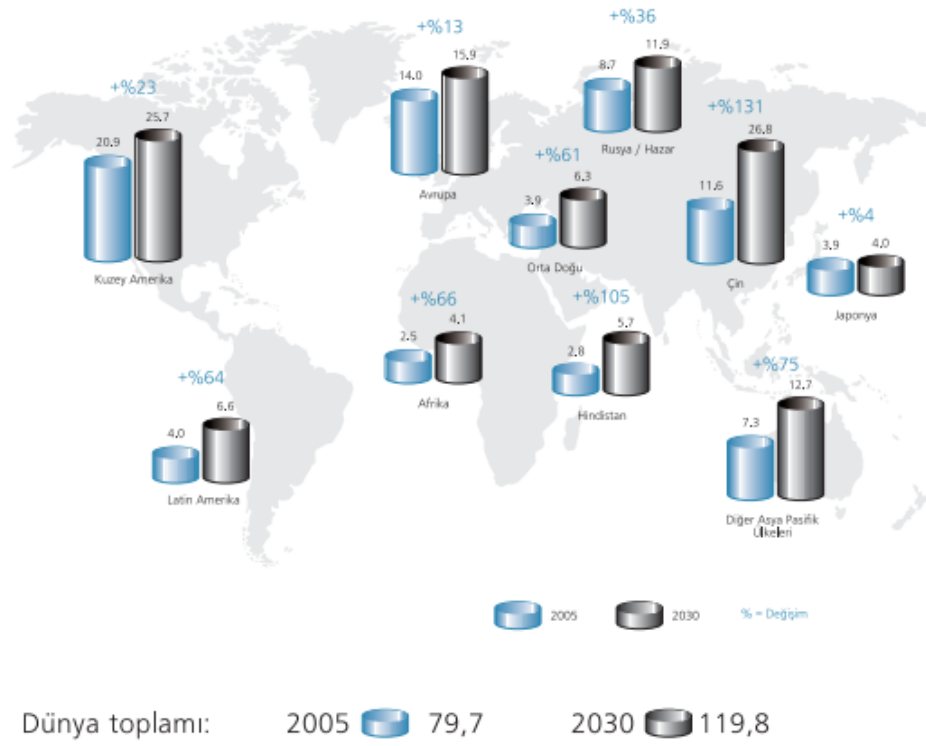
Enerji verimliliği, konfordan ve yaşam kalitesinden ödün vermeden enerji kullanımının düşürülmesi ve bu sayede çevrenin ve enerji arzının sürekliliğinin

korunabilmesidir [5]. Görsel 2.1’de enerji tasarrufu yapmanın çeşitli yolları sunulmaktadır. Yalıtımlı cam kullanmak, ısıtma sistemlerini tasarruflu sistemler seçmek, ekonomik ampuller seçmek ve en önemlisi yalıtım yaptırmaktadır.



Görsel 2.1. *Enerji tasarrufu örnekleri [5].*

Özellikle gelişmekte olan ülkeler gelecekte çok daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacaktır. Dünyanın artan enerji ihtiyacı (MVEP/yıl: milyon varil eşdeğer petrol/yıl) Görsel 2.2’ de verilmiştir. Dünyanın her yerinde artan bir enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Bu nedenle de enerjinin tasarruflu kullanılması ve enerji verimliliğine önem verilmesi önemlidir.



Görsel 2.2. *Dünya enerji ihtiyacı(2005-2030 yılları)*

2.1. Yalıtımın Önemi

Betonarme yapıların ekonomik ömürleri, konutlar için 50 sene, hastane, okul, devlet yapıları, büyük sanat yapıları (tüneller, köprüler vs.) için 75-100 sene olarak öngörülmekte ve bu süreler boyunca yapının güvenli yapı olma özelliğini sürdüreceği varsayılmaktadır. Yapı güvenliği denilince akla ilk gelen şeyler yapının doğru yapılması ve doğru malzeme kullanılmasıyla ilgilidir. Fakat yapının hizmet ömrü boyunca güvenli kalabilmesi için su, ısı, yangın yalıtımlarının da doğru malzeme ve uygulamayla yapılması önemlidir. Yalıtım taşıyıcı sisteminin dış etkilerden korunması, yapının hem güvenli hem uzun ömürlü olması için büyük önem taşımaktadır. Su yalıtımı; yapının zeminden ve diğer etmenlerden kaynaklı su ve nemin zararlı etkilerinden korunmasında, betonda oluşturacağı yapısal etkiler ve demir donatıda meydana getireceği korozyonun önlenmesinde; ısı yalıtımı ise, yapı elemanlarında ısı değişikliklerinden dolayı oluşabilecek donma-çözülme etkilerinin asgari orana indirilmesinde oldukça önemlidir. Yangın yalıtımı, binada oluşabilecek olası yangınların neden olacağı zararlı etkilerin sınırlandırılmasına can ve mal güvenliğini sağlanmasında, ses yalıtımı binaları ve çevreyi

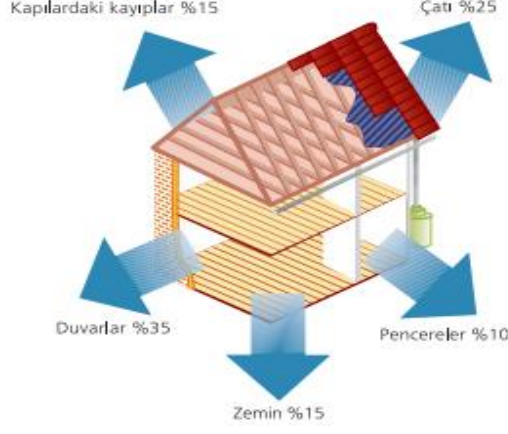
istenmeyen seslerden ve gürültünün zararlı etkilerinden koruması için önemlidir. 4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkındaki Kanun ve ilgili mevzuatlarda yalıtıma özel önem verilmiştir [5]. Yalıtımın yapılması kadar uygun malzeme seçimi ve doğru uygulama yapılması da kritiktir. Eğer yapının yalıtımı doğru yapılmamışsa zamanla aşağıdaki belirtiler görülebilir;

- * Kış aylarında, zeminde ve tavan aralarında çiğlenme ve don meydana gelir.
- * Yapı temelinde, yapının dışından da görülecek şekilde hasarlanmalar meydana gelir.
- * Yaz aylarında, ortam sıcaklıkları artar ve konfor azalır [4].

Eksiz ve devamlılık içeren bir yalıtım yapılabilmesi için, mutlaka tüm yapının ihtiyacı belirlenerek yalıtım yapılmalıdır. Yalnızca yaşam alanlarının yalıtımı, zemin ve tavan yalıtımı olmadan, doğru bir yalıtım yöntemi değildir [3]. Yalıtım yapılacak alanlar detaylı bir şekilde belirlendikten sonra her alana uygun malzeme uygun donanım kullanılarak, önerilen uygulama yöntemleriyle tatbik edilmelidir.

2.2. Yalıtımın Amacı

Bir yapının, yapılış amacına uygun olarak, kullanıcılarına hizmet vermesi ve değerini yıllarca koruyabilmesi, dış ve iç olumsuz etkenlere karşı iyi korunmuş olması ile sağlanabilir. Yapıların dış ve iç etkenlere karşı korunabilmesi de yapının yalıtımlı olup olmamasıyla yakından ilgilidir. Yalıtım; yapıyı, taşıyıcı sistemi ve yapı bileşenleri ile birlikte, tüm bu iç ve dış etkenlerden korumayı, güvenli, konforlu ve sağlıklı mekânlar oluşturmayı amaçlar. Yapıların ömrünü uzatmak, bakım masraflarını azaltmak ve kullanıcı için sağlıklı, güvenli ve konforlu mekanlar oluşturmak ve bu çalışmaların devamlılığını sağlamak yalıtımın temel amaçlarıdır. Yalıtım, enerji tasarrufu, konforlu yaşam, gürültüsüz, güvenli ve sağlıklı mekânlar için bir zorunluluktur [6]. Yapılarda cam, kapı, duvar ve bacalardan kaynaklanan ısı kaybı Görsel 2.3'de gösterilmiştir. Binalar duvarlardan %35, çatıdan %25, zeminden ve kapılardan %15 ve pencerelerden yaklaşık %10 oranında enerji kaybederler. Bu enerji kayıplarını önlemek için uygun ürünlerle doğru uygulamayla yalıtım yapılması gereklidir.



Görsel 2.3. Bir binada oluşan enerji kayıpları [6].

2.3. Yalıtımın Faydaları

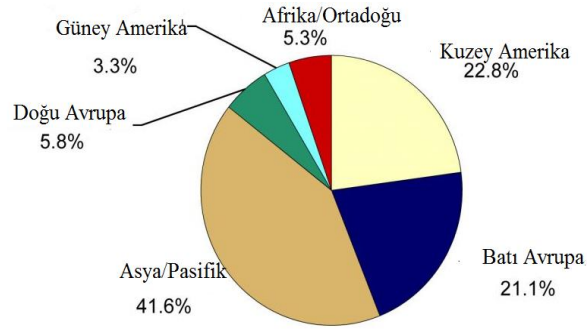
Yalıtım, daha önce de belirtildiği gibi, yapıların iç ve dış etkenlerden doğru etkin ve sürekli bir biçimde korunmasıdır. Yalıtımın bina ve kullanıcılar üzerine faydaları bulunmaktadır. Yalıtım, dış etkenlerin yapı üzerindeki olumsuz etkilerini önleyerek, yapının sağlam ve güvenli olmasını ve yapıların kullanım ömrünü uzatır. Yapının sağlamlığı, bu yapıları kullanan insanların can güvenliği açısından da hayati önem taşımaktadır. Yalıtım, kullanıcıların sıhhi, sağlıklı, konforlu ortamlarda yaşamaları içinde oldukça önemlidir. Kullanıcıları dış etkenlerin zararlarından korumak, konforlu yapılar oluşturmak için yalıtım uygulaması yapılır. Bu faydaların yanı sıra yalıtım, ekonomik açıdan da avantajlar sunar. Enerji tasarrufu sağlar ve yalıtım yapılmaması nedeniyle oluşacak hasarlar için tamirat masrafını azaltır. Yapılan yalıtımın tasarruf etkisini kısa dönemde açıkça görmek mümkün olmamaktadır. Fakat gerçek bir tasarruf etkisinden bahsetmek istiyorsak yalıtım, bina içinde ve dışında bir bütün olarak düşünülmelidir. Yalıtımın bina üzerindeki faydasını görmek için, binalar dış ortamdan gelen tüm faktörlere karşı bütün olarak korunmalıdır. [3].

2.4. Dünya’da ve Türkiye’de Yalıtım

Dünya’da, günümüz anlamında yalıtım ile ilgili çalışmalar, 20. yüzyılın başında yapılmaya başlamıştır. Ancak yalıtım uygulamaları açısından, 1970’li yıllardaki petrol

krizi önemli bir dönüm noktası oluşturmuştur. Bu tarihten sonra, enerji tasarrufu önlemleri çerçevesinde ısı yalıtım öne çıkmış ve bu konuda ciddi adımlar atılmıştır.

Dünya Yalıtım Endüstrisi 2016 ve 2021 yılları için yayınladığı tahminlerin, yeni raporuna göre, küresel yalıtım tüketim miktarının %5'den fazla artması beklenmektedir [7]. Görsel 2.4' de görüldüğü gibi yalıtım talebinin büyük bir kısmı Asya ve Pasifik ülkeleri tarafından karşılanmaktadır. Yalıtımla ilgili çalışmaların en az yapıldığı ülke ise Güney Amerika'dır.



Görsel 2.4. Dünyada yıllık yalıtım talebi [8].

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi toplam yalıtım talebinin büyük bir kısmını Kuzey Amerika kaplamaktadır ve yalıtım payı yıllara göre artmaktadır.

Tablo 2.1. *Dünya yalıtım talebi ve yıllık büyüme [8].*

DÜNYA YALITIM TALEBİ					
(milyon metre kare R1 değeri)					
				% Yıllık Büyüme	
	2004	2009	2014	2004-2009	2009-2014
Yalıtım Talebi	16390	17930	22850	1,8	5,0
Kuzey Amerika	5647	4285	5970	-5,4	6,9
Batı Avrupa	4345	4300	4795	-0,2	2,2
Asya/Pasifik	4485	6856	9020	8,9	5,6
Diğer Milletler	1913	2489	3065	5,4	4,3

2009-2014 yılları arasında yalıtım payı en yüksek olan kıtalar ise Kuzey Amerika ve Asya/Pasifik'tir [8].

Yalıtım sektöründeki gelişmeler son 50 yılda olmuştur. Başlangıçta, sektör hızla büyürken, son 20 yılda, gelişmiş ülkelerdeki inşaat yatırımlarının azalmasıyla bu büyüme hızı yavaşlamıştır. Sektördeki büyüme hızının yavaşlamasıyla teknolojik gelişmeler de yavaşlamıştır. Sektördeki son gelişmelerle, yeni ürünlerin geliştirilmesinden çok, var olan ürünlerin verimliliğinin ve uygulama kolaylığının arttırıldığı yenilikler önem kazanmaktadır.

Uzak geçmişte, binalar yapılırken, basit barınma ihtiyaçlarının yanı sıra özellikle çevre koşulları da dikkate alınmakta, yalıtıma ilişkin çözümlere yer verilmekteydi. Bu çözümler, geleneksel Türk evlerinde de görülmektedir [9]. Geleneksel mimaride, ev zeminden bir kat yukarıda yer almaktaydı. Yapının alttaki bölümü hayvanlar için ahır veya depo olarak kullanılmaktaydı. Bunun nedeni ısınma kaynaklıdır. Yine yapıların konumu, kış rüzgârlarını almayacak şekilde belirlenirdi.

Diğer ülkelerin yapı tasarımlarında da benzer çözümlere rastlanır. Ancak, dünyada, yalıtımın bir uzmanlık alanı haline gelmesi, 1920'lerden itibaren başlayan uzun bir süreçte gerçekleşmiştir. Türkiye'de ise yalıtım konusunun bir uzmanlık alanı olarak görülmeye başlaması henüz çok yenidir.

Cumhuriyetten sonra, Türkiye'nin hızla artan nüfusu ve bu nüfusun kentlerde toplanması, inşaat sektörünün hızlı bir biçimde büyümesinin önünü açmıştır. Ancak, bu büyümenin belirli bir planlamanın parçası olarak gerçekleşmediğini söylemek gerekir. Bu nedenle, kendini sürekli yenileyen ve uluslararası standartlarda geliştiren inşaat

sektörünün içinde, kuralsız ve denetimsiz bir alan her zaman var olmuştur. Bunun bir başka olumsuz etkisi ise, inşaat sektörünün bir alt sektörü olarak faaliyet gösteren yalıtım sektörünün ve yalıtımın ihmal edilmesi olmuştur. Gerek maliyetler gerekse de bilinçsizlik nedeniyle, yalıtım yapılarında ihmal edilebilir bir unsur olarak görülmüştür. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre, Türkiye'de 2000 yılından sonra yapılan yapılarda, standartlarla ısı yalıtımı zorunlu hale getirilmesine rağmen, bu tarihten itibaren yapılan binaların sadece %8'inde kurallara uyulduğu tahmin edilmektedir.

Yalıtım sektörünün dünya genelinde 200 yıla ulaşan geçmişi olmasına rağmen Türkiye'de yalıtım sektörünün gelişimi son 100 yılda olmuştur. Türkiye'de üretilen ilk yalıtım malzemesi cam yünüdür ve İzocam Gebze tesislerinde 1967 yılında üretilmiştir. Sonraki yıllarda, ülkemizde sanayileşmenin gelişimiyle birlikte plastik esaslı malzemeler, köpükler, lifli malzemeler, sürme esaslı malzemelerin üretimine başlanmıştır. Günümüzde yalıtım sektörü, dünyadaki gelişimine paralel olarak ülkemizde de her geçen gün büyümekte ve kapsamı genişlemektedir [10]. Yalıtım konusunda toplumu bilinçlendirmek için dernekler kurulmuş, yasal zorunluluklar getirilmiştir.

5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve bu kanuna bağlı olarak çıkartılan Binalarda Enerji Performansı yönetmeliğine göre; 1 Ocak 2011 tarihi itibari ile 50 m² üzeri inşaat alanına sahip tüm binalarda Enerji Kimlik Belgesi çıkarılması zorunlu hale getirilmiştir. Bu kanunla, Enerji Kimlik Belgesinin olmaması cezai uygulamalara sebep olmaktadır ve ısı yalıtımını zorunlu hale getirmiştir. Su yalıtımının zorunlu hale getirilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

2.5. Yalıtım Türleri

Yalıtım türleri, yapıyı koruyan önlemler ve kullanıcıyı koruyan önlemler olarak iki başlık altında ele alınabilir. Yapılar, bulunduğu çevreden kaynaklan olumsuz etkenlerden etkilenir. Yalıtım, bu dış etkenleri kontrol altına almayı amaçlar. Yapıyı dıştan etkileyen ve zarar verebilecek etkenler; güneş ışığı, kar, rüzgâr, yağmur sızıntı suyu, zemin suları, aşırı sıcak ya da soğuk olarak sayılabilir. Binayı olumsuz etkileyebilecek bu etkenlerle birlikte, kullanıcıya doğrudan zarar verebilecek gürültü ve ses gibi etkenler de vardır [7]. Bir yapıda tüm yalıtım türlerinin yapılması gerekmektedir. Yapının bulunduğu konuma ve özelliklerine göre herhangi bir yalıtım türüne daha fazla önem gösterilmesi ve farklı malzemelerle yalıtımın yapılması gerekliliği doğabilir. Gürültünün fazla olduğu yerlerde

ses yalıtımına önem verilmesi, basınçlı su altının bulunduğu bir yerde su yalıtımına önem verilmesi gibi çeşitli önceliklendirmelerle yalıtım bir bütün olarak yapılmalıdır.

Bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda yalıtım; ısı, ses, yangın ve su yalıtımı olarak 4 ana başlıkta incelenebilir.

2.5.1. Isı yalıtımı

Isı yalıtımı, yapılarda ve tesisatlarda ısı kayıp ve kazançlarının sınırlandırılması ve sıcaklıkları farklı olan iki ortam arasındaki ısı transferini azaltılması için yapılan uygulamalar bütününe “ısı yalıtımı” denir. Isı yalıtımı yaparak binanın ömrünü uzatmak, kullanıcıya sağlıklı, güvenli, konforlu yaşam alanları sunabilmek ve bina kullanım aşamasında ısınma ve soğutma giderlerinde kazanç sağlanabilir. Isı yalıtımını kışın ısınmak, yazında serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltmak için binaların dış cephe duvarlarında, çatılarda, cam ve doğramalarında, tesisat ve döşemelerinde ısı geçişini azaltmaya yönelik önlemler alınması olarak da tanımlayabiliriz. Isı yalıtımı uygulamaları ile yaşam alanlarda konfor artar, çevreye zararlı gazların salınımı azaltılabilir ve hava ve çevre kirliliği azaltılabilir. Yapılarda, uygulama esaslarına uygun şekilde yapılan ısı yalıtımının kullanıcılar ve kentler açısından pek çok yararı vardır. Bu yararlardan en önemlisi, ısı yalıtımının yapının ısınma soğutma işlemleri için kullanılan enerji miktarı azaltılarak enerji tasarrufu sağlamasıdır. [11].

Isı yalıtımı bir sistemdir. Genel olarak mantolama sistemleri olarak adlandırılırlar. Isı yalıtımında kullanılan ana malzemeler olan ısı yalıtım malzemeleri; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılması amacıyla kullanılan yüksek ısıl dirence sahip özel malzemelerdir. ISO ve CEN standartlarına göre, ısı iletkenlik katsayıları $0,0065 \text{ W/m.K}$ 'nin altında olan malzemeler, ısı yalıtım malzemeleri olarak adlandırılır. Günümüzde ısı yalıtım sistemlerinde yaygın olarak cam yünü, taş yünü, XPS (ekstrüde polistiren köpük), EPS (genleştirilmiş polistiren köpük), gazbeton gibi malzemeler kullanılmaktadır.

2.5.2. Ses yalıtımı

Gürültü, farklı frekans bileşenlerine sahip olan, düzensiz yapılı ve genellikle zamana göre değişken olan istenmeyen ses topluluğudur. Konut, işyeri, okul, gibi yapılar ile çevreyi istenmeyen seslerden yalıtarak gürültünün zararlı etkilerinden korunmak; kayıt stüdyoları, konser salonu, sinema gibi mekânları sessizleştirerek yalıtım için

uygun koşullarını oluşturmak; kalorifer dairesi, jeneratör, hidrofor gibi gürültülü alanları yalıtarak çevreye yaydıkları gürültüyü azaltmak amacıyla yapılan uygulamalar bütününe “ses yalıtımı” olarak adlandırılır. Yapılarda ses yalıtımı, bina dışında meydana gelen gürültünün içeriye veya yapı içinde bir ortamdaki gürültünün diğer ortamlara geçmesinin önlenmesidir. Ses yalıtımı, temel olarak gürültünün insan üzerinde oluşturacağı fizyolojik ve psikolojik zararlı etkileri en aza indirmek amacıyla alınacak önlemler bütününe olarak da tanımlanabilir [12].

Kapalı bir ortamda sesin yansıma süresini düzenleyen, gösterdiği dirençle ses enerjisini mekanik enerjiye ve ısı enerjisine dönüştüren malzemelere ses yalıtım malzemeleri denmektedir [13]. Ses yalıtım malzemesi olarak, yumuşak poliüretan esaslı köpükler, camyünü, taşyünü, ahşap yünü, melamin köpüğü, keçe gibi materyaller kullanılırlar.

2.5.3. Yangın yalıtımı

Yangınların zararlı etkilerinin sınırlandırılmasını sağlamak amacıyla, meydana gelebilecek bir yangında can ve mal kaybını en aza indirmek için alınan önlemler ve can ve mal güvenliğini sağlayıcı yapısal önlemler bütününe “yangın yalıtımı” denmektedir. Yangından korunma denildiğinde yangın söndürme sistemleri ve duman detektörü gibi aktif koruma sistemleri olarak isimlendirilen uyarı sistemleri akla gelmektedir. Aktif koruma sistemleri, yangın güvenliğinde önemli bir rol oynamasına karşın, yangının başlamasından sonra devreye girer ve mekanik arıza gibi sorunlar oluştuğunda işlevini tam olarak yerine getiremeyebilirler. Bu sebeplerden dolayı; aktif önlemlerin yanı sıra yangının ve zararlı etkilerinin, yapı ve çevresinde yayılmasını yavaşlatacak, kişilerin yangın bölgesinden güvenli şekilde boşaltılmasına imkan sağlayacak yapısal önlemler alınması gereklidir. Bu şekilde, yangın büyümeden müdahale etme olanağı tanınır can ve mal kayıpları azaltılır [13].

Yangın yalıtımında kullanılan malzemeler, yalıtım, yük taşıma, bütünlük gibi özellikleri kazandıran ve yüksek ısılarda yanmazlık özelliklerine sahip olan malzemelerdir.

Yapıların taşıyıcı sistemlerinde, çatı-duvar döşemelerinde, kapı ve camlarında, derzlerinde, boru ve havalandırma kanalı geçişlerinde, şaftlarında, elektrik tavaalarında, kaçış yollarında uygun malzeme ile yangın yalıtımı yapılmalıdır [14].

3. SU YALITIMI

Su yalıtımı kavramı, ilk olarak yağmur suyundan korunma ihtiyacı sonucu ortaya çıkmaktadır. İnsanlar su ve zararlı etkilerinden korunma ihtiyacı sonucu, mağaralara ve kayaların arasına gizlenmiş, ilerleyen zamanlarda da çatı kavramı ortaya çıkmıştır. Eski dönemlerde korunulması gereken yukarıdan gelecek olan su olsa da, zaman içinde, yapılardaki teknolojik gelişmeyle birlikte sakınılacak suyun yönü ve şartları da değişiklik göstermeye başlamıştır. Artık yalnızca hava koşulları nedeniyle dışarıdan gelecek su değil, yeraltı suları, kullanım suları gibi sularda binalara zarar verebilir konumdadır [1].

Su yalıtımı ile sadece malzemenin yapısının iyileştirilmesi sağlanmamış, aynı zamanda yapıyı, geçirimsizliğin sağlandığı bitüm, katran gibi malzemelerle sararak suyun ilerlemesi engellenmeye çalışılmıştır. 3000 yıl boyunca kullanılan bitümün taşıyıcı niteliğinde organik liflerle geliştirilmesiyle kullanımının zamanla geliştirilmesi sonucunda, günümüzde basınçlı suya karşı oldukça yoğun olarak kullanılan, geliştirilmiş polimer bitümlü su yalıtım malzemeleri elde edilmiştir. İlerleyen teknoloji ile birlikte su yalıtımında kullanılan malzemelerden ve tekniklerinden oldukça iyi sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır [14].

3.1. Su Yalıtımının Amacı

Su yalıtımının amacı, suyun yapıya etki etme şeklinden bağımsız olarak, yapıya, bir bölümüne veya kapsadığı hacimlere zarar vermesini önlemektir. Su nem, buhar vs. gibi farklı formlarda ve farklı yerlerden yapılara etki etmektedir. Suyun, yapı üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin önlenmesi ve düzenlemelerin doğru biçimde çözümlenmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Burada yapıya etki edebilecek su deyince akla ilk gelen; yapının toprak üstünde kalan kısmını, çatıyı etkileyen yağışlar ya da toprağa nüfuz edip yapının toprak altı kesimlerini etkileyen yer altı sularıdır. Yapının bütünlüğünün bozulmaması için tüm bu suların yapının dışında tutulması gerekir. Bu da ancak yalıtımla mümkün olabilir. Su yalıtımı bir sistem olarak düşünülebilir. Doğru bölgeye doğru ürünün belirtilen şekilde uygulanması sonucu suyun olumsuz etkilerden korunmak mümkün olacaktır.

Sadece yapının dışından gelen su değil, yapı içinde kullanım sonucu oluşan su da yapıya zarar vermektedir. Su yalıtımının amaçlarından biri de yapıyı ve yapı elemanlarını su depoları ve ıslak hacimlerde olduğu gibi kullanılmış suyun etkilerinden korumaktır.

Bina zemin ve yer altı suları dışında toprakta bulunan kimyasal maddelerden ve olumsuz etkilerinden de korunmalıdır. Kimyasal maddeler yapıyı en az suyun olumsuz etkileri kadar etkilemektedir. Özet olarak, su yalıtımının amacının yapıyı su, suyun taşıdığı kimyasal maddeler ve bunların tüm zararlı etkilerinden korumaktır [15].

3.2.Yapıları Etkileyen Su Türleri

Yapıları etkileyen su türleri toprakaltı sızıntı suyu ve yeraltı suları, havadaki nem, toprak nemi, doğa olayları ve yapı içindeki sızıntı suyu olarak sınıflandırılabilir.

3.2.1. Toprakaltı sızıntı suyu ve yer altı suları

Yağışlar ve doğa olayları sonucu toprakta biriken, sızıntı suları, geçirimli toprak tabakalarının arasından yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru inerken, geçirimsiz bir tabakaya rastladıklarında burada birikerek yer altı sularını oluştururlar. Sızıntı suları, belirli bir seviyeye kadar geçirimsiz tabakanın üzerinde yer alan geçirimli tabakanın toprak taneleri arasındaki hava boşluklarını su ile tamamen doldururlar. Diğer bir deyişle suya doymuş bir bölge oluşur. Bu bölgenin üzeri bir yüzey oluşturur. Bu yüzeye yer altı su seviyesi ya da su tablası adı verilmektedir. Geçirimsiz tabakalarda biriken ve zemin cinsine bağlı kapillarite ile süreklilik kazanan zemin neminin dışında, derinlerde olduğu kadar yüzeylere yakın bu birikim ve doymuşluk bu bölümde yer alan yapı yüzeylerine basınç etkisi yapar. Sızıntı sularının yağışlı mevsimlerde artması veya kurak mevsimlerde azalması sonucunda; yer altı sularının en yüksek seviyesi yükselmekte veya alçalmaktadır. [16].

Yapısal sular, yapısal nedenlerle aksama olup olmamasına göre basınçlı, basınçsız sular ve toprak nemi olmak üzere üçe ayrılabilir.

3.2.1.1. Basınçsız sular

Yüzey ve sızıntı suları akışları nedeniyle basınçsız sular olarak adlandırılabilir. Akabilen ve damlayan sular da basınçsız sular tanımlamasına girer. Basınçsız sular, özellikle yağışlı mevsimlerde toprak basıncına neden olduklarından yapı duvarlarından geçici olarak az miktarda hidrostatik basınç oluştururlar. Zemine sızan suların zemin tanecikleri arasında boşluklara dolarak ağırlıkları ile daha derinlere inmesi suyun

hareketini belirler. Bu süreçte yapı duvarları ile su arasındaki etkileşimin engellenmesi yalıtım yapılmasıyla sağlanabilir.

3.2.1.2. Basınçlı sular

Yapı üzerinde hidrostatik basınç yaratan basınçlı sular, yüzeysel suların ve sızıntı sularının geçirgen olmayan tabakada yükselerek zemin gözeneklerini doldurması sonucunda meydana gelir [17]. Bu suların diğer bir adı da birikinti sularıdır. Basınçlı suyun yapı elemanlarına zarar vermemesi için yalıtım yapılması gereklidir. Suyun basınçlı veya basınçsız olmasına göre yalıtım için farklı ürünler seçilmelidir

3.2.1.3. Toprak nemi (Kapiler)

Yeraltı suyunun önemli bir unsurudur. Zemin taneleri üzerinde ve arasında adezyon (moleküller arası çekim) veya kapiler yolla yapı bünyesine giren ve asılı kalan az miktardaki sulardır. Üzerinde yaşadığımız enlemde zemin nemi; zemin ve sızıntı suyuna bağlı olmaksızın sürekli vardır. Toprak neminin etki derecesi zemin türüne göre değişiklik gösterebilir [18].

3.2.2. Havadaki nem

Hava içindeki su buharı; kondensasyon, terleme ve nemlenme gibi yapı elemanlarına zarar veren etmenlerin başında gelmektedir. Coğrafi bölgelere göre değişiklik gösterse de nem, tüm koşullarda yapıyı etkilemektedir. Suyun sıvı veya katı halde olması için belirli sıcaklık koşullarının sağlanması gerekirken, su buharı her sıcaklıkta oluşmaktadır. Su buharı, doğal olarak havadaki nemin daha yoğun olduğu bölgelerde daha fazla olmaktadır. Sıcaklık düştükçe havanın tutabileceği su buharı miktarında azalma, sıcaklık yükseldikçe su buharı miktarında artma olmaktadır. İçinde su buharı olmayan havaya ise kuru hava denir.

Havadaki nem etkisine karşı da suyun olumsuz etkilerine karşı olduğu önlem alınmalıdır. Neme karşı yalıtım yapılırken, özellikle yer kabuğunun hava geçirgenliğini engellemeyecek, iç ve dış ortam arasında nem geçişine imkân verecek şekilde yalıtım yapmak önemlidir. Nem geçişinin engellendiği durumlarda, iç ortamdan dışarı çıkamayan

nem, içerideki havanın kalitesinin bozulmasına neden olacaktır. Bu durum insan sağlığını olumsuz olarak etkileyecektir [6].

3.2.3. Doğa olayları

Yağmur, kar, dolu, çığ gibi doğadaki su dolaşımının sonucu olan sular, yapının dış yüzeyine doğrudan etki ederek yapılarda önemli su ve nem sorunlarına yol açmaktadır. Bu tür sular, toprağa karışarak yer altı sularını ve toprak nemini de meydana getirir, yapıyı yüzeysel olarak kapilarite yoluyla etkiler ve şiddetli rüzgarlarla beraber kısmen de olsa yapıya basınçlı su etkisinde de bulunabilirler.

Yağış etkisi ile oluşan su, yapı dış kabuğunun zayıf nokta ve ara kesitlerini zorlamaktadır. Cephe duvarlarına etki eden yağış nedeni ile duvar kaplamalarından yapı içine su sızmaktadır. Kapilarite yolu ile ve cephe yüzeyindeki çatlaklar ile yapının suyu içine alması ve ilişkide olduğu yapı elemanlarına iletmesi sonucu yapıda hasarlar meydana gelmektedir. Yağmur, kar, dolu biçiminde yapıyı yüzeysel olarak etkileyen sulara karşı yapının dış duvarında hem yüzeysel olarak hem de duvar bünyesinde yalıtım yapılmalıdır [14].

3.2.4. Yapı içindeki sızıntı suyu ve nem

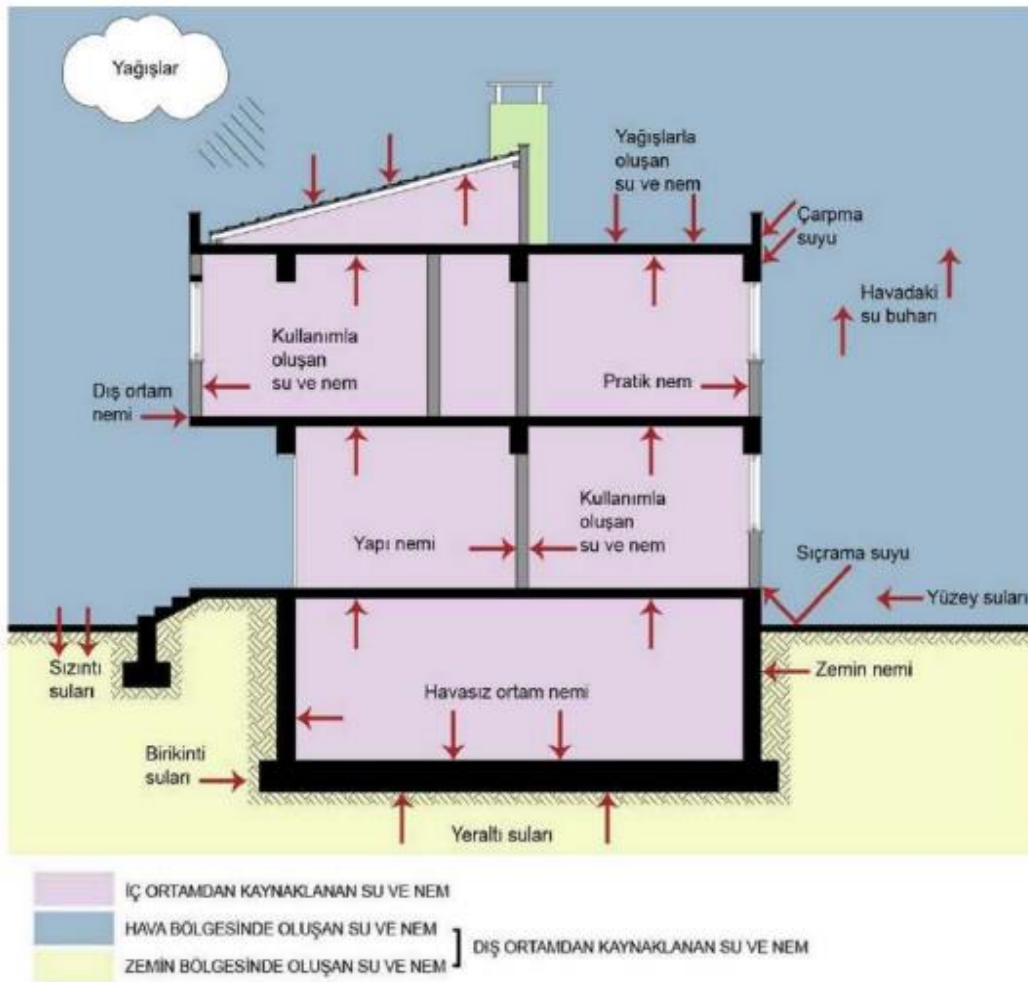
Yapı dış kabuğundan her türlü su ve nem, kullanımdan kaynaklanan ıslak hacimlerdeki buharlaşmalar, kullanım suları, sıcaklık farkından oluşan terleme suları ve yapı elemanları bünyesinde var olan nem bu kapsamda yer almaktadır. Çeşitli yollarla oluşan su ve nem, yapı içine sızarak insan ve yapı sağlığı açısından tehlikeli bir ortam yaratmaktadır.

3.2.3.1. Kullanımdan oluşan su ve nem

Yapı kullanıcıları ile mutfak, banyo gibi ıslak hacimler ve bitkiler nedeniyle oluşan su ve nemi kapsamaktadır. Yapı kullanıcıları, solunum ve terleme yoluyla nem üretmektedir. Ayrıca su ve ısıtma döşemelerinin hatalı yapılması sonucunda su sızmaları oluşur. Yapı içinde yetiştirilen bitkilerin solunumları sonucu açığa çıkan nem ya da su gereksinmelerini karşılamak amacıyla dökülen sular da kullanımdan kaynaklanan su ve nem olarak değerlendirilebilir.

3.2.3.2. Yapıların kendi bünyelerinde var olan nem

Yapı elemanları bünyesinde pratik nem (sürekli nem) ve yapı nemi (özgül nemlilik) olmak üzere iki çeşit nem bulunmaktadır. Pratik nem, yapı bünyesinde sürekli var olan malzemenin içinde bulunduğu çevre koşulları sebebiyle oluşan nemdir. Görsel 3.1’ de görüldüğü gibi binalar birçok olumsuz dış etkenlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunlar yağmur, toprak suyu ve zemin suyu şeklinde olabilir [15]. Yağışlar, kullanım suları, yeraltı zemin suları gibi çeşitli nedenlerle binaya giren sular bina üzerinde olumsuz etkilere sebep olurlar.



Görsel 3.1. Suyun binalara giriş yolları ve etkileri [2].

3.3. Suyun Olumsuz Etkileri

Binalarda görülen su sorunlarını kentsel ölçekte su sorunları ve bina ölçeğinde su sorunları olarak 2 ana başlıkta toplamak mümkündür.

3.3.1. Kentsel ölçekte su sorunları

Yoğun yağışlar sonucu oluşan su baskınları, altyapı yetersizliği ve bakımsızlığı, yapılaşma alanlarının yanlış seçim ve doğal ortamın tahribi gibi nedenlerle oluşan büyük sorunlar kent ölçeğinde su sorunları olarak ele alınabilir. Kentsel ölçekte su, can ve mal kaybına, büyük ölçekli maddi hasarlara, bulaşıcı hastalıklara neden olmaktadır. Bu nedenle su yalıtımı yapılması kentsel ölçekte de son derece önemlidir.

Suyun olumsuz etkileri nedeniyle, korozyona uğrayan ve taşıma kapasitesi düşen bir bina olası bir depremde ciddi hasarlar görebilir. Su yalıtımı yapılmamasının yaratacağı en büyük sorunlardan bir tanesi, yapının deprem durumunda sağlamlığının azalmasıdır. Bu sorunların çözümü uzun vadeli olup, acil önlemler ve yardımlar, kent dışı maddi destekler gerektirmektedir [19].

3.3.2. Bina ölçeğinde su sorunları

Su ve nem sorunu yapı ve insan sağlığını etkileyen en önemli sorunlar arasında sayılabilir. Yapı bünyesine çeşitli yollarla giren su ve nem yapı elemanlarında dış ve iç ortamda çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır.

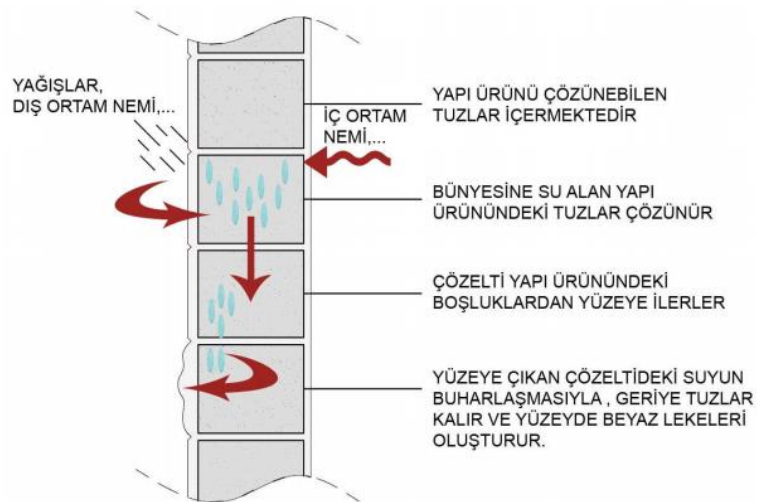
3.3.2.1. İç ortam nem dengesinin bozulması

Suyun yapı üzerinde olumsuz etkileri sonucu, iç ortamlarda nem oranının artar ve belli değerlerin üzerine çıkar. Bu durum, soğuk ve sıcak ortamdaki sıcaklığın daha fazla hissedilmesine yol açar. Soğuk ve sıcak ortamlar yaşam alanlarının konforunu olumsuz etkiler ve kullanıcılar üzerinde çeşitli rahatsızlıklara yol açabilir. Ayrıca nem oranının %30'un altında olduğu iç ortamlar ise kuru hava olarak adlandırılır. Bu tür alanlar mikrobik hastalıkların oluşması ve yayılması için elverişli ortamlardır.

3.3.2.2. Çiçeklenme

Suyun, beton boşlukları içinde, kapiler boşluklar arasından ilerleyerek beton yüzeyine ulaşması ve orada buharlaşarak bünyesinde bulunan tuzların kristal halinde yüzeyde toplanması olayı çiçeklenme olarak adlandırılmaktadır. Suyun yüzeye çıkmasıyla, betonda daha önce doldurdukları yer boşluk olarak kalır. Bu durumda betonun dayanıklılığını doğrudan etkilemektedir. Boşluk suyu içinde bulunan kalsiyum hidroksit, yüzeyde hava içinde bulunan karbon dioksit ile birleşerek kalsiyum karbonat oluşturur. Yüzeyde beyaz-gri renkli tuzların oluşturduğu dalgalanmalar oluşur [19]. Bu duruma çiçeklenme denir.

Çiçeklenme, beton yüzeylerinde beyaz bir tabaka oluşturarak görüntünün bozulmasına neden olur. Betonun içinde bulunan kalsiyum hidroksitlerin az miktarda çözünmesi betonun dayanımını önemli bir ölçüde etkilemekle birlikte çözünmenin fazla olmasıyla beton boşluklu bir yapıya sahip olur. Betonun yapısında boşlukların artması geçirimsizliğin de doğru orantılı olarak artmasına ve bunun sonucunda dayanımının da önemli ölçüde düşmesine neden olur. Özellikle toprakla temas eden bodrum duvarını oluşturan beton yüzeylerde çiçeklenme olayı sıklıkla gözlenir [20]. Görsel 3.2' de de özetlendiği gibi, suyun yapı elemanı bünyesine girerek içerisindeki tuzları çözmesi, ısının azalmasıyla buharlaşması sonucu, tuzların dış cephede beyaz lekeler ve iç yüzeylerde tüysü maddeler oluşturmaktadır.



Görsel 3.2. Çiçeklenme olayının şematik gösterimi [21]

3.3.2.3. Taşıyıcı sistemde hasar oluşması

Su, beton üretim ve uygulama aşamasında kullanılmasına rağmen, sertleşmiş beton üzerinde olumsuz etki yapmakta ve çeşitli hasarlara neden olabilmektedir. Suyun etkisi sadece betonarme yapılarda değil, ahşap, kerpiç ve taş malzemeyle yapılan yapılarda ve gerekli özel ve detay önlemleri alınmazsa çelik yapılarda da meydana gelebilir.

Beton yapılarda, suyun beton içerisine nüfuz etmesi durumunda, sıcaklık değişikliklerine bağlı olarak donma-çözünme reaksiyonu meydana gelir. Bu çevrim sırasında su sıvı halden katı hale geçerken hacminin %9'u kadar genişir ve neticede beton parçalanır. Görsel 3.3' te suyun binalara olumsuz etkilerinden olan taşıyıcı sistemin hasarlanması görülmektedir.



Görsel 3.3. *Suyun binalara olumsuz etkileri [14].*

3.3.2.4. Akma, damlama ve kaplamalarda kabarmalar

Tavan yüzeylerinin sıcaklık düzeyleri, temasta buldukları havanın çiğlenme noktasına eşit veya düşük olması ile havadaki nemin belirli bir miktarı, o yüzeyde su damlacıkları şeklinde belirir. Bu durum, yapı ürünlerini nemlendirir ve tavan yüzeyinde akma ve damlamalara neden olur.

Yağmur suyundan veya su buharından oluşan su, kimyasal yapı ürünlerini çözer. Hızlı buharlaşma olmayan kesitlerde suda bulunan tuzlar duvar içinde yüzeye yakın yerlerde çöker ve şişer. Çöken tuzlar yüzeylere basınç uygulayarak kaplamanın altında yüzeye bağlantısız kabuklar oluşmasına neden olur. Bunun sonucu olarak ise kaplamalarda kabarma ve dağılmalar meydana gelir [14].

3.3.2.5. Korozyon

Korozyon, metal ya da metal alaşımlarının oksitlenme veya diğer kimyasal etkilerle aşınması durumudur. Alüminyumun oksitlenmesi, demirin paslanması gibi durumlar korozyona örnek olarak verilebilir. Betonun pH değeri 12–13’ler seviyesinde ve baziktir. Demirin pH değeri 6’lar mertebesinde ve asidiktir. Korozyonun oluşması ile birlikte beton pH değerini kaybeder ve asidik etki göstermeye başlar. Korozyona, yapıya giren su sebep olur. Betonun korozyonunun bir diğer şekli, betonun bünyesinde yeni tuzların meydana gelmesiyle oluşur. Betonun çimentosunun içindeki serbest kireç, asitlerle veya asitli tuz eriyikleri ile temasta bulunduğu kalsiyum tuzları meydana gelir. Bu yeni tuzlar betonun bünyesini değiştirirler, bağlayıcılığını azaltır veya yok ederler [22]. Görsel 3.4’ de görüldüğü gibi suyun zararlı etkileri betonun paslanması ve binada korozyona sebep olması görülmektedir. Betonun paslanması binanın taşıyıcı yükünün azalmasına deprem gibi durumlarda binanın yıkılması gibi sonuçlar doğurabilir.



Görsel 3.4. Korozyonun yapılara etkileri [23].

Atmosfer etkisinde kalan demir yüzeyinde oluşan demir oksit veya demir hidroksit tabakasının bünyeden ayrılması, kütlede ağırlık kaybına neden olur. İhmal edilebilecek düzeyde olan bu kayıplar %600'e varan hacim artışına neden olur. Bu hacim artışı betonarme elemanlarda, donatıda meydana gelirse, betonun çatlamasına ve parçalanması gibi sonuçlara sebep olur [1]. Korozyon, yapının taşıyıcı yükünü kaybetmesi şeklinde binaya ciddi hasarlar verecek sonuçlar da doğurabilir [23].

3.3.2.6. Bakteri oluşumu

İç ortamda nem oranının yüksek olması veya yapı elemanları bünyesinde ve arasında su birikmesi sonucu, bakterilerin ve böceklerin üremesi için gerekli ortam sağlanmış olur. Suyun binalara etkisinin doğurduğu sonuçlar çeşitli olduğu gibi suyun binalara etki etme yöntemleri de farklıdır.

3.3.2.7. Alkali-silika reaksiyonu

Betonu oluşturan aktif silika içeren agregalar ile ortamda daha çok çimentonun içerisinde bulunan alkaliler arasında oluşan kimyasal tepkimedir. Bu reaksiyonlar agregaya yüzeylerinden başlar. Bu sebeple karışım içerisinde bulunan agregaların tane bütünlüğü bozulur. Bu reaksiyonlar sonucu oluşan jeller, betonu su emme kabiliyetini arttırır ve bünyesine çok yüksek dozlarda su almasını sağlar. Bu kimyasal reaksiyonların sonucunda, agregata tanelerini yüzeylerinde ve silika içeren bölgelerinde ve tepkime yan ürünlerinin doldurduğu beton çatlaklarında genleşmeler meydana gelir. Betonda alkali-agregata reaksiyonunun oluşmaması için mutlaka beton içinde bulunan alkali miktarı çok düşük düzeylerde olmalıdır. Ayrıca reaksiyonu başlatacak su miktarının az olması da önemli bir etkidir. Bunun için gerek su/çimento oranının düşük tutmak gerekse dış ortamdan gelen suyun girmesinin önlenmesi gerekecektir. Bu olayda geçirimsiz bir betonun üretilmesi doğrultusunda gerçekleşecek bir üründür [24].

3.3.2.8. Asit etkisi (asit hücumu)

Betonun içine çeşitli yollarla nüfuz eden asitlerde diğer kimyasal bileşikler gibi, malzemenin iç yapısında genleşmeler yaratarak hasarlar oluşturur. Yeraltında bulunan ince kesitli beton elemanlar ile asitli su basıncı etkisinde kalan beton elemanlar asit etkisinden en çok etkilenen yapı elemanlarıdır. Bu tür yapılarda betonun geçirimsizliğini arttıracak ve ortamdaki asit miktarını azaltacak her türlü önlem yapının asitli ortamdaki direncini olumlu yönde arttıracaktır [22].

3.3.2.9. Sülfat etkisi

Betona su ile birlikte girerek yapısının bozulmasına ve dayanım düşüklüğüne neden olabilecek kimyasal maddelerin basında sülfatlar ve klor iyonları gelir. Sülfat etkisi betonun yüzeysel olarak bozularak boşluklu ve geçirimli bir yapıya sahip olmasına neden olur. Klor iyonları ise geçirimsizliğin sağlanmadığı durumlarda, beton içindeki boşluklardaki kılcal kanallar doğrultusunda ilerleyerek betonun bir örtü gibi sardığı donatı ile buluşur. Bu birleşme ile başlayan kimyasal tepkime sonucunda, donatının elektrokimyasal özellikleri ve buldukları ortamın etkisiyle kemirilip tahrip olması sonucunda korozyon olayı oluşur. Sürekli olarak deniz suyuna maruz kalan ve deniz kenarında gelgit olayının sonucunda ıslanıp kuruyan betonarme yer kabuğu yapı elemanlarının bünyesinde, sülfat iyonlarının yol açtığı hasarların benzeri gözlenir [25].

3.4. Su Yalıtımının Önemi

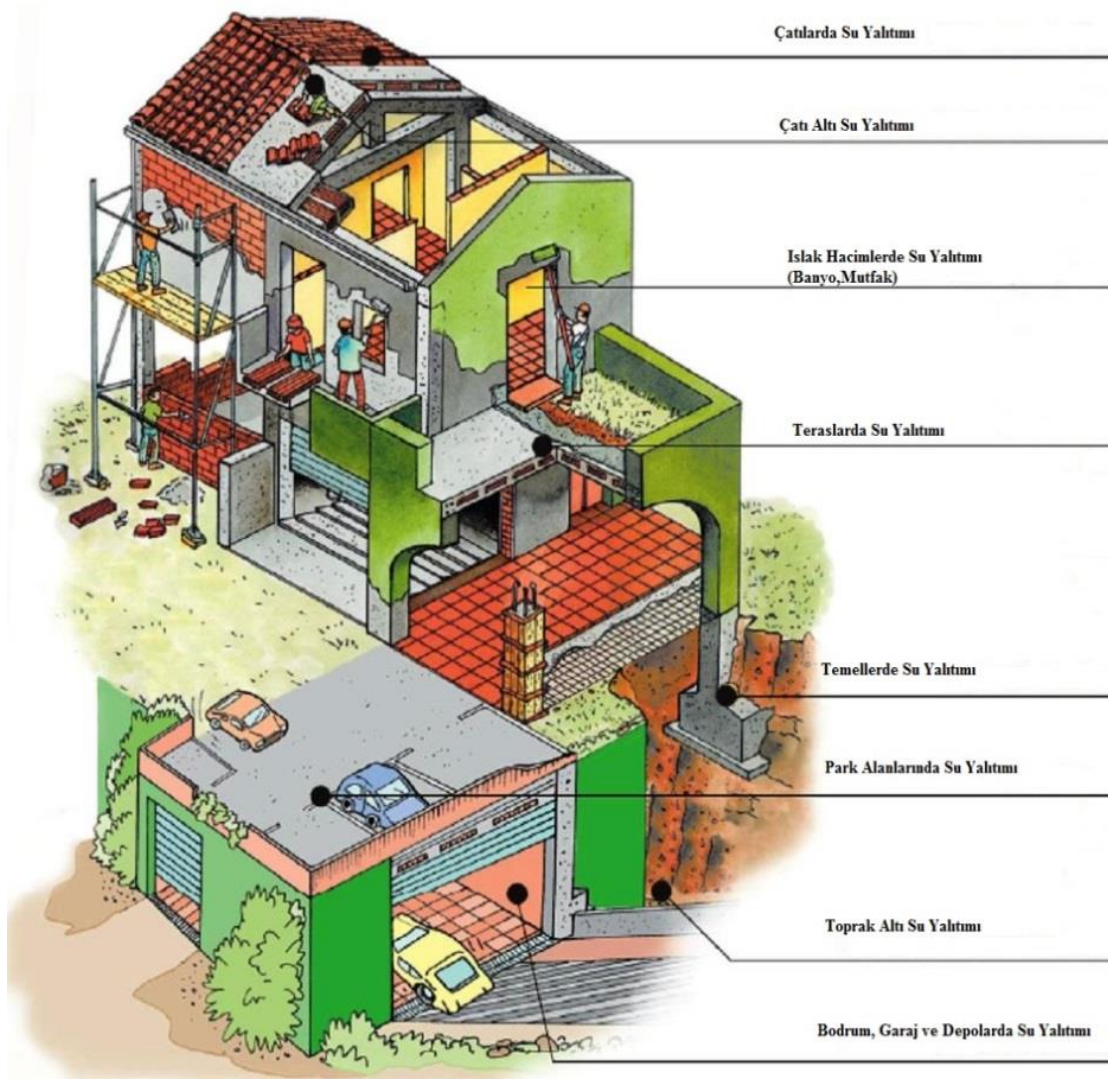
Suyun binaya giriş yolları ve olumsuz etkileri önceki başlıklarda incelenmiştir. Buna göre binayı suyun olumsuz etkilerinden korumak amacıyla su yalıtım yapılması önemlidir. Ayrıca, ülkemiz Dünya'nın etkin deprem kuşaklarından biri üzerinde yer almaktadır. Bu durum her an büyük bir deprem felaketiyle karşılaşabileceğimizin kanıtıdır. Depremde çoğu binanın yıkılmasının nedeni donatı demirinin paslanması yani korozyondur. Su yalıtımı yapılmaması ya da yanlış yapılması sonucu demir donatı korozyona uğrar. Herhangi bir yoldan yapı donatısına sızan su, donarak veya kimyasal tepkimelere girerek donatının özelliğini yitirmesine neden olmaktadır. Oluşan korozyon binanın taşıyıcı kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır. 1999 depremi ile ilgili olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hasar Tespit Komisyonu tarafından 55 bin 561 konut ve işyerinde yapılan kontrollerde, bu yapıların yüzde 79'u deprem sonrası hasarlı bulunmuştur. İncelemeye konu olan binaların yüzde 64'ünde nemin yol açtığı korozyon(paslanma), yüzde 41'inde malzeme eksikliği yüzde 18'inde inşaat aşamasında betonun sulanması yüzde 11'inde eskime ve yıpranma yüzde 3'ünde proje hatası hasar görme nedeni olarak belirlenmiştir [14].

Su yalıtımı kullanıcı konforu ve sağlığı açısından önemlidir. Nem ve nemin yol açtığı küf, mekanlarda kötü kokuların oluşmasına yol açar. Nemin önlenmesi insan konforu açısından olumsuzluk yaratan kötü kokuların ve hijyenik olmayan koşulların önlenmesi su yalıtımı yapılmasıyla mümkün olabilir.

Günümüzde bir yapının kullanım ömrü 50 yıl olarak öngörülmektedir. Suyun olumsuz etkileri ve yapıya verdiği hasarlar yapıların kullanım ömrünü azaltır. Bu da ekonomik bir kayıptır. Su yalıtımının doğru ve eksiksiz yapılması bu kayıpların önüne geçilmesini sağlayacaktır [1].

3.5. Yapıda Su Yalıtımı Gerektiren Noktalar

Su yalıtımı, temelerde su ve rutubetle temas eden grobeton ve sıvalı yüzeyler, temel perde duvarları, iç ve dış sıva yüzeyleri, drenajlar yapıların su ile temas eden her bölgesindeki kılcal veya büyük çatlaklar banyo, tuvalet ve balkonlarda, beton ve sıva yüzeyleri, teras çatıların beton yüzeyleri, teras çatıların üzerine yapılan şap ve asfalt kaplama yüzeyleri, kiremitli çatılarda kiremit altı tahtaları ve beton- yüzeyleri, , pencere doğramaların yapıya temas eden noktaları, yapıda ahşap ve metal yüzeyler, yapının dış cepheleri, pencere doğramaların macunla temas eden noktaları, kapalı su depoları, yüzme havuzları, yağmur olukları, yapı dilatasyon boşlukları, çatı çıkış kapak kenarları gibi yapı kısımlarında yapılmalıdır [14]. Temelerde yalıtım içten ya da dıştan yapılabilir. Çatılarda yalıtım çatı tipine göre belirlenebilir. Görsel 3.5' te binada yalıtım yapılması gereken noktalar belirtilmiştir. Bodrum, garaj ve depolar gibi toprak altı suları ile temas eden yerler ile bina içindeki tüm ıslak zeminlerde su yalıtımı yapılması gereklidir.



Görsel 3.5. Binalarda su yalıtımı yapılması gereken noktalar [3].

3.6. Türkiye’de ve Dünya’da Su Yalıtımı

Su yalıtımı açısından Türkiye, Avrupa ülkelerine göre pazar payı ve uygulama yaygınlığı açısından alt sıralardadır. 2003 yılında su yalıtım pazarının büyüklüğü yaklaşık 24 milyon metrekare olarak gerçekleşirken, Almanya ve İtalya’da 70 milyon metrekare civarındadır [9].

Yapı güvenliğini tehdit eden en önemli etkenlerden biri olan korozyondur. Korozyonun zararlı etkilerden korunmak için su yalıtımı yapılmalıdır. Özellikle 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen büyük depremden sonra, Türkiye’deki yapıların güvenliği sorgulanır hale gelmiştir. Bu dönemden sonra özellikle temellerde su yalıtım

uygulamaları artmaya başlamıştır. Türkiye su yalıtım pazarında, bitümlü örtüler toplam pazarın yüzde 76'lık pay ile başı çekmektedir. [10].

Dünya'da yalıtım uygulamalarında uzun bir dönem bitümlü örtüler popülerlik göstermiştir. Son yıllarda ise, sürme esaslı malzemeler ve su geçirimsiz beton katkılarıyla desteklenen su yalıtım sistemleri yükselişe geçmiştir.

4. SU YALITIM MALZEMELERİ

Su yalıtımı yapılmasında kullanılan ürünler, kullanım alanlarına ve özelliklerine göre su yalıtım örtüleri ve sürme esaslı malzemeler olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Ayrıca su yalıtım amacıyla kullanılan macun malzemelerde su yalıtımında tamamlayıcı malzeme olarak veya tek başına kullanılmaktadır [26].

Su yalıtım malzemeleri; kullanım amacı, uygulanacak bölge, ortamdaki su basıncı, uygulama yapılacak zeminin yapısı, yapıdan beklenen hareketler, ürünün üzerine gelecek olası yükler, iklim koşulların ve yapıdaki detaylara göre seçilmelidir [27]. Tablo 4.1' de uygulama alanlarına göre kullanılması gereken su yalıtım malzemelerinin tipleri gösterilmiştir. Uygulama yapılacak alanlarda suyun etki derecesine göre sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 4.1. Uygulama alanlarına göre kullanılması gereken su yalıtım malzemeleri [14].

		Su Etki Sınıfları	A	A0	B	B0	C
		Su Etki Derecesi	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
		Kullanım Alanları	Devamlı ve yoğun olarak kullanılan ve temizlik amaçlı kullanılan su etkisine direkt ve dolaylı olarak maruz kalan mekânlardaki zemin yüzeyleri; örneğin toplu duş ve banyolar, havuz kenarı alanlar	Düşük yoğunlukta kullanıma ve temizlik amaçlı kullanılan su etkisine direkt ve dolaylı olarak maruz kalan mekânlardaki zemin yüzeyleri; örneğin konut, otel odaları v.b. Zemin giderleri olan duş ve banyolar	İçerde ve dışarda, içten basınçlı su etkisine maruz kalan hacimler; örneğin açık ve kapalı havuzlar, su tankları	İçerde ve dışarda direkt ya da dolaylı olarak basınçlı olmayan suya maruz kalan zemin yüzeyleri, örneğin Balkon, Teras (altta yaşam mahalli olmamak kaydıyla)	Devamlı ve yoğun olarak kullanılan ve temizlik amaçlı kullanılan su etkisine direkt ve dolaylı ve aynı zamanda özellikli sınırlı olarak kimyasal etkiye maruz kalan mekânlardaki zemin örneğin endüstriyel mutfak ve çamaşırhaneler, termal havuzlar v.b.
Düşük su etkisine maruz kalan A0, B0 sınıflarındaki yüzeylerin alt zeminleri	Yüksek su etkisine maruz kalan A,B,C sınıflarındaki yüzeylerin alt zeminleri	Beton TS EN 206	CM RM	DM CM RM	CMOP RMOP	CMO RMO	RMO
		Çimentolu Şap TS EN 13813'e göre	CM RM	DM CM RM	CMOP RMOP	CMO RMO	RMO
		Dökme asfalt/ziftli şaplar DIN 18560'a göre	CM RM	DM CM RM	-	-	RMO
		Çimento esaslı mineral Yapı plakaları	CM RM	DM CM RM	-	CMO RMO	-
		Eps (ekspande) veya xps (ekstrude) döşeme paneli	CM RM	DM CM RM	-	-	-
	Calsiyumsülfat şap TS EN 13813'e göre	-	DM CM RM	-	-	-	
	Alçı Levhalar TS EN 520'ye göre ve Kalsiyumsülfat plakalar TS EN 15283-2'ye göre	-	DM CM RM	-	-	-	

DM Akrilik (polimer dispersiyon) yalıtım ürünleri

CM Çimento ve polimer katkılı tek veya çift komponentli yalıtım ürün

RM Reaksiyon yalıtım ürünleri

4.1. Su Yalıtım Örtüleri

Su yalıtım örtüleri sentetik örtüler ve bitümlü su yalıtım örtüleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

4.1.1. Sentetik örtüler

Sentetik örtüler, toz veya granül haldeki termoplastik polimerlerin plastifiye edilerek uygun ısıda, kalınlık ayarlı merdanelerde, taşıyıcı veya taşıyıcısız olarak istenen kalınlıklarda üretilebilirler. Kullanılacağı bölge, ortamdaki hareketler ve su basıncına göre farklı özelliklere sahip olması beklenen sentetik örtüler yaygın olarak aşağıdaki çeşitlere sahiptir.

PVC grubu örtüler (polivinilklorür); kimyasal maddelere ve U.V ışınlarına karşı dayanıklıdır. 700°C sıcaklıkta deformasyona uğramaya başladığı için, sıcak hava üfleyen aparatlarla veya solvent esaslı yapıştırıcılar kullanılarak uygulama yapılmamalıdır. Her türlü çatıda, içme ve kullanma suyu depolarında, yer altı sularına karşı temel detaylarında, tünellerde, göl ve göletlerde, yüzme havuzlarında, , kanallarda kullanılabilirler.

EPDM örtüler (etilen propilen dimonomer); Sentetik kauçuk olarak bilinen bu örtüler 1,7-1,5 m en ve 15-60 m boy ebatlarında bulunur. Elastikiyeti %400 dür [22].

PE grubu örtüler; Kimyasal maddelere, organik çözücülere, fiziki darbelere, U.V ışınlarına ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Genleşmeye müsait olmaları nedeniyle beton, ahşap, metal gibi satırlarda ve çatı yalıtımında tercih edilmemelidir. Genel olarak çöp depolama havzalarının yalıtımında kullanılır.

TPO (termoplastik polyolefin) membranlar; Çatı, teras çatı ve bahçeler için geliştirilmiş, UV ışınlarına karşı dayanıklı, esnek, açık renkli, mantar ve yosun oluşumuna dirençli, membranlardır. Sıcak hava kaynağıyla uygulanır.

PIB grubu örtüler; U.V ışınlarına ve mikro organizmalara dayanıklı olup, kimyasal maddelere ve organik çözücülere PE grubuna göre daha az dayanıklıdırlar. 1800 °C'ye kadar sıcaklığa dayanıklıdırlar. Çatı, temel ve diğer mühendislik yapılarında kullanılırlar [10]. Görsel 4.1' de sentetik örtü uygulaması görülmektedir. Bu örtüler 1mm ile 2,5 mm arasında kalınlıklarda rulo halinde üretilirler. Fakat basınçlı su etkisi altındaki yüzeylerin yalıtımında bu kalınlık artar ve özel imalatlarla 16 mm'ye kadar çıkarılabilir. Yalıtım tabakasının kalın olursa olsun örtüye gelen basınç kuvvetlerine karşı direnci de o kadar fazla ve darbelere karşı dayanımları artar.



Görsel 4.1. *Sentetik örtü uygulaması [10].*

4.1.2. Bitümlü su yalıtım örtüleri

Bitümlü örtülerde taşıyıcı armatür olarak jüt, kanaviçe, karton, plastik folyo veya lifler gibi organik ve cüruf yünü, asbest, cam tülü, alüminyum folyo, polyester keçe gibi inorganik malzemeler kullanılmaktadır. Bitümlü örtülerde kullanılan bu taşıyıcı armatürlerin bitümü kolay emebilme, güneş, su ve mikroorganizmalar karşı direnç gösterebilme, kullanılan diğer malzemelerle ortak özelliklere sahip olma, ısıl genleşmelerin yakın değerlere sahip olma, yüksek sıcaklıktan etkilenmeme, ekonomik ve yüksek çekme mukavemeti ve hafiflik gibi özelliklere sahip olması beklenmektedir. Bitümlü örtünün kullanılmasının nedenleri, bitümün su geçirimsiz özelliğinin yanı sıra, yüzeylere yapışma özelliğinin de olması ve örtünün kolay uygulanabilmesidir.

Görsel 4.2’ de terasta bitümlü örtü uygulaması görülmektedir. Bitümlü örtü kompozit bir malzemedir doyurucu ve/veya kaplama bitümü, taşıyıcı ve yüzey kaplamaları olmak üzere üç bileşenden meydana gelmektedir [28].



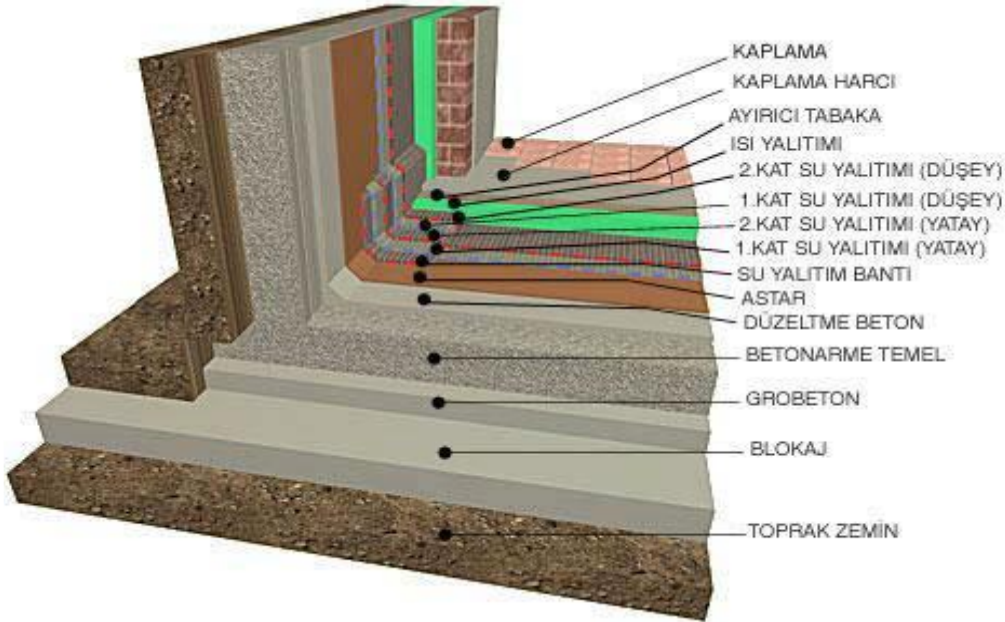
Görsel 4.2. *Bitüm esaslı örtü uygulaması [28].*

4.2. Sürme Tip Su Yalıtım Malzemeleri

Su ve nem yalıtımında kullanılan malzeme gruplarından biri de sürme tip malzemelerdir. Bir yapı incelendiğinde sürme tip su yalıtım malzemesi, temel-perde, teras-çatı, balkon, ıslak hacimler, kapı-pencere detayları, bodrum ve garaj gibi su yalıtımı gerektiren bölgelerde kullanılabilirler. Ayrıca su depoları, kanallar, yüzme havuzları vs. gibi yapılarda kendi başlarına veya yardımcı malzeme olarak kullanılırlar. Sürme tip su yalıtım malzemeleri beş grupta sınıflandırılabilir;

1. Akrilik esaslı malzemeler
2. Poliüretan esaslı malzemeler
3. Bitüm esaslı malzemeler
4. Hibrid, MS polimer esaslı malzemeler
5. Çimento esaslı malzemeler [15].

Görsel 3.3' de ıslak hacimde su yalıtımı uygulaması verilmiştir. Islak hacimde su yalıtım yapılırken, düzeltme beton üzerine ilk önce astar uygulaması yapılır. Kenar köşe birleşim yerleri pah bandıyla yuvarlatıldıktan sonra su yalıtım malzemesi birbirine dik yönde olacak şekilde iki kat olarak uygulanır. Isı yalıtımı ve kaplama su yalıtım malzemesi kürünü aldıktan sonra üzerine uygulanır.



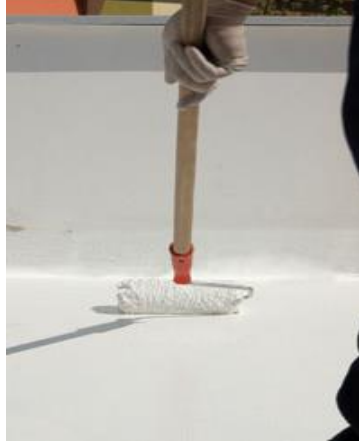
Görsel 4.3. *Islak hacimde su yalıtım malzemeleri kullanımı [15].*

4.2.1. Akrilik esaslı su yalıtım malzemeleri

Kopolimer akrilik dispersiyon esaslı bir karışım malzemeleridir. Beton yüzeye sürülerek veya püskürtülerek uygulanırlar. Su ile seyreltilerek veya direk olarak kullanılırlar. Uygulama öncesi yüzeye astar uygulaması yapılarak, su yalıtım malzemesi en az iki kat uygulanır. Çok çatlaklı yüzeylerde taşıyıcı takviyesi ile uygulamanın desteklenmesi önerilir. UV ışınlarına dayanıklı olan ve olmayan çeşitleri vardır. Elastikiyetlerinin fazla olması, uygulama kolaylığı ve eksiz bir yalıtım yapılabilmesi gibi özellikleri nedeniyle tercih edilirler. Banyo, tuvalet gibi ıslak hacimler, balkonlar, teraslar gibi alanlarda kullanılabilirler. Genellikle üzeri kaplama malzemesiyle kaplanması önerilir. Akrilik malzemeler kürünü tamamladıktan sonra daima elastik kalırlar [20].

4.2.2. Poliüretan esaslı su yalıtım malzemeleri

Poliüretan, prepolimer esaslı tek veya çift bileşenli tipleri olan su yalıtım malzemeleridir. Poliüretan su yalıtım malzemeleri elastikiyetlerine, bileşen sayısına, UV dayanımlarına göre, uygulama yapılacak yüzeye göre çeşitlendirilebilirler. Elastikiyetlerine göre % 400 ile % 800 arasında kopma uzaması gösteren çeşitleri bulunmaktadır. Kürlerini tamamladıktan sonra süreli olarak elastik kalırlar. Uygulama yapılacak yüzeye göre; fırça veya rulo ile sürülerek veya püskürtülerek uygulama yapılan çeşitleri bulunmaktadır. Çatlak köprüleme özelliğine sahiptirler. Bazı çeşitleri su buharı geçirgenliği sağlar. Kimyasalları karşı dayanımları nedeniyle kimyasal maddelerle temas olan mekanlarda tercih edilirler. Görsel 4.4' de terasta poliüretan esaslı su yalıtım malzemesi uygulaması görülmektedir. Binalarda dıştan temel yalıtımında, beton ve tuğla yapılarda su taşıyan çatlakların yalıtımında, otopark detaylarında, çatı ve teras yalıtımlarında kullanılabilirler.



Görsel 4.4. *Poliüretan esaslı su yalıtım malzemesi uygulaması [29].*

4.2.3. Bitüm esaslı su yalıtım malzemeleri

En az bir bileşeni bitüm içeren malzemelerdir. Sıvı ve pasta kıvamında çeşitleri bulunmaktadır. Sıvı halde bulunan bitüm esaslı malzemeler; normal sıcaklıkta akıcı halde olan asfaltlardır. Asfalt solüsyonları, asfalt emülsiyonları ve kullanıma hazır haldeki kauçuk/bitüm esaslı malzemeler olmak üzere üçe ayrılırlar:

Asfalt solüsyonları; bir bitümlü malzemenin seyreltilerek sıvı hale gelmesiyle elde edilirler. Genellikle, astar olarak kullanılırlar ve soğuk olarak uygulanırlar. Beton, sıva, şap gaz beton, ahşap, metal yüzeyler, çimento ve yonga levhalar üzerine uygulanabilirler. Toprak altında kalan metal yüzeylerin korozyona karşı korunması amacıyla da kullanılırlar.

Asfalt emülsiyonları; bir bitümlü malzemenin su içinde dispersiyonu ile elde edilir. Uygulamadan önce su ile seyreltilir ve soğuk olarak uygulanır. Beton ve gaz beton yüzeylerde astar olarak kullanılır. Metal yüzeylerde kullanılmazlar.

Kullanıma hazır haldeki kauçuk/bitüm esaslı malzemeler; bir veya iki bileşenli malzemelerdir. İki bileşenli türlerinde ikinci bileşen priz hızlandırıcı ve sertleştirici olarak karışıma eklenir. Kuru ve hafif nemli, emici ve emici olmayan yüzeylere kuvvetli bir şekilde yapışırlar. Bünyelerine taşıyıcıyı iyi bir şekilde kabul ederler. Elastikiyetleri fazladır. Beton, sıva şap, metal, tahta, gaz beton gibi yüzeylere uygulanabilirler. Toprak altı ve üstü mekanlarda yatay ve düşey yüzeylere uygulanırlar. Islak hacimler, balkon, teras, bahçe yalıtımında kullanılırlar. Eski bitümlü membran, zift, asfalt gibi yalıtımların tamiratında da kullanılabilirler. Elastiktirler, bina hareketlerine ve mekanik darbelere

dayanıklılırlar [29]. Görsel 4.5’ te bitüm çimento esaslı su yalıtım malzemelerin temelde uygulanması gösterilmiştir.



Görsel 4.5. *Bitüm-çimento esaslı su yalıtım malzemesi uygulaması [30].*

4.2.4. Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri

En az bir bileşeni çimento içeren, su veya uygun sıvı bileşen ile karıştırıldıktan sonra fırça veya rulo ile sürülerek, püskürtülerek veya mala ile uygulanan malzemelere çimento esaslı su yalıtım malzemeleri denmektedir. Çimentolu karışımlar toprak altı ve toprak üstü uygulamalarda kullanıma olanak verirler. Bu ürünler su dayanımlı oldukları için yüksek donma-erime devri dayanımları vardır. Donabilecek ve şişmeye neden olabilecek sızan suyu tutarlar [17].

Genel olarak tek bileşenli, iki bileşenli ve kristalize olan malzemeler olmak üzere 3 grupta değerlendirilebilir.

4.2.4.1. Tek bileşenli çimento esaslı su yalıtım malzemeleri

Toz malzemelerdir ve uygulamadan önce belirli miktarda su ile karıştırılarak uygulanır. Elastikiyet özellikleri yoktur. Pozitif yönden gelen su basıncına dayanıklılırlar. UV dayanımları yoktur. Bu nedenle güneşle direk temas edecek yüzeylerde uygulanmazlar. Genellikle bodrum duvarları gibi bölgelerde kullanımı uygundur.

4.2.4.2. İki bileşenli çimento esaslı su yalıtım malzemeleri

Toz ve sıvı iki farklı ambalajdan oluşan malzemelerdir. Kendi sıvısıyla karıştırılarak kullanılır. Kullanılan formüle göre esnek, yarı esnek ya da esnek olmayan türleri olabilir. Genellikle kaplama malzemesi altına kullanılır. Üzeri açık bırakılmaz. Bazı çeşitlerinin UV dayanımı vardır. Teras ve çatı yalıtımlarında kullanılabilir.

4.2.4.3. Kristalize olan çimento esaslı su yalıtım malzemeleri

Çimento ve su itici katkıları içeren, tek veya iki bileşenli tipleri bulunan toz su yalıtım malzemeleridir. Uygulamadan önce belirli miktarda su ile karıştırılarak uygulanır. Betonun içindeki kimyasallar ile reaksiyona girerek kristal üretirler. Bu kristaller betonun yapısına işleyerek betondaki kapiler boşlukları tıkar ve geçirimsiz bir tabaka oluşturarak su yalıtımını sağlar. İç taraftan (negatif) ve dış taraftan (pozitif) uygulama yapılabilir.

Tablo 4.2' de çimento esaslı su yalıtım malzemelerinin diğer yalıtım malzemelerine göre olumlu ve olumsuz yanları belirtilmiştir.

Tablo 4.2. *Çimento esaslı su yalıtım malzemelerinin olumlu ve olumsuz yönleri*

Olumlu Özellikler	Olumsuz Özellikler
Ekonomiktir.	Elastikiyet kabiliyeti zayıftır.
Uygulaması kontrollü ve kolaydır.	Kendini onarabilme kabiliyeti yoktur.
Pozitif ve negatif yönden uygulanabilir.	Fazla yükün karşılandığı anı elemanlarında uygulaması doğru sonuçlar vermez.
Yatay ve düşey yüzeylerde uygulanabilir.	Hareket yeteneği zayıftır.
Basınçlı ve basınçsız suların yalıtımında kullanılır.	Toz karışım su ile karıştırılarak kullanılacak kıvama getirilir.
Kullanım aşamasında uygulama kolaylığı verir.	Yapı elemanlarının mukavemetini arttırıcı yönde etkileri yoktur.
Sürekli bir yalıtım sağlar, uzun ömürlüdür.	
Koruyucu bir katman gerektirmez.	
Darbe direnci yüksektir.	
Katkı cinsine bağlı olarak kimyasallara karşı direnci arttırılabilir.	
Yanmaya karşı dirençlidir.	

Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri ekonomiklik, dayanım ve uygulama kolaylığı açısından diğer su yalıtım malzemelerine göre avantaj sağlamaktadır. Elastikiyet, UV dayanım gibi özelliklerinin olmaması ile olumsuz özellikler olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.3'te çimento esaslı su yalıtım malzemeleri için baz formüller verilmiştir. Reçeteler istenilen esneklik derecesi ve hidrostatik basınç dayanımına göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.3. *Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri formülleri [4].*

Su Yalıtım Malzemesinin Tipi	A	B	C	D
Portland Çimento veya özel çimento	50 – 60	40 – 50	20 - 35	40-50
Dolgu (kalsiyum karbonat, silika kumu, özel dolgular vs.)	% 100 tamamlayacak Görselde	% 100 tamamlayacak Görselde	% 100 tamamlayacak Görselde	% 100 tamamlayacak Görselde
Kıvamlaştırıcı ajanlar (selüloz eter, killeri vs.)	0 – 5	2 – 5	2 – 5	2 – 5
Su itici ajanlar	0 – 0,1	0,2	0,2	0,2
Köpük kesici ajanlar	0 – 0,5	0,5 - 1	0,5 – 1	0,5 – 1
Toz Polimerler	1 – 2	2 – 10	0 – 5	20 – 40
Sıvı polimerler	-	-	40 - 80	-
A = basit, sert tip çimento esaslı hidrostatik basınca dayanımı olmayan su yalıtım malzemesi				
B = sert tip çimento esaslı hidrostatik basınca dayanıklı su yalıtım malzemesi				
C = tek bileşenli, esnek, hidrostatik basınca dayanıklı su yalıtım malzemesi				
D = tek bileşenli, esnek, hidrostatik basınca dayanıklı su yalıtım malzemesi				

Doğru su yalıtım malzemesi kullanılacak olan yüzey, yapılacak olan yalıtım (negatif, pozitif) ve su basıncına göre belirlenebilir. Su yalıtım malzemeleri uygulaması öncesi mutlaka yüzey hazırlığı yapılmalıdır.

5. SU YALITIM MALZEMELERİ UYGULAMA ESASLARI

Su yalıtım malzemeleri uygulama esasları kullanılan ürüne ve uygulama yapılacak bölgeye göre farklılıklar gösterir.

5.1. Çimento Esaslı Su Yalıtım Malzemeleri

Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri uygulamasından önce uygulama yapılacak yüzeyin uygulamaya hazır hale getirilmesi gerekmektedir.

5.1.1. Yüzey hazırlığı

Su yalıtım uygulamaları öncesi yapılması gereken yüzey hazırlığı genel olarak tüm su yalıtım malzemeleri için aynı basamakları içerir. Yapılan su yalıtım uygulamasından iyi sonuçlar alınması için yüzey hazırlığı mutlaka yapılmalıdır. Yüzey hazırlığı aşağıdaki adımlar izlenerek yapılabilir;

1. Yüzeyde bulunan gevşek parçacıklar mekanik yollarla temizlenerek gerekli yapısal tamir harçları (TS EN 1504-3 Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler - Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi - Bölüm 3: Yapısal olan ve yapısal olmayan tamir standardında tarif edilen R3 ve R4 sınıfı ürünler) ile yüzeyin doldurularak yalıtıma uygun hale getirilmelidir.
2. Aderans engelleyici katmanlar (Kalıp yağı, gres, boya, pas, film oluşturan kür malzemeleri, tuz kusması gibi) uygulama yapılacak yüzeyden kaldırılmalıdır.
3. Kırık, boşluk, çökme, çatlakların ve betondaki segregasyonları ile korozyon tamiratları yapısal tamir harçları kullanılarak tamiri yapılmalıdır.
4. Kenar köşe birleşim yerleri pah yapılarak yuvarlatılmalıdır.
5. Varsa parlak yüzeyler pürüzlendirilmelidir.
6. Uygulamada kesinti olmaması için, tij deliklerinin yapısal tamir harçları ile doldurulmalıdır.

Gerekli hallerde kullanılacak yalıtım malzemelere uygun astar uygulaması yapılmalıdır. Astar kullanımı malzemenin yüzey ile uyumunu arttırmaktadır [14].

5.1.1.1. Kırık, çökme ve çatlakların tamiri

Su yalıtım malzemesi uygulaması öncesi alt zeminin sağlamlığı kontrol edilmelidir. Kendisini taşımayacak sağlamlıktaki zeminler üzerine uygulama yapılmamalıdır. Kırık, boşluk, çökme, çatlakların ve betondaki segregasyonları ile korozyon tamiratları yapısal tamir harçları kullanılarak tamiri yapılmalıdır. Su yalıtım uygulamaları öncesinde kabaran, kavlayan, gevşek yüzeyler ve eski su yalıtım malzemeleri yüzeyden kazınmalıdır. Çatlakları tamirine, hangi tür bir çatlak olduğu belirlenerek başlanmalıdır [31]. Çatlaklar yapılarına ve tamir yöntemlerine göre sınıflandırılabilir. Çatlaklar, türlerine göre yapısal olmayan çatlaklar ve yapısal çatlaklar olmak üzere ikiye ayrılabilir;

Yapısal olmayan çatlaklar; Sıva çatlağı olarak da adlandırılan yüzeysel olarak görülen çatlaklardır. Bu türdeki çatlaklar genellikle statik (hareketsiz) çatlaklardır ve düzensiz örümcek ağını andıran bir görüntüye sahiptirler.

Yapısal Çatlaklar; taşıyıcı betonarmede oluşan çatlaklardır. Bu türdeki çatlaklar kendi içinde statik ve dinamik çatlaklar olmak üzere iki gruba ayrılabilir:

* Statik çatlaklar (hareketsiz çatlaklar oturma sebebi ile oluşan çatlaklar vb.) Statik olan çatlaklar mekanik yöntemler uygulanarak kırılmalı, açılan boşluk uygun bir tamir harcı ile doldurulmalıdır.

* Dinamik çatlaklar (hareketli çatlaklar)

Çatlakların derinliklerine göre tamir yöntemleri de değişiklik göstermektedir. Çatlaklar tamir yöntemlerine göre, tamir harçları ile tamir edilebilen ve enjeksiyon ile tamir edilebilen çatlaklar olmak üzere ikiye ayrılabilir;

a) Tamir harçları ile tamir edilebilen çatlaklar: Derinliği 1 cm'den fazla olmayan yapısal ve yapısal olmayan çatlaklar tamir harçları ile tamir edilebilir. Uygulanacak alana göre çimento, epoksi vb. malzemeler içeren tamir harçları kullanılır. Soğuk derzler ve hareketsiz çatlaklar "U" biçiminde ve 2-3 cm derinliğinde açılarak klor içermeyen yapısal tamir harçlarıyla tamir edilebilirler.

b) Enjeksiyon ile tamir edilebilen çatlaklar: Derinliği 1 cm den fazla olan çatlakların tamiri için zeminde nem, rutubet var ise poliüretan zemin kuru ise epoksi enjeksiyonu yapılır. Yapıştırma veya delme metoduna göre enjeksiyon uygulaması yapılır. Uygulama yapılacak yüzeyde korozyon meydana gelmişse korozyon tamirata da yapılmalıdır. Korozyon etkisi altında kalan donatının uygun yöntemlerle açılarak ortaya çıkartılmalıdır. Bunu takip eden süreçte donatı üzerindeki korozyon mekanik yöntemlerle

temizlenmelidir. Görsel 5.1’de beton yüzey üzerinde oluşmuş yapısal olmayan çatlakların tamir harcı kullanılarak tamir edilmesi verilmiştir.



Görsel 5.1. *Kırık ve boşlukların tamirâtı [31].*

Temizlik işlemi sonrasında donatı üzerine anti korozif etki gösteren malzemeler uygulanmalı ve uygun yapısal tamir haçları (TS EN 1504-3 Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler - Tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi - Bölüm 3: Yapısal olan ve yapısal olmayan tamir standardında tarif edilen R3 ve R4 sınıfı ürünler) yardımı ile tamirâtı yapılan bölge Görsel 4.1’ de gösterildiği gibi doldurulmalıdır [14].

5.1.1.2. Sivri köşelerin yuvarlatılması

Tüm düşey ve yatay yapı elemanların birleşim yerleri ve düşey elemanların yön değiştirdiği ara kesitlerinde su yalıtım malzemelerinin daha yumuşak dönüş yapmalarını sağlamak için pah bandı kullanılmalı veya 45° eğimli en az 8x8 cm genişlikte pahlar yapılmalıdır.

Görsel 5.2’de pah bandı uygulaması ile kenar köşe birleşim yerlerinin yuvarlatılması görülmektedir. Pah bandı uygulamasında; uygulama yapılacak derz üzerine su yalıtım malzemesinin ilk katı sürülmelidir. İlk kat su yalıtım malzemesi kurumadan, pah bandı polyester file kısımları su yalıtım malzemesine yapışacak şekilde yerleştirilir. İlk katın kürünü almasından hemen sonra diğer katların uygulamasına geçilmelidir [32].



Görsel 5.2. *Pah bandı uygulaması [30].*

5.1.1.3. Taşıyıcı olmayan katmanların kaldırılması

Kireçli sıva, yağ emmiş şap vs. gibi kaplamalar taşıyıcı olmayan katmanlardır. Uygulama yapılmadan önce bu katmanların kaldırılması gereklidir. Taşıyıcı olmayan katmanlar, mekanik kırma, ıslak kuru kumlama, frezleme, mekanik fırçalama, bilyalama (shot blasting, grid blasting vb.) yüksek basınçlı su uygulaması gibi yöntemler uygulanarak yüzeyden kaldırılabilirler.

Bu tip katmanların kaldırılmasıyla, uygulanan su yalıtımı katmanının, yalıtım yapılacak olan yüzeye tam olarak aderans göstermesi sağlaması için uygun bir yüzey oluşturulacaktır.

Beton yüzeyinde, beton kalitesinin yetersizliğinden veya imalat sırasında etki eden negatif dış etkenler nedeniyle gevşek parçalar veya kendi kendine tozuma gibi zayıflıklar oluşabilir. Su yalıtım uygulaması yapılmadan önce bu tip zayıf yüzeyler sağlam yapıya kadar kazınmalı veya uygun yöntemler kullanılarak sağlamlaştırılmalıdır. Murç, çekiç veya aynı işlemi yapılan makineler yardımıyla yüzey gevşek parçalardan arındırılabilir. İşlem bittikten sonra bir süre tozun yatışmasını beklemeli sonrasında tozu yüzeyden uzaklaştırmak için süpürme işlemi yapılmalıdır. Süpürme işlemi, taşıyıcı olmayan katmanların yüzeyden ayrılmasını sağladığı gibi yüzeyde tutunmayı azaltan yağ, wax gibi maddelerin uzaklaştırılmasını da sağlar.

Segragasyona (beton-agrega ayrışması) uğramış yüzeyler de su yalıtımı malzemesi uygulamasından önce tamir edilmelidirler. Ayrışmış olan bölge, mekanik yöntemler ile taşıyıcı olmayan katmanlardan arındırılmalı, sonrasında uygun bir tamir harcı ile doldurulmalıdır [14].

5.1.1.4. Parlak yüzeylerin pürüzlendirilmesi

Üzerine uygulama yapılmasını kolaylaştırmak için, malzemenin yüzeye tutunmasına engel olabilecek parlak veya aderansı düşük yüzeyler mekanik yöntemlerle pürüzlü hale getirilir. Görsel 5.3' de parlak yüzeylerin mekanik yöntemle pürüzlü hale getirilmesi gösterilmektedir.



Görsel 5.3. Parlak yüzeylerin pürüzlendirilmesi [31].

5.1.1.5. Tij deliklerinin doldurulması

Tij delikleri, betonarme imalatı esnasında kalıpların sabitlenmesinde kullanılan demir çubukların geçirilebilmesi için kullanılan deliklerdir. Su yalıtımına başlamadan bu deliklerin yalıtıma zarar vermemesi için doldurulması gereklidir. Delikler doldurulmadan önce delikler içinde varsa plastik parçalar çıkarılmalıdır. Yüzeyde donatı demiri var ise, demirlerin beton yüzeyinden 2 cm içine kadar kırılması ve en az 2 cm içeride kalacak şekilde kesilmesi gerekmektedir. Bu tip delik ve boşlukların yüksek aderansa sahip olan tamir harcı ile doldurulması gereklidir [32].

5.1.1.6. Aderans engelleyici katmanlardan arındırma

Aderans engelleyici katmanlar kalıp yağı, gres, tuz kusması, pas gibi beton yüzeyine uygulamanın tutunmasını engelleyen katmanlardır. Uygulama yapılacak olan yüzey yapışmayı engelleyici çimento artığı, kalıp yağı, gres, tuz kusması gibi kalıntılardan arındırılmış olmalıdır. Tuz kusmaları, su yalıtım katmanının yüzeye olan

aderansını azalttığı için uygulamadan önce basınçlı su, ıslak kumlama veya özel temizlik malzemeleri kullanılarak tam olarak arındırılmalıdır. Beton yüzeyinde olan kalıp yağları ise, tel fırça ile kazınarak veya basınçlı deterjanlı su ile yıkama yöntemi ile yüzeyden arındırılabilir [33].

6. SU YALITIM MALZEMELERİNDE KULLANILAN HAMMADELER

Su yalıtım malzemelerinde başlıca çimento, polimer, dolgu malzemesi gibi hammaddeler kullanılır.

6.1. Çimento

Çimento temel olarak, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzemedir. Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO, MgO gibi alkalin bileşenler ve SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ gibi hidrolik bileşenlerden oluşur. Çimento bağlayıcılık işlevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılır [34].

Çimento kelimesi Latince 'deki 'coementum' kelimesinden Avrupa dillerine 'cement, ciment, zement' şeklinde geçmiş olup Türkçe'ye ise İtalyanca'daki 'cemento' kelimesinden geldiği tahmin edilir. Bütün bu kelimeler Avrupa dillerinde çimentoyu ifade etmek için kullanıldığı gibi daha genel olarak bağlayıcı anlamında da kullanılır.

Çeşitli agregaları birbirine bağlayarak belirli bir süre sonunda basit bir kütle oluşturan malzemelere bağlayıcı maddeler denir. Bağlayıcılar, biçimlendirilmesini sağlayan süre içinde, kimyasal reaksiyon sonunda, yeni bir bileşim meydana gelerek, çözücü maddenin ortamdan ayrılması veya sıcaklık değişimiyle faz değiştirmesi sonucunda bir kütle oluşur. Suyla karıştırıldıklarında havada veya su altında sertleşebilen ve sertleştikten sonra suda çözünmeyen maddelere hidrolik bağlayıcılar denir. Çimento, kireç ve alçı gibi maddeler hidrolik bağlayıcıdır. Bilinen en eski hidrolik bağlayıcılardan biri kireç ve kireçle yapılan harçlardır. Eski dönemlerde su bulunmayan yerlerde kireç harcını dayanıklı hale getirmek için, doğal veya yapay puzolanlar gibi hidrolik aktiviteli maddeler harçlara eklenirdi. Doğal ve yapay puzolanların eklenmesi ile yapılan kireç harçları çok eski dönemlerden beri kullanılmakta olup, Anadolu'da Horasan harcı olarak bilinmektedir. Son yıllarda ise, hidrolik bağlayıcılar çok gelişerek çeşitleri artmıştır. Çimentolar üretiminde kullanılan hammaddelerin bileşimi, üretim teknolojilerine, pişme durumları ve katkı maddelerine göre özellikler kazanıp, sınıflandırılmaktadır.

İlk çimentolar, Roma çimentosu gibi, doğada bulunan çimento bileşimine yakın killi kireçtaşlarının sinterleşme derecelerine kadar sıcakta pişirilmesiyle elde edilirdi. Sonraki dönemlerde, kalsinasyon sıcaklığının erime başlangıcı olan sinterleşme sıcaklığına kadar yükseltip pişirilmesiyle daha yüksek dayanımların elde edildiği

görüldü. Kireçtaşının kireç içinde kalsinasyonunda, sıcaklığın gereğinden fazla yükseltilmesi ile bazı kısımların yumuşayıp kısmi olarak eriyerek salkım(grappe) şeklinde kürecikler meydana getirmesi ve bu küreciklerin ayrılıp öğütülmesiyle Grappier çimentosu yapıldı. Grappier çimentosu su kireci ile çimentolar arasında geçişi oluşturmaktadır [35]. Tablo 6.1’ de çimentonun kimyasal bileşimi verilmiştir. Çimento kimyasal bileşimi içinde en çok CaO(kalsiyum oksit) kimyasal bileşiği bulunur [36].

Tablo 6.1. Çimentonun kimyasal bileşimi [36].

Oksit	Çimento kimyasında kullanılan kısaltma	Miktar(%)	Ana bileşim miktarı(%)
CaO	C	63	
SiO ₂	S	20	C ₃ S=54,1
Al ₂ O ₃	A	6	C ₂ S=16,6
Fe ₂ O ₃	F	3	C ₃ A=10,8
MgO	M	1,5	C ₄ AF=9,1
SO ₃	S	2	
Na ₂ O+K ₂ O	N+K	1	
Kızdırma Kaybı	K.K	2	
Çözünmeyen Kalıntı	Ç.K	0,5	
Diğer	-	1	

Günümüzde piyasada bulunan çimentolar, TÇ 32.5 (Traslı çimento), PÇ 32.5 (Portland çimento), KÇ 32.5 (Katkılı çimento) ve yüksek dayanımlı Portland çimentoları olan PÇ 42.5 ve PÇ 52.5’ tur. PÇ 32.5 , PÇ 42.5, PÇ 52.5 gibi çimento çeşitleri sadece Portland çimento klinkeri içerirler. TÇ 32.5 ve KÇ 32.5 çimentoları ise, çimento klinkeri dışında belirli oranlarda (% 40’a kadar varan oranlarda) doğal puzolan içermektedirler. Çimento türlerinin ifadesinde kullanılan harfler içeriklerini, harflerden sonraki sayılar, standart çimento harçlarının N/mm² cinsinden 28 günlük küp basınç dayanımlarını ifade eder.

Portland çimentosu (PÇ), çimentolar içinde en yaygın olarak bilinen çimentodur. PÇ, kalkerli ve killi hammaddelerin döner fırında pişirilmesi sonucunda elde edilen

klinkere, belirli miktarda (% 4-6) alçı ilave edilerek 0.5 - 80 µm boyutlarında öğütülmesi suretiyle elde edilir. PÇ 4 ana bileşenden oluşur. Bunlar;

- 1- C₂S olarak kısaltılan (CaO)₂SiO₂(bikalsiyum silikat)
- 2- C₃S olarak kısaltılan (CaO)₃SiO₂(trikalsiyum silikat)
- 3- C₃A olarak kısaltılan (CaO)₃Al₂O₃(trikalsiyum alüminat)
- 4- C₄AF olarak kısaltılan (CaO)₄Al₂O₃Fe₂O₃(tetrakalsiyum alümino ferrit) [36].

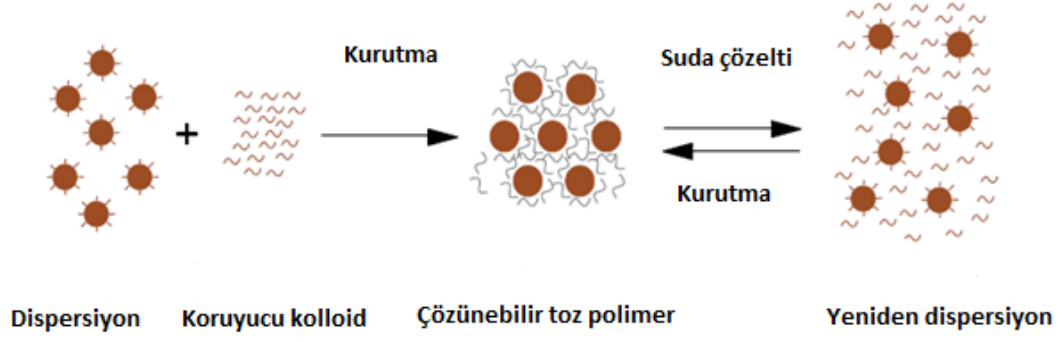
6.2. Polimer

Polimerler, monomer denilen küçük moleküllerin birbirine tekrarlı bir şekilde eklenerek oluşturduğu büyük moleküllerden oluşan maddelerdir. Polimer moleküllerini oluşturmak üzere birbirleri ile kimyasal bağlarla bağlanan ve tekrarlanan küçük moleküllere monomer adı verilmektedir. Monomer birimlerinden başlayarak polimer moleküllerinin elde edilmesine yol açan reaksiyonlara polimerizasyon reaksiyonları adı verilir [37].

Polimerlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Polimerler, ısı ve elektrik yalıtkanlığı sağlarlar, hafif ve kolay şekil alabilir malzemelerdir. Korozyona karşı dayanıklıdırlar. Polimerler, genel olarak makine, uçak, elektrik, elektronik, ev aletleri gibi sanayi dallarında kullanılmaktadır. Polimer kullanım miktarları ve kullanılan sektör çeşitleri gün geçtikçe artmaktadır. Makro moleküllerin kullanılmasına dayanan, ısı ve basınç etkisiyle kalıba dökülerek, fişkırtılarak veya akıtılma yoluyla şekillendirilebilen, plastik levhalara organik malzemeler denilmesinin nedeni bileşimindeki temel malzemenin karbon (C) oluşudur. Birbirlerine zincir şeklinde kovalan bağlarla bağlı C atomları polimerin bel kemiğini oluşturur [38]. Polimerler fiziksel özelliklerine göre termoplastikler, termosetler ve elastomerler olmak üzere üçe ayrılabilir. Görünüşlerine göre ise toz ve sıvı polimerler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

6.2.1. Toz polimerler

Toz polimerler sıvı polimerlerin kurutulmasıyla elde edilen ve suda çözünebilen polimerlerdir. Görsel 6.1' de sıvı dispersiyon polimerden kurutma işlemiyle çözünebilir toz polimer oluşması işlemi şematik olarak gösterilmektedir.



Görsel 6.1. *Toz polimer proses şeması [38].*

Görsel 6.2’de suda çözünebilir toz polimerin görüntüsü verilmiştir. Toz polimerler su yalıtım malzemelerinde esneklik, su iticilik, çalışma süresi uzunluğu gibi özellikleri arttırdığı için kullanılır. Toz polimerler beyaz renktedir.



Görsel 6.2. *Toz polimer görüntüsü [39].*

Tablo 6.2’de emülsifiye sistemi polivinil alkol olan toz polimerlerin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 6.2. Toz polimerlerin teknik özellikleri [39].

Özellik	Test Metodu	Değer
Minimum film oluşturma sıcaklığı		0 °C
Emülsifiye sistemi		Polivinil Alkol
Yığın Yoğunluk	DIN EN ISO 60	400-500 kg/m ³
Partikül Büyüklüğü	DIN EN ISO 4610	Maksimum % 4 400 µm üzeri
Kül muhtevası(1000 °C)		Maksimum. % 15
Katı içeriği	DIN EN ISO 3251	Min. %98

6.2.2. Sıvı polimerler

Çimento esaslı su yalıtım malzemelerinde, su yalıtım malzemesinin esneklik, UV dayanım, su basıncı dayanımı, örtücülük gibi özelliklerini arttırmak için sıvı polimerler ikinci bileşen olarak kullanılırlar. Su yalıtım malzemelerinde genellikle akrilik, stiren akrilik, stiren bütadien gibi polimer dispersiyonları kullanılır.

6.3. Dolgu malzemeleri

Dolgu malzemeleri, kullanılacakları ürüne genellikle maliyet azaltmak için ilave edilen toz veya fiber yapıdaki inert malzemeleridir. Kullanılacak ürüne göre, çeşitli özelliklerde, farklı sertlik katsayısına ve farklı tanecik boyutuna sahip dolgu malzemeleri bulunmaktadır. Genelde tanecik boyutu kaplama uygulaması dışında 200 mesh (=77 mikron) altına düşmemelidir. Dolgular genelde karışımın toplam ağırlığının % 20 si ile %90 u arasında değişen oranlarda kullanılırlar. Dolgu malzemeleri maliyet düşürmek için kullanılsa da aynı zamanda mekanik özellikleri de düşürebileceği için denenmiş ve belirlenmiş oranlarda reçetelere eklenir.

Güçlü karbonatlar örneğin kalsiyum karbonat, baryum sülfat (barit) gibi reaktif olmayan sülfatlar ve bazı metal oksitler dolgu malzemesi olarak kullanılırlar [40]. Yapı kimyasallarında dolgu malzemeleri maliyeti düşürmek, ürüne kıvam vermek, örtücülük sağlamak gibi özellikleri nedeniyle kullanılır. Dolgu malzemesi yapı kimyasallarında uygulamayı, örtücülüğü ve mukavemeti direk etkiler.

Dolgu malzemeleri, yapı malzemesi ve boya üretimi, plastik üretimi, cam ve cam malzeme üretimi, kağıt üretimi gibi sektörlerde kullanılırlar.

7. KULLANILAN HAMMADELER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Yapılan çalışma kapsamında kullanılan hammaddeler iki ana başlık altında incelenebilir. Bu başlıklardan ilki puzolanik özellik gösteren doğal madenlerdir. İkinci başlık ise endüstriyel atıklardır. Hammaddeler kullanım alanları, kaynakları ve yaygınlıkları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

7.1. Endüstriyel Hammaddeler

Doğal kaynaklar içinde madenler, yenilenmeyen hammadde oluşları, kıt kaynaklar sınıfında yer almaları ve coğrafik yapıyı düzeltici fonksiyonları bulunmasından dolayı ülke ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Tüm endüstri dallarının ürettiği ürünlerde veya üretim için gerekli araçlarda doğrudan veya dolaylı olarak maden ve maden ürünlerine değişik oranlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstriyel hammadde sektörüne yaklaşık 50 mineral veya mineral grubu dahil edilebilir. İki uç örnek vermek gerekirse kum-çakıl ve endüstriyel elmas bu grubun iki üyesini temsil etmektedir. Ülkemiz metalik madenler yönünden kıt olan rezervlerine karşılık endüstriyel hammaddelerde daha önemli bir potansiyele sahiptir. Bu ürünlerde gerek hammadde ve gerekse işlenmiş ürün olarak önemli bir potansiyel bulunmaktadır [41].

Puzolanlar kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan veya bağlayıcılık değeri çok az olan, fakat ince taneli durumdayken sulu ortamda kalsiyum hidroksitle birleştiğinde hidroksitle birleştiğinde hidrolitik bağlayıcılık gösterebilme özelliği kazanan silikalı ve alüminalı malzemelerdir [42]. Puzolan malzemeleri doğal ve yapay puzolanlar olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Deneylede doğal puzolan maddeler kullanıldığından yapay puzolanlar konusunda ayrıntıya girilmemiştir.

a. Doğal Puzolanlar: Özgül ağırlıkları 2000–2200 kg/m³ arasında değişen, dünyanın belirli bölgelerinde doğada hazır olarak bulunan, kimyasal yapısı ve aktivitesi buldukları bölgeden bölgeye değişiklik gösteren puzolanlardır. Volkanik tüfler, volkanik camlar, traslar diatomlu toprak, killer ve şehl, sünger taşları v.b. doğal puzolan sınıfına girmektedirler. Tablo 7.1’ de doğal puzolanların yüzde kimyasal ve mineralojik bileşimleri verilmektedir. Puzolanlarda genel olarak en çok SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ mineralleri bulunmaktadır.

Tablo 7.1. Doğal puzolanların kimyasal özellikleri [43].

Kimyasal (%) ve Minerolojik Bileşim	
Mevcut Mineraller	Kuars, ambifol, klorit, kalsit
SiO ₂	70,89
Al ₂ O ₃	9,08
Fe ₂ O ₃	2,96
CaO	5,40
MgO	0,62
SO ₃	-
K.K	7,23
Na ₂ O	1,11
K ₂ O	1,92
Toplam	99,21

b. Yapay Puzolanlar: Silisyum dioksit (silikat-SiO₂), alüminyum oksit (alüminat-Al₂O₃) ve demir oksit (Fe₂O₃) ana oksitleri olmak üzere doğal puzolanlarla aralarında kimyasal açıdan önemli bir fark yoktur. Yapay puzolanların tek farkı tabiatta doğal olarak bulunmayıp hepsinin birer endüstriyel yan ürün (sanayi atığı) olmasıdır. Bu yan ürünlerin mevcudiyeti su ve havanın kalitesi, tarım ürünleri, doğal hayat ve bölgenin ekonomik durumu açısından tehlike arz ettiğinden bunların çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilerek ortadan kaldırmak hatta ülke ekonomisine kazandırmak gerekmektedir. Doğal puzolanlara yakın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin verdiği olanaklarla yapay puzolanlar, puzolanik aktivitesiyle inşaat sektöründe kendilerine geniş kullanım alanları edinmeye başlamışlardır [44]. Tablo 7.2' de kullanılan endüstriyel hammaddelerin kullanım alanı, Türkiye rezervi, yaygınlık ve bölge olarak hazırlanan karşılaştırma tablosu yer almaktadır. Deneylerde kullanılan endüstriyel hammaddeler bu parametreler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

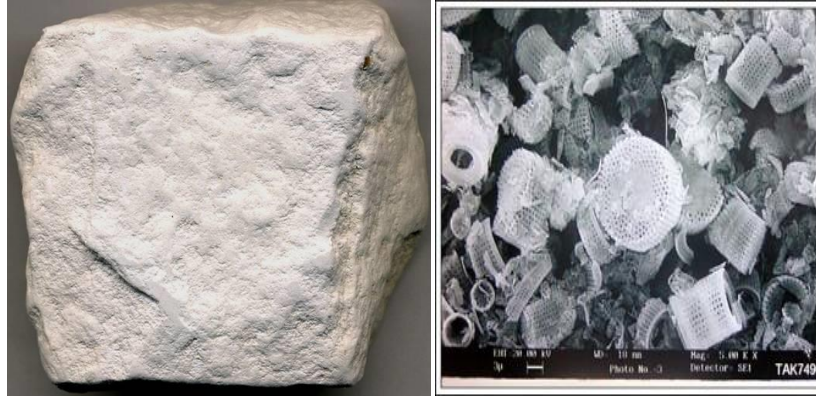
Tablo 7.2. Kullanılan endüstriyel hammaddelerin karşılaştırma tablosu

HAMMADDE	GRUP	KULLANIM ALANI	TÜRKİYE REZERV	YAYGINLIK	BÖLGE
BENTONİT	REFRAKTER KİL	Su Yalıtım	MEVCUT	YÜKSEK	ANKARA
		Dolgu Malzemesi			BALIKESİR
		Monolitik Harçlar			İSTANBUL
		Örgü Harçlar			
DİATOMİT	AMORF SİLİS	Dolgu Malzemesi	MEVCUT	DÜŞÜK	ÇANKIRI
		Isı Yalıtım			
		Su Yalıtım			
		Elektirik Yalıtım			
		Katalizör			
		Aşınma Dayanımı Arttırıcı			
		Çkme Basma Mukavemet Arttırıcı			
		Hafif Yapı Malzemesi			
VOLKANİK TUF	PUZOLAN	Hafif Sıva	MEVCUT	ORTA	SEYİTGAZİ
		Örgü Harcı			ÜRGÜP
		Isı Yalıtım Malzemesi			AKSARAY
		Bağlayıcı Katkı(Doğal Çimento)			

7.1.1. Diatomit

Diatomit, diatome adı verilen silisli alglerin kavrıklarının yığılması sonucu oluşan bir çökeldir. Diatome amorf silis (opal) den ($\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$) yapılıdır. Tane boyutu 2-200 mikron arası değişir. Rezervler, genellikle organik kalıntılar, kum ve volkanik küller içerirler. Ticari değeri olan kayaçların %86- 94'ü silistir. Kayaçların diğer kısmını ise alüminyum, demir ve kilden gelen alkaliler oluşturur. Genellikle gevşektirler ve un gibi dağılırlar. Renk açık bej, beyaz ve gri arası değişir. Organik olarak zengin diatomitler

kahverengi, siyah ve koyu yeşil renkli olarak doğada bulunabilirler [45]. Denizel formlar daha sert katmanlı olurlar. Diatomit'in en önemli özellikleri diatome kavrısından aldığı yüksek gözeneklilik ile düşük özgül ağırlık ve beyazlıktır. Kuru halde özgül ağırlığı 0.15 - 0.40 g/cm³ arası değişir. Yüksek absorpsiyon özelliği vardır. Ağırlığının 3 katına kadar su çekebilir. Ayrıca çimentodaki su fazlalığını giderme ve homojenliği arttırmak amacıyla kullanılabilir [46]. Görsel 7.1' de diatomit madeninin işlenmemiş hali ve SEM görüntüsü görülmektedir.



Görsel 7.1. *Diatomit ve diatomitin SEM görüntüsü [46].*

Diatomit denizel ve karasal ortamda tatlı ve tuzlu suda hatta nemli kaya yüzeylerinde yaşayabilirler.

Diatomit genellikle açık olarak işletilmektedir. Önceleri açıkta yakılıp kurutulurken, yakın zamanlarda modern tesislerde işlenmeye başlamıştır. Fındık iriliğine ufalanan diatomit, döner bantlarda 100°C den 900°C ye kadar fırınlanıp nem ve organik madde uzaklaştırılır. Diatomitin fiziksel özellikleri ham ve kalsine diatomit olarak Tablo 7.3' te verilmiştir.

Tablo 7.3. *Diatomitin fiziksel özellikleri [47].*

Değer	Ham diatomit	Kalsine Diatomit
Yoğunluk(g/cm ³)	2,29	2,34
Ph	7,91	8,58
Renk(L)	90,67	95,01
Geçirgenlik(m ²)	2,15. 10 ⁻¹⁵	4,74. 10 ⁻¹⁵

Diatomitin yüzde kimyasal minerolojik bileşimi ise Tablo 7.4' te verilmiştir.

Tablo 7.4. *Diatomitin kimyasal(%) minerolojik bileşimi [47]*

Kimyasal (%) ve Minerolojik Bileşim						
SiO ₂ en az	Al ₂ O ₃ en çok	Fe ₂ O ₃ en çok	CaO en çok	MgO en çok	Alkali oksitler en çok	K.K
85%	5%	% 1.5	1%	0,5%	1%	6%

Diatomit madeni bileşimde genel olarak en çok SiO₂ minerali bulunmaktadır.

7.1.1.1. Diatomit Rezervleri

Türkiye'de çeşitli bölgelerde diatomit yatakları bulunmaktadır. Diatomit çıkan yataklar 4 ana grupta toplanabilir.

a) İç Anadolu'nun güneydoğusu: Kayseri, Nevşehir ve Niğde illerinde diatomit madeni rezervleri oldukça fazladır. Hırka-Kayseri Türkiye'nin bilinen en büyük diatomit yatağıdır. Ayrıca Keprin, Melenki, Oymaağaç, Beydeğirmen köyleri yakınında diatomit rezervleri bulunmaktadır. Niğde, Nevşehir arasındaki Gelveri bucağının Ihlara ve Belısırma yatakları Etibank tarafından işletilmiştir, Ürgüp'te diatomit madeni bulunmaktadır.

b) Ankara - Çankırı Bölgesi: Çankırı il sınırları içinde Çerkeş - Orta - Şabanözü ilçelerinde Akhasan, Karaağaç, Bastak diatomitleri yer alır. Bunların bir kısmı işletilmektedir. Ankara il sınırları içinde ise Güvem - Gürcüköy ile Ayaş'ın Başberket ve Gücügöz rezervleri bilinmektedir.

c) Batı Anadolu Bölgesi: Bu yörede Afyon- Şeydiler, Kütahya - Alayunt, Uşak -Kayağıl diatomitleri araştırılmıştır. Aydın- Karacasu, Denizli - Tırkaz ve Karakıran rezervleri de

tanınmaktadır. Ayrıca, Balıkesir - Gönen İle Bursa - Orhuneli'nde de diatomite rastlanılmıştır.

d) Doğu Anadolu Bölgesi: İç Anadolu'nun güneydoğusunda yataklar hacim yönünden en geniş yataklar bulunmaktadır. Türkiye bulunan diatomitler genel olarak tatlı su ortamlarının küçük, planktonik diatomelerinden oluşan, kil ve tuf tufit ara katkılı çökelleridir. [48].

7.1.1.2. Diatomitin kullanım alanları

Diatomit, dünyada farklı sanayi dallarında kullanılan bir endüstriyel hammaddedir. Gözenekli bir yapıya sahiptir. Isı ses ve elektrik yalıtkanlığı sağlar. Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Diatomitin ülkemizde ve dünyada kullanıldığı belli başlı sanayi dalları aşağıda verilmiştir [49].

Filtre Malzemesi Olarak Kullanımı: Diatomit, filtrasyon işleminde sıvılarda asılı haldeki katı parçacıkların ayrılmasında filtreleme elemanı olarak kullanılmaktadır. Gıda sanayinde ham şeker likörleri, organik yağlar, margarin, meyve suları; gıda sanayi dışında bira, viski, şarap, asit, antibiyotik, kimyasallar, metalurjik çözeltiler; biyo teknoloji alanında enzim ve mikrop tutucular gibi alanlarda filtreleme elemanı olarak kullanılmaktadır [50].

Dolgu Malzemesi Olarak Kullanımı: Diatomitin, hafif, sağlam, kimyasal maddelere karşı dayanıklı bir hammadde olmasından dolayı dolgu malzemesi olarak kullanımı oldukça yaygındır. Diatomit, lastik, plastik, kauçuk, sentetik reçine, kağıt, ilaç, kozmetik, yapı malzemeleri, boya, diş macunu gibi bir çok malzemenin üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanılır.

Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanımı: Diatomit sıcak ve soğuk dayanımı fazla olması, ısı geçirgenliği az bir hammadde olması gibi özellikleri olmasından dolayı yalıtım malzemesi olarak da kullanılmaktadır [51]. Diatomit; buhar boruları, büyük fırınlar, buzdolapları ve soğutma odaları gibi alanlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca, diatomitin hafif yapılı bir hammadde olması yalıtım malzemelerinde avantaj sağlamaktadır [49].

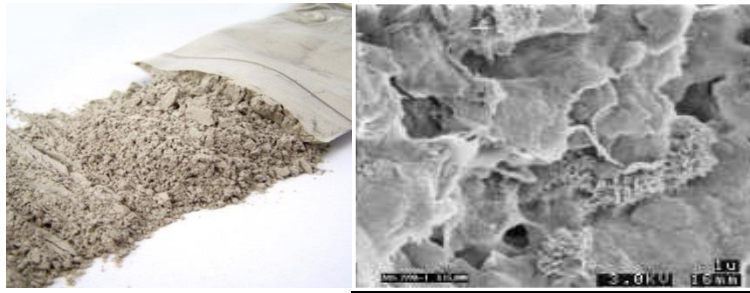
7.1.2. Bentonit

Bentonit terimi, Amerika’da, 19.yüzyılda Wyoming eyaletinde Ford Benton’da işletilmeye başlanan killere verilen bir ad olarak kullanılmıştır. Aslında bentonit, simektit grubu kil minerallerinin oluşturduğu bir kildir. Bentonit volkanik külün yerinde ayrışmasıyla oluşan ve büyük çoğunluğu montmorillonit kil mineralinden oluşan, çok fazla miktarda su emip şişen toprağımsı bir madendir.

Formülü, $A_14Si_8O_{20}(OH_4).nH_2O$ ’dur. Ancak oluşturucu mineral montmorillonit ise ki büyük çoğunluğuyla böyledir, bu mineralin bünyesindeki kalsiyum, sodyum ve magnezyumu içerir.

Volkanik kil veya tuf gibi camsı volkanik gerecin kimyasal ayrışmasıyla ve başlıca montmorillonit (simektit) grubu minerallerden oluşan bentonit kısmen kolloidal silisten ibarettir. Ca, Na ve Na-Ca montmorillonitlerden oluşmasına göre bentonitin jeolojik özellikleri değişmektedir. Örneğin, Na ve Na-Ca bentonitler sondaj, demir tozu peletlemesi gibi işlemlerde kullanılırken Ca bentonitler ağartma vb. işlemlerinde kullanılmaktadır.

Bentonit doğal haliyle yumuşak, suda hemen dağılan, el ile temas ettiğinde yağlı bir izlenim veren bir endüstriyel hammaddedir. Partiküllerin çok ince ve temas yüzeyinin büyük olması nedeni ile oldukça fazla su alma gücüne sahiptir. Yağ ve gliserini kolaylıkla emer [52]. Görsel 7.2’ de bentonitin görünüşü ve SEM görüntüsü verilmiştir. Bentonit kahverengisi renge sahip yumuşak kolay şekil alabilir, açık renkli bir kil taşıdır.



Görsel 7.2. Bentonit ve bentonitin SEM görüntüsü [52].

Bentonitler bağlayıcı ve yapıştırıcıdır. Bu niteliklerini yüksek sıcaklıklarda korumaları ise değerlerini daha da artırır. Refrakter, seramik ve diğer killerde belirli oranlarda karıştırılınca, bunlardan üretilecek malzemelere plastisite vermekte ve

mukavemetlerini artırmaktadırlar. Su alınca şişen bentonit tanecikleri aynı zamanda jelimsi bir kütle oluşturur. Bu özellik onun sondaj çamurunda çok gerekli bir malzeme olarak kullanılmasına yol açar. Çünkü şişerek kaya gözeneklerini tıkaması ve suyun kaçmasını önlemesi dışında, jel hali ile kuyu çeperinde kalınca bir sıva meydana getirir. Böylece sondaj esnasında hareketli halde olan sondaj çamuru çevreden tamamen bağımsız hale geçerek, yapması gereken işlemi, yani sistemi soğutma ve kırılan taneleri taşıyıp yüzeye çıkarma görevini tamamıyla etkili şekilde yürütür [53].

Killer; içeriklerindeki yabancı madde miktarı, oluşum yeri ve özelliklerinin farklı olması gibi koşullara göre birçok şekilde sınıflandırılabilirler. Killerin sınıflandırılmasında kristal yapı, tabaka tipi, tabaka yükü gibi ölçütler kullanılmaktadır.

Bentonitin su içerisine konduğunda şişmesi ve jelleşme göstermesi suyu absorbe etmesinden kaynaklanmakta olup bentonitler temel olarak suda şişen Na atomlarıdır.

Bentonitler, sodyum bentonitler, dengeli kalsiyum ve sodyum içeren bentonitler ve suda şişmeyen kalsiyum temelli bentonitler olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılırlar. Şişme özelliği olan Na bentonitler bünyelerine yaklaşık 1-1.5 kat su alabilirler. Su ile karıştırıldığında koloidal özellik göstermesi, su ve bazı organik sıvı ortamda hacimce şişmesi bu killerin kullanım alanlarını arttırmaktadır. Şişmeyen killer olarak adlandırılan Ca-bentonitlerde ise tabakalar arasında değişebilen iyonlarda kalsiyum mevcuttur [54].

7.1.2.1. Bentonit rezervleri

Ülkemizin başlıca bentonit yatakları, Biga yarımadası, Gelibolu yarımadası ve kuzeyi, Eskişehir-Ankara yöreleri, Çankırı-Tokat bölgesi, Ordu-Trabzon bölgesi, Kayseri, Nevşehir-Niğde bölgesi, Malatya-Elazığ bölgesindedir. Giresun ve Konya illerinde de daha az bilinen bentonit yatakları bulunmaktadır. Bu bölgeler ve yakın çevrelerinde küçük büyük çok fazla sayıda bentonit yatağı bulunur. Türkiye, 280 milyon tonluk bentonit rezervleriyle, toplam dünya rezervinin yüzde 15'ine sahiptir.

Türkiye bentonit grubu mineraller açısından zengin bir rezerve sahiptir. Ülkemizin toplam bentonit rezervleri, 280 milyon ton civarındadır [55].

7.1.2.2. Bentonitin kullanım alanları

Bentonit, sanayi, tarım, madencilik ve mühendislik jeolojisi gibi çok farklı alanlarda kullanılabilen bir kildir. Bentonit, düşük maliyeti ve Türkiye rezervlerin çok

olması nedeniyle özellikle tercih edilir. Bu avantajlarının dışında kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri sebebiyle de endüstrinin farklı kollarında hammadde olarak kullanılır. Bentonitin kullanıldığı alanlardan başlıcaları;

- Döküm kumu bağlayıcısı olarak kalıpların hazırlanmasında (16000°C'ye kadar dayanmaktadır); demire veya başka metallere hazırlanan döküm kalıplarının yapımında, döküm kumunu birbirine bağlanmasını sağlamak için bunlardan yararlanıldığında, ortaya çıkan kalıplar daha fazla dayanıklı, uygun derecede refrakter karakterli ve üretim esnasında kendi üstlerine yansıyacak çeşitli gazları geçirir özellikte olacaktır.
- İlaç, kağıt, lastik sanayisinde dolgu maddesi olarak; kağıt hamuruna ilavesi ile düzgün yüzeyli, dayanıklı ve ince yapılı kağıt elde edilebilir. Kağıt sektöründe topraksız, sabun kayganlığında ve beyaz renkte bentonit kullanılır.
- Kurşun kalem, renkli kalem, pastel boya, cam macunu, macun, tutkal yapımında dolgu malzemesi olarak,
- İnşaat mühendisliğinde temel ve baraj yapılarında su ve sıvı sızdırmazlığı elde etmede;
- Evcil hayvanların altlarına yayılacak atıklarının kolayca temizlenmesinde;
- Şarap ve meyve sularının berraklaştırılmasında;
- Alçılarda donma süresini kısaltıcı madde olarak;
- Boya sanayisinde ve yangın söndürücülerde;
- Yemeklik sıvı yağların ağartılmasında;
- Gübre yapımı ve toprak ıslahında;
- Atık suların temizlenmesinde;
- Hayvan yemi yapımında kullanılır.

Bentonit doğrudan temizleyici bir madde olup, saf haliyle sabunun %20-50'si kadar etkilidir. Bu bakımdan, sabun veya diğer temizleyicilerin üretiminde de bentonitten faydalanılır.

Bir diğer önemli kullanım alanı ise petrol sanayiidir. Arıtma tesislerinde yaygın olarak yararlanılması dışında, sondajcılık sektöründe de çok önemli bir maddedir. Petrol sondajlarında kullanılan sondaj çamuru, sondaj operasyonunun devamını sağlayan temel bir materyaldir. Hem ısınan çelik sistemi soğutur, hem de matkap tarafından delinen kayalardan ibaret olan ufacık kaya parçalarının dolaşım yoluyla yüzeye taşınmasını sağlar. Sondaj esnasında, kazılmış kuyu boşluğu ile onu çevreleyen doğal kaya kütlesi arasındaki su hareketi çok önemlidir; ya kuyudaki su çevredeki formasyonların çatlaklarına kaçarak kuyuyu susuz bırakacak ve sondajı yapılamaz hale getirecek, ya da bu formasyonlardaki yeraltı doğal suyunun kuyuya girmesiyle, su dengesi bozulacaktır.

Bentonitler çamur, jelsi bir kütle oluşturarak bu çatlak sistemini doldurur. Bu nedenle, su dengesi kurulmuş olacağından, sağlıklı şartlarla sondaja devam edilir [56].

7.1.3. Volkanik tuf

Volkanik tuf kayalar, çok sayıda gözenek içeren bir volkanik kaya türüdür. Volkanik tüfler, volkanik patlamalar sonucunda atmosfere atılan erimiş magma parçacıklarından oluşur. Malzemenin hava etkisinde kalması tufün camsı yapısının zeolitleşmesine neden olmaktadır. Zeolitleşme malzemenin puzolanik özelliğinde iyileşmeye yol açar. Tüflerin camsı yapısı ve içinde bulunan amorf silis miktarı puzolanik aktivitesi ile doğru orantılıdır [57]. Anadolu toprakları birçok volkanik aktiviteye maruz kaldığından volkanik tüfler bakımından oldukça zengindir. Görsel 7.3' de volkanik tufün işlenmemiş hali görülmektedir. Gözenekli yapıya sahip beyaz ve kuru halde sert bir madendir.



Görsel 7.3. *Volkanik tuf görüntüsü [57].*

Tüflerin kimyasal yapısı yöresel olarak farklılık gösterse de yakın kimyasal içeriklere sahiptirler. Tüflerin içerisinde genel olarak SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O ve H_2O bulunmaktadır. Bu maddeler içinde tüflerde en fazla rastlanılan SiO_2 bileşiğidir [58]. Volkanik tüfler özellikle Orta Anadolu yöresinde yaygın rezervlere sahiptir.

7.2. Endüstriyel Atıklar

Endüstriyel atıklar, endüstriyel işlemler sonucunda oluşan malzemelerdir. Termik santrallerde oluşan küller, demir çelik endüstrisinde oluşan yüksek fırın ve çelikhane cürüfları, çimento endüstrisinin yan ürünü olan fırın tozları, mermer endüstrisinde oluşan mermer toz atıkları, hurda otomobil lastikleri, cam endüstrisinden elde edilen cam kırıkları, tuğla endüstrisinden elde edilen tuğla atıkları endüstriyel katı atık sınıfına girmektedir [59].

Atık olarak elde edilen bu ürünlerin depolanması veya doğaya terk edilmesi çok büyük güçlükler yaratmaktadır. Endüstriyel atıklar, başta çevre kirliliği ve ekonomik kayıplar olmak üzere topluma çok büyük sorunlar getirmektedir. Bu nedenle, özellikle son yıllarda endüstriyel atıkların farklı malzemeler içinde değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde de evsel ve endüstriyel üretim işlemlerinden dolayı büyük miktarlarda atık malzeme birikimi gerçekleşmektedir. Kaynakların kısıtlı olması nedeniyle, üretim maliyetini azaltmak ve sürdürülebilir yaşam amacını desteklemek için, atık maddelerin geri kullanımı için atık maddelerin çeşitli alanlarda tekrar kullanımını son derece önemlidir [60].

7.2.1. Atık lastik tozu

Lastik, karbon siyahı, elastomerler, kimyasal maddeler, yağlar ve çeşitli kimyasal maddelerin birleşiminden oluşmaktadır. Dayanıklı, yüksek molekül yapılı polimerlerden ibaret doğal ve sentetik kauçuklardan üretilen lastiklerin kullanılıp faydalı ömürlerini tamamlamaları sonucu çevrede zor ortadan kalkacak hurda lastikler oluşmaktadır. Bu atık malzeme, yüksek karbon içeriğinden dolayı değişken organik bileşimleri emme özelliği bulunmaktadır.

Geri kazanım tesislerinde, her tür vulkanize olmuş atık ve lastik karışımı hurdaları çeşitli amaçlarla değerlendirilmektedir. Tekstil kumaş hurdalarının da uygun yöntemlerle takviye edici polimer bileşenlerinin çözeltiliye geçirildiği ve çözeltinin uzaklaştırılmasıyla rejenere lastik üretildiği bilinmektedir. Görsel 7.4' de atık lastik tozunun görüntüsü verilmiştir.



Görsel 7.4. *Atık lastik tozu görüntüsü [61].*

Hurda lastikler bütün olarak, kesilmiş, parçalanmış halde lastik kırıntısı veya lastik yongası olarak; öğütülmüş, granül hale getirilmiş, toz kauçuk ürünü olarak kullanılabilirler. Bütün halde hurda lastikler, birbirlerine bağlanarak alçak istinat duvarının yapımında ve erozyona karşı koruyucu olarak kullanılmaktadır. Parçalanmış ve yonga haline getirilmiş hurda lastikler, yol taban zemininde hafif dolgu malzemesi olarak, boyutları küçültülerek ve öğütülerek asfalt beton kaplamalarında ince agrega veya bitüm takviyeli olarak kullanılmaktadır. Lastik parçaları ve kırıntılarını endüstriyel işlem filtresi ve kazanlar için yakıt materyali olarak da kullanılabilir [61].

7.2.1.1. Atık lastik tozunun kimyasal özellikleri

Otomobil lastiği, içinde donatı olarak tekstil liflerinin, çelik veya fabrikasyon kuşakların ve çelik kabloların kullanılması sonucunda, kauçuğun sertleştirilmesiyle elde edilmektedir. Sıklıkla kullanılan kauçuk, ağırlıkça %25 styrene içeren Stiren-Bütadien Kopolimer (SBR)'dir. Lastik içerisinde sentetik cis poli izopropan ve cis poli bütadien doğal kauçukları da kullanılmaktadır. Lastik kauçukların bileşimleri ise Tablo 7.5' de verilmiştir. Atık lastik tozunun içinde kimyasal ve minerolojik olarak en çok SBR bulunmaktadır [62].

Tablo 7.5. *Kauçuk Kimyasal Bileşimi [62].*

Kimyasal (%) ve Minerolojik Bileşim						
SBR	Karbon Siyahı	İnceltici Yağ	Zink Oksit	Steraik Asit	Sülfür	Hızlandırıcı
62,00	31,00	1,90	1,90	1,20	1,10	0,70

Karbon siyahı, kauçuğun mukavemetini ve aşınma direncini arttırmak için kullanılır. İnceltici yağ aromatik hidrokarbonların bir karışımıdır ve bunlar kauçuğun yumuşatılmasına ve işlenebilirliğinin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Sülfür, kauçuk içindeki polimer zincirlerini çapraz bağlantı yapmak için kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda aşırı sertleşme ve deformasyonu da önlemektedir. Rejenere kauçuk, boyutu küçültülmüş hurda lastikler, yağ, su ve kimyasallardan oluşan bir karışımın kimyasal işlemi ile üretilir. Son bileşik, son ürün ihtiyaçlarına göre katkı maddelerinin katıldığı ileri bir termo mekanik sürece verilir. Malzemenin kalın parçaları preslenir, kesilir ve taşınmak üzere sarılır. Yeni bileşiklerle karıştırılmış rejenere kauçuk, kalıplanmış levhaların geniş bir aralığında kullanılabilir. Piroliz, hurda lastiklerin yakıtta çevrimi için kullanılan yöntemlerden biridir. Piroliz işlemi, ısı ile kimyasal bağların kırılmasıdır. Hurda lastiklerin pirolizi ile karbon siyahı, gaz, yağ ve hurda çelik elde edilir. Oluşan yağ yakıt olarak, karbon siyahı ise güçlendirici dolgu malzemesi veya aktif karbon olarak kullanılabilir. Sıcaklık azaldığında yağ geri kazanılan ilk yakıtken, sıcaklık artığında daha fazla gaz üretilir. Pirolizin gerçekleşmesi için lastikler 50–1100 °F arasında ısıtılmalıdır [63].

7.2.2. Atık mermer tozu

Maden sektörü içerisindeki doğal taşlar insanoğlu tarafından bilinen en eski inşaat malzemeleridir. Doğal taşlardan mermer ise eski çağlardan beri medeniyetlerin kurulmasında, kültürlerin gelişmesinde önemli bir rol almıştır. Başta inşaat sektörü olmak üzere birçok sektörde mermer kullanımı artmaktadır. Maden cevherlerinin kazılması ve işlenmesi sırasında büyük miktarlarda atık kayaçlar ve bu kayaçların öğütülmesi, parçalanması sırasında da tortular oluşmaktadır.

Mermer işleme tesislerine blokların ve plakaların kesilmesi esnasında açığa çıkan ve büyük çoğunluğu 1 mm'nin altındaki mermer taneleridir. Kesme işleminin su ile yapılması sebebiyle bu atıklar doğrudan suya karışır ve şlam halinde çöktürme havuzlarında arıtma tesislerinden alınır [64]. Mermer atık tozu olarak, mermer bloklarının ocaktan çıkarılması, fabrikalarda işlenmesi ve atölye aşamalarında ortaya çıkan ve mermer üretiminden geriye kalan tüm mermer parçaları ve partikülleri olarak değerlendirilebilir. Ülkemizde mermer, ekonomiye kazandırılmak amacıyla günümüzde özellikle mermer tozu olarak çeşitli sanayi dallarında katkı veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Mermer tozları çimento sanayi, yem ve gübre sanayi, seramik sanayi,

yapı malzemesi sanayi, boya sanayi, plastik sanayi gibi birçok sanayi kolunda kullanılmaktadır.

Mermer tozu çok bilinen kullanım alanları dışında, az oranda da olsa kimya sanayiinde, kauçuk üretiminde, patlayıcı madde üretiminde, şeker teknolojisinde, süs eşyası ve biblo yapımında, temizlik malzemelerinde, filtrasyon işlemlerinde ve cam sanayinde değerlendirilebilmektedir. Parça boyutları dikkate alındığında mermer atıkları 2 gruba ayrılır.

Birinci grup, iri boyutlu parça mermer atıklarıdır. Bunlar çoğunlukla artık olarak nitelendirilir. Artıklar, sayalama, tarama işlemleri esnasında ortaya çıkan ve doğrudan mermer niteliğinde kullanımları olan parça, kırık ve kırıntı özelliğindeki ürünlerden oluşmaktadır. Kesilen mermer, birkaç milimetrede olabilir, blok boyutunda da olabilir.

İkinci grup ise koloidal yapıda olup, çoğu 150 m olan ve maksimum parça boyutu 1 mm'ye kadar ulaşabilen kesim sonrası atıklardır. Bunlar genelde mermer çamuru olarak nitelendirilirler. Atıklarda farklı olarak karışımlarında hidrokarbonlar, metal talaşları ve polisajdan kaynaklanan bazı kimyasal ve mermer dışı malzemeleri içerebilirler. Artıklar pasa ya da moloz döküm sahalarında depolanırken; atıklar suyla beraber dekantasyon havuzlarında toplanırlar [65]. Görsel 7.5'de atık mermer tozunun görüntüsü verilmiştir. Mermer tozu beyaz renkte, büyük çoğunluğu 300 mikronun altında olan mermer tanecikleridir.



Görsel 7.5 Atık mermer tozu görüntüsü [64].

7.2.2.1. Atık mermer tozunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri

Özgül ağırlıkları 23,8–27,5 kN/m³ değerleri arasında değişmektedir. Sertlik katsayısı 3–4 değerlerini almaktadır. Su emme değeri %10-%30 arasında değişmektedir. Gözeneklilik değeri 0,20 ve basınç mukavemeti 64,8–70,1 mPa değerini almaktadır.

Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit, değişik metal oksitleri ile silikat mineralleri bulunur. Bileşimlerinin %90-98'i CaCO₃'ten (Kalsiyum karbonat) oluşmaktadır. Kimyasal bileşimi Tablo 7.6' da görülmektedir. % 49,53 değerinde kalsiyum oksit içerdiğinden, yapısı da ince olduğundan kirece benzer özellikler göstermektedir [66].

Tablo 7.6. Mermer Tozunun Kimyasal Bileşimi [66].

Kimyasal (%) ve Minerolojik Bileşim			
SiO ₂	FE ₂ O ₃	CaO	MgO
0,24	0,02	49,53	2,20

7.2.3. Atık kiremit tozu

Kiremit, iyi cins kil ve killi maddelerin homojen bir hale getirilip su ile yoğrulduktan sonra pres ile şekillendirilmesi ve kurutulup uygun bir sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilir. Kiremit tozu ve irmiği, sadece kiremitten yapılmaktadır. İçeriğinde kömür tozu, toprak, taş vb. yabancı madde tuğla, toz ve kırığı bulunmamaktadır. Ekonomik bir malzemedir, bakım gerektirmez. Hijyeniktir, mikrop barındırmaz. Atık kiremit tozu, spor, koşu ya da yürüyüş alanlarında uygun değerde esneme yaparak, yorgunluğu engellemesi ve ayak sağlığını koruması gibi özellikleri nedeniyle tercih edilirler. [67]. Görsel 7.6' da atık kiremit tozu görüntüsü verilmiştir. Atık kiremit tozu renginde, kalınlıkları 4-7 mm değişir. 1 metreküpü yaklaşık 1100 - 1150 kg. gelmektedir.



Görsel 7.6. Atık kiremit tozu [67].

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

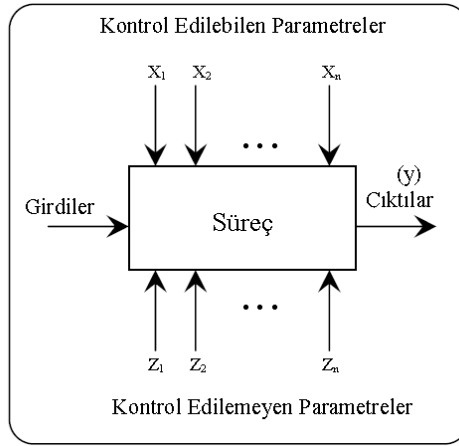
8.1. Deney Tasarımı

Deneyler, araştırmacılar tarafından bir sistemi ya da belirli bir süreci tanımlamak ve anlamak için kullanılan, süreç ya da sistemin girdilerinde değişiklik yapılarak çıktılarının gözlemlenmesi ve analiz edilmesidir. Literatürde bir deney aynı zamanda bir testtir [68]. Mühendislikte, ürün ve süreç geliştirmede deneysel çalışmalar önemli bir yer tutar. Deney tasarımı, bir prosesteki girdiler üzerine istenilen değişikliklerin sistematik bir şekilde yapılmasıyla cevap değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi ve yorumlanması olarak tanımlanan bir kalite geliştirme tekniğidir. Deney tasarımı, “kalite ürünle birlikte tasarlanmalı” anlayışının bir uygulamasıdır.

Deney tasarımının başlıca amaçlarından biri deney hatalarını en aza indirmektir [69]. Deneyin planlaması sırasında bir kontrol listesinin oluşturulması gereklidir. Bir deneyin tasarımında kontrol listesinde oluşturulan adımların hiçbiri bir birinden bağımsız değildir. Gerektiği durumlarda, kontrol listesindeki bir önceki adıma dönülüp düzeltilebilir ve tekrar uygulamaya geçilir.

Genel olarak deneyler, sistemin ya da sürecin performansını ölçmede de kullanılır. Deneyin gerçekleştirilmesi sürecinde, deneyde kullanılacak değişkenler makine, donanım, yöntem ve insan kaynakları gibi girdi türleri olabilir. Deneylere etki eden değişkenler iki şekilde sınıflandırılabilir. Kontrol edilebilen değişkenler, denenecek malzemelerin çeşitleri, sıcaklık farklılıkları, karışım oranları gibi kullanıcı tarafından doğrudan kontrol edilebilen değişkenlerdir. Kontrol edilemeyen değişkenler, çevre sıcaklığı, nem oranı, sıcaklık değişimi, nakliye gibi kullanıcının değiştiremediği, kontrol edilemeyen değişkenlerdir. Bir deney tasarımında, kontrol edilemeyen değişkenler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Deney tasarımı diğer bilimsel disiplinlere benzer, aynı zamanda kendine özgü terim ve yöntemler içerir. Deneysel çalışmalarda çok sayıda deneyler yapılır. Bu deneyler laboratuvar ortamında, pilot uygulama, tam uygulama ya da klinik olarak yapılabilmektedir [70]. Görsel 8.1’ de verildiği gibi veriler deneysel çalışmaların ve gözlemlerin kesişim noktasında olmalıdır. Deneysel çalışmalarda değişkenlerin kaynağı her bir test için kontrol edilebilir ya da sabitlenebilir. Ancak gözlemsel çalışmalarda değişkenler kontrol edilemezler sadece veri olarak kaydedilebilirler [71].



Şekil 8.1. Bir sistem ya da sürecin genel modeli [69].

Veriler deneysel ya da gözlemsel çalışmaların merkezindedir. Deneysel çalışmaların en temel problemlerinden biri de çıktılarının formüle edilmesidir.

Deneye konu olan ürün performansına etkisi olan etkenler ve uygun düzeyler belirlendikten sonra, sadece kritik olan etkenleri kapsayacak şekilde bir model oluşturulur ve analizi yapılır. Çalışmanın duyarlılığı için bu şekilde bir analiz yapılması gereklidir. Analizde, kurulan model temelinde deney için elde edilmiş verilere ilişkin bazı grafikler oluşturulur. Deney tasarımında, sapmaların tahmin değerlerinin de karşılaştırıldığı analizde, verilerin bir tür kontrol grafiği biçiminde dağılımına sapmalar için normal dağılımı temsil edip etmediğini belirtmek için histograma, sapmalar için normal olasılık grafiğine ve yer verilmektedir.

8.1.1. Cevap yüzey (Response surface) metodu

Cevap Yüzey Yöntemi ilk olarak 1951 yılında kimya mühendisliği araştırmalarında optimizasyon çalışmaları amacıyla Dr. G.E. Box (1980) tarafından kullanılmıştır [72].

Cevap yüzey yöntemi (Response Surface Methodology, CYY), ilgilenilen cevabın birkaç parametre tarafından etkilendiği problemlerin modellenmesi ve analizi için kullanılan matematik ve istatistik tekniklerinin birleşimidir ve amacı cevabı optimize etmektir [73].

Birden fazla faktörün etkili olduğu sistemlerde tercih edilen bu yöntemin en büyük uygulamaları endüstriyel alanlardır. Yöntemin üç önemli kullanım alanı şunlardır:

- * Cevabı etkileyen faktörlere verilen değerlere göre elde edilecek optimum çalışmalar
- * Faktörlere verilecek özel değerlere göre cevabın ne Görselde etkilendiğini belirlemeye yönelik çalışmalar [72].

Bir sistemde elde edilen sonuç verileri CYY için cevap değerleridir. Cevaplar normalde sürekli ya da kesintili (başta ve sonda) olarak ölçü aletleriyle okunur ve sistemin en önemli fonksiyonudur. Bu yüzden cevapların mümkün olduğunca özenli ve uygun bir ölçme sistemiyle alınması, modelin güvenilirliği açısından önemlidir. Deneyler sonucunda elde edilen model CYY kullanılarak polinom denklemi şeklinde ifade edilir. CYM’nda esas olan iki kısım vardır [74].

- * Deneysel olarak belirlenen faktör değerleri sonucunda elde edilen cevapların matematiksel modelde değerlendirilmesi

- * Matematiksel olarak elde edilen modelin istatistiksel olarak analizi

Örneğin, bir kimya mühendisi sürecin verimini (y) maksimize eden sıcaklığın (x1) ve basıncın (x2) seviyesini bulmak istiyor. Süreç verimi, sıcaklık ve basıncın seviyesinin bir fonksiyonudur;

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (8.1)$$

ε , y cevabında gözlenen gürültü veya hatadır. Eğer beklenen cevap $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$ ile gösterilirse, yüzey $\eta = f(x_1, x_2)$ olarak ifade edilir ve cevap yüzeyi olarak adlandırılır.

Çoğu CYY probleminde cevap ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki bilinmemektedir. Bu sebepten dolayı, CYY’ de ilk basamak, y ve bağımsız değişkenler arasındaki gerçek fonksiyonel ilişki için uygun yaklaşımı bulmaktır. Eğer cevap, bağımsız değişkenlerin lineer bir fonksiyonu ile iyi modelleniyorsa, yaklaşım fonksiyonu birinci derecedir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (8.2)$$

Eğer sistemde bir eğim açısı varsa, yüksek dereceli bir polinom kullanılmalıdır, örneğin ikinci derece model;

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (8.3)$$

Tüm CYY problemleri, bunlardan birini ya da tümünü kullanır. Elbette polinom modelinin, tüm bağımsız değişkenlerin gerçek fonksiyonel ilişkisine makul bir yaklaşım oluşturması olanaksızdır fakat, oldukça küçük bir bölgede iyi çalışmaktadır.

Optimum noktalar; durağan noktaların yerleşimi için genel bir matematiksel çözüm ile elde edilebilir. Matris gösteriminde ikinci dereceden model yazılarak,

$$y = \beta_0 + x'b + x'Bx \quad (8.4)$$

elde edilir. Burada;

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ X_k \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad B = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12}/2 & \cdot & \cdot & \cdot & \beta_{1k}/2 \\ & \beta_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \beta_{2k}/2 \\ & & \cdot & \cdot & \cdot & \\ & & & \cdot & \cdot & \\ \text{sym.} & & & & & \\ & & & & & \beta_{kk} \end{bmatrix} \quad (8.5)$$

şeklindedir.

b: birinci dereceden regresyon katsayılarını içeren (k x 1) bir vektör.

B: ana köşegen elemanları saf kuadratik katsayıları olan (β_{ii}) ve köşegen dışı elemanları karışık kuadratik katsayıların yarısı olan (β_{ij} , $i \neq j$) (kxk) tipinde simetrik bir matristir.

X vektörünün elemanlarına göre 'y' türevi sıfıra eşittir.

$$\partial y / \partial x = b + 2Bx = 0 \quad (8.6)$$

Durağan nokta yukarıdaki denklemin çözümü ya da,

$$x = -\frac{1}{2} B^{-1}b \quad (8.7)$$

şeklindedir.

Polinom yaklaşımlarında parametrelerin tahmini için en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Daha sonra, oluşturulmuş yüzey kullanılarak, yüzey cevap analizi gerçekleştirilmektedir. Eğer oluşturulmuş yüzey, gerçek yüzey fonksiyonuna uygun bir yaklaşımdaysa; oluşturulmuş yüzeyin analizi, asıl sistemin analizine yaklaşık olarak eşit olacaktır. Model parametreler en etkin, veri toplamak için doğru deney tasarımları kullanıldığında tahmin edilebilmektedir. Cevap yüzeylerine uygun tasarımlar yüzey cevap tasarımlarıdır.

CYY ardışık bir prosedürdür. Çoğunlukla, yüzey cevabında uygun değerden uzak bir noktada bulunulduğunda, sistemde küçük bir eğim açısı olur ve birinci derece model daha uygundur. Burada amaç, deney yapanın uygun değer çevresine doğru gelişen bir yolda hızlı ve verimli olmasını sağlamaktır [73].

CYY'nin en kapsamlı uygulaması, endüstride özellikle cevap denen performans ölçümü veya kalite karakteristiklerini etkileyebilecek bazı girdiler olduğunda yapılmaktadır. CYY'nin gerçek uygulamalarının çoğu birden fazla cevap içermektedir [75].

CYY dört basamaklı bir süreçtir. İlk olarak, ürünü veya süreci için önemli olan kritik faktörler belirlenir. İkinci olarak, örneklerin fiziksel özelliklerini kapsayan faktörlerin seviye aralığı belirlenir. Üçüncü olarak, deney tasarımı ile özellikli test örnekleri belirlenir ve test yapılır. Dördüncü olarak ise, deneylerden elde edilen veriler CYY ile analiz edilir ve yorumlanır [75]. CYY etkin kullanmak için beş adet varsayım vardır:

1. Ürün için kritik faktörler bilinmektedir.
2. Ürünü etkileyen faktör düzeylerinin bulunduğu ilgilenilen aralık bilinmektedir.
3. Deney test aralığında faktörler devamlı değişmektedir.
4. Faktörleri, ölçülen cevapla ilişkilendiren bir matematiksel denklem vardır. Bu denklem ile ifade edilen cevap, düzgün bir yüzeydir [76].
5. Bu varsayımların yanı sıra, deney yapan kişi CYY kullanırken, beş kısıtlamanın da farkında olmalıdır.

CYY'nin sonuç olarak amacı; sistem için uygun değer çalışma koşullarını belirlemek veya çalışma gerekliliklerini karşılayan bir faktör bölgesini belirlemektir [73].

8.1.2. Design Expert 7.0.0 programı

Design Expert 7.0.0 yazılım programı deney tasarımı için kullanılan programlardan bir tanesidir. Bu programla deneyler hızlı bir şekilde planlanabilir, veriler analiz edilebilir ve sonuçlar grafiksel olarak elde edilebilir.

Program ile prosesi etkileyen önemli faktörler görülebildiği gibi, CYY ile ideal proses tanımlanıyor ve optimum ürün formülasyonları da Karışık Deney Tasarımı ile yapılabilmektedir. Tasarım içindeki denemelere kullanışlı tasarım editörü sayesinde ekleme, çıkarma ve kopyalama işlemi yapılabilmektedir. Açıklamalı istatistiksel analizler ve kapsamlı içerik yardım sistemi sayesinde çıktılar kolaylıkla yorumlanabilmektedir. Etkileşimli iki boyutlu renkli grafik desteği ile grafik üzerine kontur çizilebiliyor veya koordinatları gösteren ve çıktılardan tahmin edildiği bayraklar yerleştirilebilmektedir. Döndürülebilir üç boyutlu renkli grafik ile de çıktı görselliği daha da kolaylaşmaktadır. Design Expert'in güçlü optimizasyon özellikleri sayesinde eşzamanlı düzinelerce çıktı maksimize veya minimize edilebilmektedir. Bu program ile prosesi veya ürünü (çıkıyı) optimize etmek için;

- Faktöriyel Tasarım
- Response Surface Methods (CYY)

- Karışık Tasarım Teknikleri
- Kombine Tasarımlar
- Karışım Tasarımı

temel başlıklarında birçok deney tasarım yöntemleri uygulanabilmektedir [77].

8.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

Hazırlanan su yalıtım malzemelerinin testlerinin yapılması için çekme koparma cihazı ve basınçlı su geçirgenlik cihazı kullanılmıştır. Bu cihazlar dışında etüv, hassas terazi, su banyosu ve derin dondurucu da testler öncesi hazırlık aşamalarında kullanılmıştır.

8.2.1. Çekme koparma cihazı

Çekme koparma deneyi malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla en fazla kullanılan test yöntemidir. Çekme koparma deneyinde bir malzemenin statik ve yavaş uygulanan bir yüke karşı dayanımı ölçülmektedir. Deney, malzemenin kopma anındaki uzama miktarının yüzde (%) olarak belirlendiği testtir. Universal çekme cihazı ile yapılan kopma uzaması testi sabit hız altında test edilen numunenin kopma noktasına kadar çekilmesi ile yapılır. Uzama miktarı cihaz üzerindeki ekstansiyometre yardımı ile otomatik olarak ölçülür.

Universal tip çekme koparma cihazının özellikleri;

- 10 k N kapasiteli
- Doğrudan çekme kuvveti veren,
- 250 N/s \pm 50 çekme hızına sahip bir cihazdır.

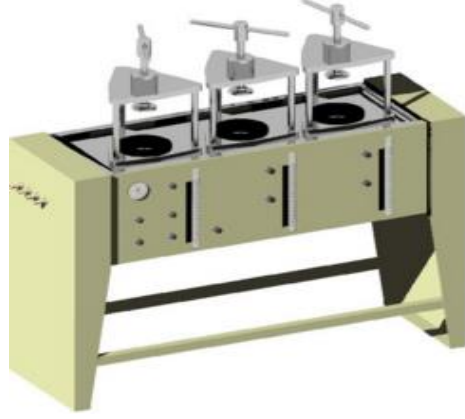
Görsel 8.2' de görüldüğü gibi kopma mukavemeti ölçülecek olan ürün numunesine ait test karolarının üzerine yapıştırılmış olan metal blokların cihaza tutunmasını sağlayacak olan vidaları metal blokların üzerine yerleştirilir. Üst kısımdaki büyük vida çevrilerek küre kafasının sabitlenmesi sağlanır. El manivelası sabit hızda test karosu kopana kadar çevrilir. Test karosu koptuktan sonra cihaz üzerinde değer okunarak kayıt edilir.



Görsel 8.2. Çekme koparma cihazı görüntüsü

8.2.2. Basınçlı su geçirgenlik cihazı

Basınçlı su geçirgenlik cihazı, ayarlanmış basınç altında ve sürede betonun (geçirimsizlik) içindeki suyun penetrasyonunun derinliğini üç noktadan tespit eder. Basınçlı su geçirgenlik testi için, ölçüleri 200x200x200 mm olan küp, silindir ve prizma numuneleri hazırlanır. Testi yapılacak numuneler, test bölmesine yerleştirilir, uygun bağlantı ve contalarla sıkıştırılır. Daha sonra bilinen basınç altında, basınçlı su ayarlanmış sürede standarda göre numune yüzeyine uygulanır. Cihaz maksimum 15 bar basınçta çalışabilmektedir. Su geçirgenliği, numunenin kırılması veya doğrudan ön paneldeki dereceli büret üzerinden okunur. Görsel 7.3' de basınçlı su geçirgenlik cihazının görüntüsü verilmiştir. Cihaz üç farklı hazneden oluşmaktadır. Her haznenin altında su basıncının kontrol edilebileceği manometreler bulunmaktadır. Cihazla aynı anda 3 beton numunesi test edilebilmektedir.



Görsel 8.3. *Basınçlı su geçirgenlik cihazı*

8.3. Su Yalıtım Ürünlerinin Tabi Olduğu Test Standartları

Su yalıtım malzemeleri için iki farklı standart kullanılmaktadır. Ürünlere uygulanması gereken testler uygulama alanı ve ürün tipin göre standartlarda belirtilmiştir.

8.3.1. TS EN 14891:2012 standardı

Standartın açıklaması, yapıştırıcılarla tutturulmuş seramik karoların altında kullanım için sıvı halde uygulanan su geçirmez ürünler-gerekler, deney yöntemleri, uygunluk değerlendirmesi, sınıflandırma ve kısa gösterilişidir. Standart sıvı olarak uygulanan tüm su geçirimsizlik ürünleri, polimer modifiyeli çimento esaslı harçlar, dispersiyonlar, reaksiyon reçine esaslı kaplamalar gibi duvar ve yerde kullanılan seramik altında kalan malzemeleri kapsamaktadır. Standart amaçlarına göre su yalıtım malzemeleri 8'e ayırmıştır.

8.3.1.1. Sıvı olarak uygulanan su geçirimsiz ürünler

Tek ya da daha fazla bileşenli tek bir tabaka halinde uygulanan seramik altında kalan su yalıtım malzemeleridir.

8.3.1.2. Polimer modifiyeli çimento esaslı sıvı uygulanan geçirimsiz malzemeler

Hidrolik bağlayıcı, dolgu ve organik katkılardan oluşan, kullanımdan önce sadece su ile karıştırılarak kullanılan su yalıtım malzemeleridir.

8.3.1.3. Dispersiyon sıvı uygulanan su geçirimsiz malzemeler

Organik bağlayıcı olarak su bazlı polimer dispersiyonu, organik katkı ve mineral dolgular içeren su yalıtım malzemeleridir.

8.3.1.4. Reaksiyon reçine esaslı sıvı uygulanan su geçirimsiz malzemeler

Sentetik reçine, mineral dolgular ve kimyasal reaksiyonla sertleşme işlemine sebep olan organik katkılar içeren su yalıtım malzemeleridir.

8.3.1.5. Çatlak köprüleme özelliği

Çatlak ve bozunmaları yayılmasını durdurma yeteneğine sahip olan su yalıtım malzemeleridir.

8.3.1.6. Astarlar

Yapışma ve bağ yapma, dayanım gücünü arttıran uygulamadan önce yüzeye uygulanarak kullanılan sıvı ürünlerdir.

TS EN 14891:2012 standardına göre zorunlu karakteristik özellikler Tablo 8.1’de verilmiştir. Standarda göre seramik karoların altında kullanılacak olan su yalıtım malzemelerine ilk gerilim yapışma dayanımı, su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı, sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı, donma-çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı, kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma dayanımı, su geçirimsizlik, standart koşullarda çatlak köprüleme zorunlu olarak yapılmalıdır. Bu testlerle ilgili olması gereken minimum değerlerde yine standartta belirtilmiştir.

Tablo 8.1. TS EN 14891:2012 standardına göre zorunlu karakteristik özellikler [78].

Zorunlu Karakteristik Özellikler		
Özellikler	Olması Gereken Değer	Test Metodu
İlk Gerilim Yapışma Dayanımı	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	TS EN 14891:2012 A.6.2
Su Temasından Sonra Gerilme Yapışma Dayanımı	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	TS EN 14891:2012 A.6.3 veya A.6.4
Sıcak Uygulamasından Sonra Gerilme Yapışma Dayanımı	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	TS EN 14891:2012 A.6.5
Donma-Çözünme Çevriminden Sonra Gerilme Yapışma Dayanımı	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	TS EN 14891:2012 A.6.6
Kireçli Su ile Temastan Sonra Gerilme Yapışma Dayanımı	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	TS EN 14891:2012 A.6.9
Su Geçirimsizlik	Penetrasyon olmamalı $\leq 20 \text{ g}$ ağırlık kaybı	TS EN 14891:2012 A.7
Standart koşullarda çatlak köprüleme	$\geq 0,75 \text{ mm}$	TS EN 14891:2012 A.8.2

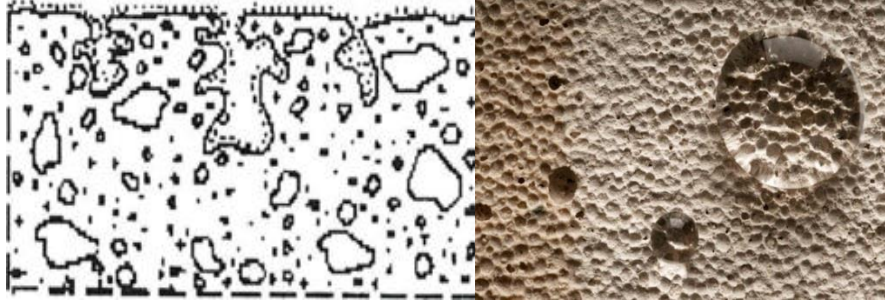
8.3.2. TS EN 1504-2 standardı

Standardın açıklaması, Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler-tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi-bölüm 2:beton için yüzey koruma sistemleridir.

TS EN 1504-2/Nisan 2008 standardı Madde 3'e göre beton koruma malzemeleri dört ana başlık altında incelenebilir.

8.4.2.1. Hidrofobik empenye

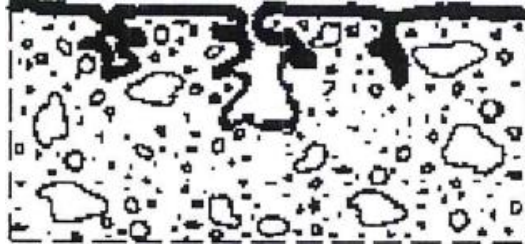
Hidrofobik empenye malzemeler su itici yüzey oluşturmak için betona uygulanır. Hidrofobik empenye uygulamasıyla gözenekler ve kılcal boşluklar iç kısmından kaplanır ancak tamamıyla doldurulamaz. Uygulama sonunda beton yüzeyinde çok az değişiklik oluşur veya hiç oluşmaz, ince bir tabaka oluşmaz. Görsel 8.4'de hidrofobik empenyenin porozlu yüzey üzerindeki görüntüsü verilmiştir. Görselde görüldüğü gibi su damlacığı hidrofobik empenye uygulanmış yüzey tarafından absorbe edilmemektedir [79].



Görsel 8.4. *Hidrofobik emprenyenin şematik ve uygulama gösterimi [79].*

8.4.2.2. Emprenye malzemesi

Emprenye malzemeler, yüzey gözenekliliğini azaltmak ve yüzeyi güçlendirmek için betona uygulanır. Emprenye malzemesi uygulaması ile gözenekler ve kapiler boşluklar kısmen veya tamamen doldurulur. Bu işlem sonucunda, beton yüzeyde genellikle kesintili ve ince bir tabaka oluşur. Kullanılan bağlayıcı malzemeler, organik malzemeler olabilir. Görsel 8.5’ de emprenyenin şematik gösterimi verilmiştir [79]. Emprenye malzemeler hidrofobik emprenyelerden farklı olarak su itici bir yüzey oluşturmaz fakat yüzey üzerinde koruyucu bir tabaka oluşturarak su girişini engeller.



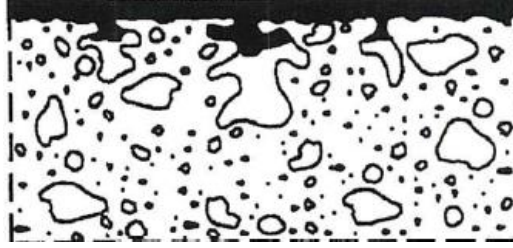
Görsel 8.5. *Emprenyenin şematik gösterimi [79].*

8.4.2.3. Kaplama malzemesi

Kaplama malzemeleri kesintisiz(sürekli) bir yüzey oluşturmak için yapılır. Kalınlık genellikle 0,1 mm ile 5 mm arasındadır. Özel uygulamalar 5 mm den fazla kalınlık gerektirebilir.

Bağlayıcılar, organik polimerler, dolgu maddesi olarak çimento ile karıştırılmış organik polimerler veya polimer dispersiyon ile güçlendirilmiş hidrolik çimento gibi

malzemeler olabilir [79]. Görsel 8.6' da görüldüğü gibi kaplama malzemesi yüzey üzerinde kalın bir tabaka oluşturarak suyun absorbe edilmesini engellemektedir.



Görsel 8.6. *Kaplama malzemesinin şematik gösterimi [79].*

Deneylerde kullanılacak su yalıtım malzemesi TS EN 1504-2 standardına göre 3.3 Kaplama sınıfına giren bir su yalıtım malzemesidir.

TS EN 1504-2/Nisan 2008 standardına göre zorunlu karakteristik özellikler su yalıtım malzemesinin türüne göre Tablo 8.2' de verilmiştir. Ayrıca, yapılması gereken zorunlu testler yapılma sıklığına göre de listelenmiştir.

Tablo.8.2. TS EN 1504-2 ye göre su yalıtım malzemeleri zorunlu testler [79].

Karakteristik	Silan/Siloksan	Polimer Çözültisi Polimer dispersiyonu	Epoksi Reçinesi	Poliüretan Reçinesi	Akrilik Reçinesi	Polimer modifiye çimento bileşimi
Bileşenler üzerinde uygulanan deneyler						
Genel görünüm ve renk	A	A	A	A	A	A
Yoğunluk -Piknometre yöntemi veya daldırılmış gövde yöntemi	A	A	A	A	A	A ^a
Kızılötesi spektrum ^d	D	D	D	D	D	D ^a
Epoksi eşdeğeri ^d	-	-	D	-	-	-
Amin işlevleri	-	-	D	-	-	-
Hidroksil değeri ^d	-	-	-	D	-	-
İzosiyanat içeriği ^d	-	-	-	D	-	-
Uçucu ve uçucu olmayan madde	-	B	-	-	-	-
Kül içeriği	-	B	-	-	-	-
Termogravimetri	-	D	D	D	D	D
Viskozite/yayımla süresi	A ^b	A	A	A	A	A ^a
Kuru bileşenlerin tane büyüklüğü dağılımı	-	-	C	C	C	C

Tablo.8.2. (Devam) TS EN 1504-2 ye göre su yalıtım malzemeleri zorunlu testler [79].

Karakteristik/Nitelik	Silan/Siloksan	Polimer Çözültisi Polimer dispersiyonu	Epoksi Reçinesi	Poliüretan Reçinesi	Akrilik Reçinesi	Polimer modifiye çimento bileşimi
Taze karışım veya sertleşmiş numuneler üzerindeki deneyler						
Yüzey-kuru-cam bincuklar yöntemi	-	B	-	-	-	-
Kap(pota) ömrü	-	-	A	A	A	-
1,3, ve 7 gün sonra Shore A veya D sertliğindeki ilerleme	-	-	B ^c	B ^c	B ^c	-
Uçucu ve uçucu olmayan madde	-	-	B ^a	B ^a	B ^a	-
Kül içeriği	-	-	C	C	C	-
Harcın kıvamı veya işlenebilirliği veya akışı	-	-	-	-	-	B
Dökme yoğunluğu	-	-	-	-	-	B
Sertleşme Süresi	-	-	-	-	-	B
Performans Karakteristikleri						
Çekme koparma deneyiyle yapışma	-	D	D	D	D	D
İşleme Derinliği	D	-	-	-	-	-
A Her parti (EN 1504-8 de belirtildiği gibi)						
B Her 10 parti, her iki hasta veya her 1000 ton, hangisi en sık deney gerektirirse						
C Yılda bir kez						
D Yılda bir kez						
<i>a</i> Sadece çözücüler veya su içeren mamuller için						
<i>b</i> Viskozite ile korelasyon gösterilebilirse, alternatif yöntemler daha uygun olabilir.						
<i>c</i> Kap(pota) ömrünün ölçülemediği durumlarda sadece esnek reçeteler ve mamuller için						
<i>d</i> Bir hammadde tedarikçisi tarafından sağlanan doküman yeterlidir.						

Tablo 8.2’ de deneylerde kullanılacak olan polimer-modifiye çimento bileşimi su yalıtım malzemelerinde her partide yapılması gereken deneylerin yoğunluk ve viskozite/yayılma süresi olduğu görülmüştür.

8.5. Testler Öncesi Ön Hazırlık İşlemleri

Yapılacak testler öncesinde dolgular için boyut küçültme, elek analizi gibi testler yapılır. Karışımlar gerilme yapışma testine tabi tutulmadan önce yüzey için hazırlık işlemleri yapılır.

8.5.1. Dolgu malzemelerine uygulanan ön hazırlık işlemleri-boyut küçültme ve elek analizi

Dolgulara boyut küçültme ve elek analizi uygulanarak karışım için uygun hale getirilmiştir. Mermer tozu ve kiremit tozu dolgularına kurutma işlemi uygulandıktan sonra elek analizi yapılmıştır. Görsel 8.7’de kiremit tozuna uygulanan etüvde kurutma işlemi görülmektedir. Tüm Kurutma işlemi atık kiremit tozu ve mermer tozu endüstriyel atıklarına uygulanmıştır. Kurutma işlemi 150°C de 1 saat süresince yapılmıştır.



Görsel 8.7. Kiremit tozunu kurutma işlemi

Kurutma işlemi tamamlanan hammaddeler, “Retsh–Vibra SK-1 type” değirmende öğütüldükten sonra, Retsh–Vibra AS 200 basic ASTM elek setinde 300 mikron altı parçacık boyuttu elde edilecek Görselde eleme işlemi yapılmıştır.

Görsel 8.8’de görüldüğü gibi mermer tozu eleme işlemine tabi tutulduktan sonra elek altında kalan malzeme ile karışımlar hazırlanmıştır.



Görsel 8.8. *Mermer tozunu eleme işlemi*

8.5.2. Gerilim yapışma testleri öncesi yüzey hazırlığı

Yüzey hazırlama astarı

Polimer emülsiyon esaslı, uygulama öncesi beton ve harç yüzeylerin su emiciliğini dengeleyen, yüzeyde oluşmuş tozumanın yüzeye tutunmasını sağlayarak aderansı arttıran, solvent içermeyen, kullanıma hazır astardır. Görsel 8.9’ da yüzey hazırlayıcı astar görülmektedir. Açık mavi renkte su bazlı ve viskozitesi oldukça düşük bir sıvıdır. Beton, gaz beton, briket, sıva, şap, alçı, ahşap gibi yüzeylerin su emiciliğinin dengeleyip uygulamaya hazırlanmasında veya kaplama malzemesi, seramik yapıştırıcısı, su yalıtım ürünlerinin kullanımın öncesinde yüzeyi yalıtıma hazırlamak için kullanılır.



Görsel 8.9. *Yüzey hazırlayıcı astar*

İç ve dış mekânlarda, yatay ve düşey yüzeylerde kullanıma uygundur. Yüzey hazırlayıcı astarların fiziksel özellikleri Tablo 8.3’de verilmiştir.

Tablo 8.3. *Yüzey hazırlayıcı astarın fiziksel özellikleri*

Kimyasal Yapı	Polimer emülsiyon esashı astar
Yoğunluk	1,00±0,1 gr/cm ³
Ph	8-9
Renk	Açık Mavi

8.6. Uygun Özellikli Karışımların Hazırlanması

Yapılan bu karışımların uygun değerde karışım oranı deney tasarım yöntemlerinden karışım tasarımı (mixture design) yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

8.7. Ürüne Uygulanan İlk Tip Testler

Hazırlanan toz bileşenlerin kuru yığın yoğunluklarına bakılır.

8.7.1. Kuru yığın yoğunluk

Hammaddenin yığın yoğunluğunun belirlenmesi için, elenmemiş örnekten hacmi ve ağırlığı bilinen küp şeklindeki kapaklı kutuya sıkıştırılmadan konulur. Örnek ve kap tartılır. Yığın yoğunluğu aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\text{Yığın yoğunluğu} = (g_1 - g_2) / V \quad (8.8)$$

Eşitlikte;

g_1 = Boş kutunun ağırlığı, (g)

g_2 = Örnek ve kutunun toplam ağırlığı, (g)

V = Kutunun hacmi, (cm³)

Görsel 8.10'da deneylerde kullanılan beton karolar görülmektedir. Beton karolar deney öncesi tozdan arındırılarak iklimatik ortamda (23 °C %50 bağıl nem içeren) bekletilir.



Görsel 8.10. *Testlerde kullanılan beton karolar*

8.8. Ürüne Uygulanan Testler

Toz karışım ile sıvı bileşen belirlenen oranlarda karıştırılarak harç hazırlanmıştır. Hazırlanan harca ilk gerilim yapışma, Su temasından sonra gerilme yapışma dayanım, Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanım, donma çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı testi, kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma dayanımı, su basıncı dayanımı testleri yapılmıştır.

8.8.1. İlk gerilim yapışma testi

Gerilim yapışma testi öncesi kullanılacak beton karolar TS EN 14891:2012 standardına göre yüzey hazırlama astarı ile teste hazırlanır.

Toz ürünlerde ambalajında tanımlana karışım oranlarına göre 1 kg ürün karıştırılır. Ürün, beton karonun pürüzlü yüzeyine, ambalajında belirtilen uygulama talimatına göre uygulanır ve 24 saat kurumaya bırakılır. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra, yüzey hazırlayıcı astar tek kat olarak yüzeye uygulanır. Daha sonra birbirine dik olacak Görselde 2 kat su yalıtım malzemesi uygulanır ve kurumaya bırakılır. Su yalıtım malzemesinin kuruması için 24 saat beklenir. Üzerine 6x6 cm ölçülerindeki taraklı mala ile standart tip (C1T) bir seramik yapıştırıcı uygulanır. Seramik yapıştırıcısı uygulandıktan 5 dakika sonra 5x5 cm ölçülerindeki özel test karolarından 4 adet yerleştirilir ve 2 kg'lık ağırlıklar 30 sn süreyle karoların üzerinde bekletilerek yapışması sağlanır. Görsel 8.11' de deney karışımları uygulanmış karolar sunulmaktadır. Bu karolar yapılacak olan çevrime göre standartta belirtilen süre boyunca 23 °C %50 bağıl nem ortam şartlarında bekletilir.



Görsel 8.11. *Deney karışımları uygulanmış kurumaya bırakılan beton karolar*

Test karoları yapıştırılmış beton karo, 28 gün (23 °C %50 bağıl nem içeren) laboratuvar ortamında şartlandırılır. 28 gün sonunda test karolarının üzerine çekme koparma test metalleri iki fazlı yapıştırıcı ile yapıştırılır. Kopma test cihazı ile test karoları beton karodan kopartılarak ilk gerilim yapışma dayanımı ölçülür [78].

8.8.2. Su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı testi

Test karoları yapıştırılmış beton karo, 7 gün (23 °C %50 bağıl nem içeren) laboratuvar ortamında şartlandırılır. 7 gün şartlandırılmış test karoları 21 gün su banyosunda bekletilir. 21 gün sonunda test karoları su banyosundan çıkarılarak 1 gün boyunca laboratuvar şartlarında kuruması için beklenir. 1 gün sonunda test karolarının üzerine çekme koparma test metalleri 2 fazlı yapıştırıcı ile yapıştırılır. Kopma test cihazı ile test karoları beton karodan kopartılarak gerilim yapışma dayanımı ölçülür. Görsel 7.12'de su tankının içinde çekme yapışma testi bekleyen su yalıtım malzemesi uygulanmış beton karolar görülmektedir.



Görsel 8.12. *Su temasından sonra çekme yapışma testi numuneleri*

8.8.3. Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı testi

Test karoları yapıştırılmış beton karo, 14 gün (23 °C %50 bağıl nem içeren) laboratuvar ortamında şartlandırılır. Görsel 8.13’de görüldüğü gibi 14 gün etüvde bekletildikten sonra en az 2 saat laboratuvar şartlarında bekletilir.



Görsel 8.13. *Sıcak uygulamadan sonra çekme yapışma testi numuneleri*

Test karolarının üzerine çekme koparma test metalleri 2 fazlı yapıştırıcı ile yapıştırılır. Kopma test cihazı ile test karoları beton karodan kopartılarak gerilim yapışma dayanımı ölçülür.

8.8.4. Donma-Çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı testi

Test karoları yapıştırılmış beton karo, 7 gün (23 °C %50 bağıl nem içeren) laboratuvar ortamında şartlandırılır. 7 gün şartlandırılmış test karoları 21 gün su havuzunda bekletilir. 21 gün su banyosunda bekletilen karolara 25 kez donma-çözünme çevrimi uygulanır. Donma çözünme çevrimi 2,5 saat suda, 2,5 saat -15 °C deki derin dondurucuda bekletilerek yapılır. 25 kez çevrim yapıldıktan sonra test karolarının üzerine çekme koparma test metalleri iki fazlı yapıştırıcı ile yapıştırılır. Kopma test cihazı ile test karoları beton karodan kopartılarak gerilim yapışma dayanımı ölçülür.

8.8.5. Kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma dayanımı

Test karoları yapıştırılmış beton karo, 28 gün (23 °C %50 bağıl nem içeren) laboratuvar ortamında şartlandırılır. 28 gün şartlandırılmış test karoları 7 gün pH >12 olan 40 °C kireçli su havuzunda bekletilir. 7 gün kireçli su havuzunda bekletilir. Kireçli su havuzundan çıkarılan beton karolar 1 gün boyunca kuruması için bekletilir. 1 gün sonunda test karolarının üzerine çekme koparma test metalleri 2 fazlı yapıştırıcı ile yapıştırılır. Kopma test cihazı ile test karoları beton karodan kopartılarak gerilim yapışma dayanımı ölçülür.

8.8.6. Su Basıncı dayanımı testi

Üç adet 150 mm x150 mm x 100 mm boyutlarında EN 480-1: 2006+A1:2011 standardı madde 6.2' ye göre beton küpler dökülür. Beton küpler laboratuvar koşullarında kürünü alması için 28 gün bekletilir. Kürünü alan beton küplere önce tek kat yüzey hazırlayıcı astar malzemesi sürülür. Astar kuruduktan sonra su yalıtım malzemesi birbirine dik iki kat olacak şekilde uygulanır.

Üzerine uygulama yapılmış olan küplerin su yalıtım malzemelerinin kürünü alması için 7 gün boyunca laboratuvar koşullarında koşulların da bekletilir. Testin yapılmasından bir saat önce beton küpün numunenin sürüldüğü yüzey hariç diğer yüzeyleri su geçirmeyen silikon malzeme ile kaplanır. Su geçirimsizlik testine başlanılmadan önce küpleri tartılır. Görsel 8.14'de görüldüğü gibi beton küpleri su haznesine tam oturacak şekilde su geçirimsizlik cihazına yerleştirilir ve teste başlanır.



Görsel 8.14. *Su basıncı dayanımı testi*

Test bitiminde beton numunesini tekrar tartılır. Eğer suyun temas etmemesi gereken yüzeylerde suyun girme belirtisi varsa veya su alt yüzeye doğru penetre olursa test tekrarlanabilir. Test öncesi ve sonrası alınan tartımlar arasındaki fark ağırlık kazanımıdır. Ağırlık değişimi ≤ 20 g olmalıdır.

9. BULGULAR VE YORUM

9.1. Hammaddelerin Özellikleri

Deneyleerde toz ve sıvı karışımlar ayrı ayrı hazırlanarak belirlenen oranlarda karıştırılarak su yalıtım malzemesi harcı hazırlanır.

9.1.1. Deneyleerde kullanılan toz bileşenin özellikleri

Deneyleerde kullanılan toz bileşen karışımında reçeteye uygun olarak Portland 42,5 R çimento, dolgu malzemesi ve toz polimer kullanılır.

9.1.1.1. Portland 42,5 R tip çimento

Deneyleerde CEM 1 42,5 R tip çimento kullanılmıştır. TS EN 197-1:2012 standardına göre sadece Portland çimentosu klinkeri ve alçıtaşından oluşmaktadır. Tablo 9.1’de çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 9.1. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	Sonuçlar	Test Metodu	Standart Değerler	
			En Az	En Çok
Kükürt Dioksit(SO ₃) %	2,33	TS EN 196-2	---	3,5
Klorür (Cl ⁻) %	0,009	X -RAY	---	0,1
Fiziksel Özellikler				
Priz Başlangıcı (dakika)	170	EN 196-1,3	60	---
Hacim Genleşmesi (mm)	1	EN 196-1,3	---	10
Standart Kıvam (%H ₂ O)	30,5	EN 196-1,3	---	---
2 günlük Basınç Dayanımı (Mpa)	23,9	EN 196-1,3	10	---
28 günlük basınç dayanımı (Mpa)	51,9	EN 196-1,3	42,5	62,5

9.1.1.2. Deneylerde kullanılan dolguların özellikleri

Deneylerde endüstriyel atık olarak mermer tozu, hurda lastik tozu ve atık kiremit tozu; endüstriyel hammadde olarak ta bentonit, diatomit ve volkanik tuf kullanılmıştır. Tablo 8.2' de kullanılan hammaddelerin birim fiyatları görülmektedir. Denenen hammaddeler mevcut kullanılan hammaddeye göre %30-40 arasında maliyet avantajı ve temin kolaylığı sağladığı için tercih edilmiştir.

Deneylerde kullanılan dolguların nem, kuru birim yoğunluğu ve pH değerleri Tablo 9.2'de verilmiştir.

Tablo 9.2. Kullanılan dolguların fiziksel özellikleri

Özellikler	Nem	Kuru Birim Yoğunluğu	pH(%5 lik)
Atık Lastik Tozu	1,18	0,35	0,075
Atık Kiremit Tozu	0,53	1,14	0,99
Atık Mermer Tozu	0,13	1,08	1,02
Diatomit	2,44	---	1,008
Bentonit	3,02	0,62	1,01
Volkanik Tuf	1,88	0,88	---

Hammaddeler içinde nem oranı en fazla olan bentonit, kuru birim yoğunluğu en fazla olan atık kiremit tozu, pH(%5 lik) ı en fazla olan hammadde ise diatomittir.

Deneylerde kullanılan hammaddelerin elek dağılımları ise Tablo 9.3' de verilmiştir. +800 mikron ile -100 mikron arasındaki eleklerle bakılmıştır.

Tablo 8.3. Kullanılan dolguların elek dağılımları

<i>Elek Değerleri</i>	Atık Lastik Tozu	Atık Kiremit Tozu	Atık Mermer Tozu	Diatomit	Bentonit	Volkanik Tüf
+800 mikron	0,26	0,37	0,52	20,29	---	---
+600 mikron	20,87	0,97	0,56	12,14	0,35	11,89
+300 mikron	40,06	12,14	3,92	22,1	0,15	23,96
+100 mikron	28,52	59,38	9,55	20,57	0,48	26,06
Elek altı	10,29	27,14	85,45	24,9	99,02	38,09

Hammaddelerin FT-IR spektrumları, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği'nde bulunan Seramik Araştırma Merkezi A.Ş laboratuvarı tarafından Bruker Tensor 27 model cihaz ile alınmıştır.

Kullanılacak dolgulara ait kimyasal analizler Tablo 9.4, Tablo 9.5, Tablo 9.6 ve Tablo 9.7.'de verilmiştir.

Tablo 9.4. Bentonitin kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif)

Bileşen	Sonuç	Birim	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	2,4978	Kütlece %	0,0893	Na-KA	0,4959	2,4735
MgO	1,8184	Kütlece %	0,0595	Mg-KA	1,0217	1,8008
Al ₂ O ₃	17,2083	Kütlece %	0,1274	Al-KA	30,818	17,0415
SiO ₂	61,3454	Kütlece %	0,0645	Si-KA	102,4448	60,7507
P ₂ O ₅	0,1169	Kütlece %	0,0076	P-KA	0,584	0,1158
SO ₃	0,1234	Kütlece %	0,0113	S-KA	0,435	0,1222
K ₂ O	1,245	Kütlece %	0,0097	K-KA	12,8076	1,2329
CaO	3,63	Kütlece %	0,0125	Ca-KA	30,1898	3,5948
TiO ₂	0,4001	Kütlece %	0,0241	Ti-KA	1,645	0,3962
MnO	0,135	Kütlece %	0,0094	Mn-KA	2,7547	0,1337
Fe ₂ O ₃	4,6727	Kütlece %	0,0081	Fe-KA	136,7833	4,6274
A.Z	6,807	Kütlece %	---	---	---	6,807

Tablo 9.5. Diatomitin kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif)

Bileşen	Sonuç	Birim	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	1,0924	Kütlece %	0,08	Na-KA	0,2204	1,0984
MgO	1,5271	Kütlece %	0,0532	Mg-KA	0,8797	1,5454
Al ₂ O ₃	9,5503	Kütlece %	0,0793	Al-KA	17,4286	9,6022
SiO ₂	75,6492	Kütlece %	0,0706	Si-KA	129,917	76,0604
P ₂ O ₅	0,3881	Kütlece %	0,009	P-KA	1,9505	0,3903
K ₂ O	0,6902	Kütlece %	0,0091	K-KA	7,1319	0,694
CaO	2,2521	Kütlece %	0,0123	Ca-KA	18,9059	2,2643
TiO ₂	0,476	Kütlece %	0,0228	Ti-KA	1,9907	0,4786
Fe ₂ O ₃	2,6726	Kütlece %	0,0085	Fe-KA	80,2554	2,6871
A.Z	5,692	Kütlece %	---	---	---	5,692

Tablo 9.6. Kiremit Tozunun kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif)

Bileşen	Sonuç	Birim	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	5,5377	Kütlece %	0,0952	Na-KA	1,1206	5,6467
MgO	3,9734	Kütlece %	0,0624	Mg-KA	2,2649	4,0516
Al ₂ O ₃	18,05112	Kütlece %	0,1247	Al-KA	32,7026	18,4067
SiO ₂	47,4888	Kütlece %	0,0566	Si-KA	80,3274	48,4239
P ₂ O ₅	0,6353	Kütlece %	0,0087	P-KA	3,2849	0,6478
SO ₃	0,3261	Kütlece %	0,0121	S-KA	1,1892	0,3326
K ₂ O	4,0234	Kütlece %	0,0113	K-KA	42,6884	4,1026
CaO	7,8226	Kütlece %	0,0137	Ca-KA	65,5863	7,9767
TiO ₂	1,873	Kütlece %	0,0266	Ti-KA	7,559	1,9098
MnO	0,1571	Kütlece %	0,0092	Mn-KA	3,077	0,1602
Fe ₂ O ₃	8,1315	Kütlece %	0,0087	Fe-KA	227,2753	8,2916
A.Z	1,98	Kütlece %	---	---	---	1,98

Tablo 9.7 . Mermer tozu kimyasal analizi (XRF ile yarı kantitatif)

Bileşen	Sonuç	Birim	Det.limit	El.line	Yoğunluk	w/o normal
Na ₂ O	0,2421	Kütlece %	0,0531	Na-KA	0,0515	0,2523
MgO	1,162	Kütlece %	0,0505	Mg-KA	0,7058	1,2109
SiO ₂	1,0502	Kütlece %	0,015	Si-KA	1,9876	1,0944
SO ₃	0,0994	Kütlece %	0,0098	S-KA	0,4156	0,098
CaO	53,7844	Kütlece %	0,0198	Ca-KA	526,817	56,0474
Fe ₂ O ₃	0,3823	Kütlece %	0,0523	Fe-KA	1,894	0,3984
A.Z	43,285	Kütlece %	---	---	---	43,285

Deneylerde kullanılacak hammaddeler Tablo 9.8’ da verilen deney planında belirlenen oranlarda dolgu malzemesi yerine ilave edilerek toz bileşenler hazırlanmıştır.

Tablo 9.8. Karışım miktarları için hazırlanan deney planı

Std	Run	Block	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
			Kiremit	Mermer Tozu	Atık Lastik Tozu	Bentonit	Diatomit	Volkanik Tüf
1301-1	8	Block 1	5	5	5	15	15	15
1301-2	7	Block 1	15	15	15	5	5	5
1301-3	4	Block 1	15	15	5	15	5	15
1301-4	6	Block 1	15	15	5	5	15	5
1301-5	15	Block 1	15	15	15	5	5	15
1301-6	16	Block 1	0	0	0	60	0	0
1301-7	17	Block 1	0	0	0	0	60	0
1301-8	11	Block 1	0	0	0	0	0	60
1301-9	10	Block 1	20	0	0	40	0	0
1301-10	13	Block 1	0	20	0	40	0	0
1301-11	12	Block 1	0	0	20	40	0	0
1301-12	5	Block 1	20	0	0	0	40	0
1301-13	1	Block 1	0	20	0	0	0	40
1301-14	3	Block 1	0	0	20	0	40	0
1301-15	9	Block 1	20	0	0	0	0	40
1301-16	2	Block 1	0	20	0	0	40	0
1301-17	14	Block 1	0	0	20	0	0	40

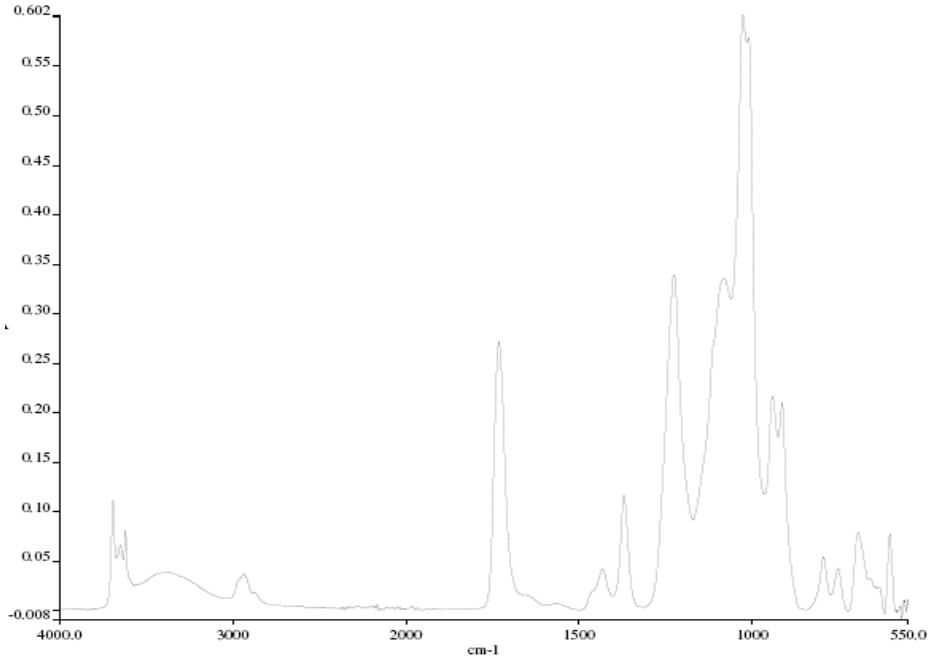
9.1.1.3. Deneylerde kullanılan toz polimerlerin özellikleri

Deneylerde vinil klorid, etilen ve vinil laurat bileşiminde bir toz polimer kullanılmıştır. Bu toz polimerin kullanılmasının sebebi esnek, suda çözünabilir, yüksek hidrofobikliğe sahip olması ve uygulama kolaylığı sağlamasıdır. Deneylerde kullanılan toz polimere ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin olması gereken standart değerler Tablo 9.9’ da verilmiştir.

Tablo 9.9. Deneylerde kullanılan toz polimerin özellikleri

Kimyasal Özellikler	Sonuçlar	Standart Değerler
Katı madde Miktarı %	57	57±1
Ph	7,6	7,5-9
Viskozite 25° C (Brookfield RVT 5/20) (cps)	750	500-1500
Gel miktarı , kuru ,(82 mesh / 180 µm) (gr/lt)	0,014	max 0.05
Fiziksel Özellikler		
Görünüş	Beyaz emülsiyon	Beyaz emülsiyon

Deneylerde kullanılan toz polimerler beyaz emülsiyon şeklinde % 57 katı madde oranına sahip polimerlerdir. Görsel 9.1’ de deneylerde kullanılan vinil klorid, etilen ve vinil laurat toz polimerin FT-IR analizi görülmektedir.



Görsel 9.1. Deneylerde kullanılan toz polimerin FT-IR analizi

Belirlenen oranlarda çimento, dolgu malzemesi, köpük giderici, selüloz ve plastikleştirici ilave edilerek hazırlanan toz karışımların iyice karışması sağlandıktan sonra Tablo 9.10’ da hazırlanan kuru karışımların kuru yığın yoğunlukları sunulmuştur.

Tablo 9.10. Hazırlanan kuru karışımların fiziksel özellikleri

No	Kuru Yığın Yoğunluk
1301-1	64,88
1301-2	123,8
1301-3	67,69
1301-4	57,63
1301-5	101,64
1301-6	85,76
1301-7	108,26
1301-8	123,78
1301-9	86,85
1301-10	105,18
1301-11	99,65
1301-12	88,42
1301-13	76,33
1301-14	102,74
1301-15	66,78
1301-16	94,55
1301-17	111,41

9.1.2. Deneylerde kullanılan sıvı bileşenin özellikleri

Deneylerde harç hazırlanması için denenecek oranlarda hazırlanan toz karışım ile sabit oranda sıvı bileşen karıştırılmıştır. Toz bileşenle karıştırılması için su bazlı sıvı bileşen hazırlanır.

Sıvı bileşenin hazırlanmasında, ana bileşen sıvı polimerdir. Deneylerde, S/AC (Stiren Akrilik) tip beyaz emülsiyon sıvı polimer kullanılmıştır. Esnek yapısı, çimento ile uyumu ve hidrofobik yapısı nedeniyle bu polimer tipi tercih edilmiştir. Çimento esaslı su yalıtım malzemelerinin sıvı bileşeninde kullanılan sıvı polimerin sahip olması gereken teknik özellikler Tablo 9.11’ de belirtilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre sıvı polimerler tedarikçi firmanın sağladığı analiz sertifikasındaki değer limitlerini sağlamaktadır.

Tablo 9.11. *Deneylerde kullanılan sıvı polimerin özellikleri*

Özellikleri	Değer	Değer Limitleri	Analiz Sonuçları
Görünüş		Beyaz Emülsiyon	Beyaz Emülsiyon
Katı Madde Miktarı(1 gr 15 °C)	%	57±1	57
Ph		7.0-9.0	7,5
Viskozite 25 °C(Brookfields RVT 3/20)	cps	500-1500	755
Gel miktarı, kuru	gr/lt	max. 0,05	0,014

Sıvı bileşen içinde sıvı polimer dışında su, dispersiyon ajanı, butil glikol ve bakteri önleyici kullanılmıştır. Dispersiyon ajanı, toz ve sıvı bileşenin dispersiyonunun sağlanması ve toz parçacıkların sıvı emülsiyon içinde dağılması amacıyla kullanılan poliakrilat esaslı sıvı kimyasaldır.

Glikoller su bazlı su yalıtım malzemeleri formülasyonlarında uygulama kolaylığı sağlamak ve çalışma süresini uzatmak amacıyla kullanılır.

Bakteri önleyiciler (biositler) bir veya birden fazla aktif maddenin karışımıyla oluşan, bakteri, mantar, su yosunu, küf veya maya içeren mikroorganizmaları kontrol edici veya öldürücü etkisi olan kimyasal maddelerdir. Deneylerde CIT/MIT ve hydroxymetil üreid birleşimi olan biosit kullanılmıştır.

9.1.3 Su Yalıtım Malzemesi Harcı

Tablo 9.12’de harç karışımında kullanılacak toz bileşenin fiziksel özellikleri verilmiştir. Sıvı bileşene yoğunluk ve akış zamanı testleri yapılmıştır.

Tablo 9.12. *Sıvı bileşen ölçülen fiziksel özellikleri*

No	Yoğunluk piknometre	Akış zamanı
1301-1	180g/lt	15 sn
1301-2	180 g/lt	15 sn
1301-3	180 g/lt	15 sn
1301-4	180 g/lt	15 sn
1301-5	180 g/lt	15 sn
1301-6	171 g/lt	17 sn
1301-7	194 g/lt	17 sn
1301-8	188 g/lt	18 sn
1301-9	181 g/lt	15 sn
1301-10	178 g/lt	16 sn
1301-11	171 g/lt	18 sn
1301-12	173 g/lt	17 sn
1301-13	178 g/lt	18 sn
1301-14	172 g/lt	16 sn
1301-15	172 g/lt	17 sn
1301-16	180 g/lt	17 sn
1301-17	174 g/lt	16 sn

Tablo 9.13’de ayrı ayrı hazırlanan toz ve sıvı bileşenin karışımından elde edilen harcı ölçülen fiziksel özellikleri verilmiştir. Hazırlanan karışımların harç yığın yoğunlukları harç pH’ları ve uygulama kolaylığı gibi fiziksel özelliklerine bakılmıştır. Uygulama için 1 ibaresi kolay uygulanabilir, 0 ifadesi uygulaması zor anlamına gelmektedir.

Tablo 9.13. Hazırlanan harcın ölçülen fiziksel özellikleri

No	Harç Yoğunluğu	Harç Ph	Uygulama
1301-1	111,02	12,01	0
1301-2	184,59	12,44	1
1301-3	127,14	12,32	0
1301-4	128,7	11,42	0
1301-5	165,02	12,25	1
1301-6	115,69	12,06	1
1301-7	147,1	11,58	0
1301-8	182,4	12,35	1
1301-9	141,07	12,3	1
1301-10	372,65	12,23	1
1301-11	131,2	12,36	1
1301-12	157,63	12,06	1
1301-13	116,84	11,81	1
1301-14	160,75	12,28	0
1301-15	107,97	11,7	0
1301-16	130,15	11,97	1
1301-17	176,56	12,19	1

Tablo 9.14’de harç haline getirilmiş karışımların ilk gerilim yapışma testi ve su ile temastan sonra yapışma dayanımı testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 9.14. İlk gerilim yapışma ve su ile temastan sonra yapışma dayanımı testi sonuçları

No	İlk gerilim yapışma dayanımı	Su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı
1301-1	0,61 N/mm ²	0,56 N/mm ²
1301-2	0,70 N/mm ²	0,60 N/mm ²
1301-3	0,60 N/mm ²	0,52 N/mm ²
1301-4	0,58 N/mm ²	0,50 N/mm ²
1301-5	0,54 N/mm ²	0,48 N/mm ²
1301-6	0,56 N/mm ²	0,50 N/mm ²
1301-7	0,60 N/mm ²	0,57 N/mm ²
1301-8	0,68 N/mm ²	0,54 N/mm ²
1301-9	0,57 N/mm ²	0,51 N/mm ²
1301-10	0,53 N/mm ²	0,46 N/mm ²
1301-11	0,72 N/mm ²	0,70 N/mm ²
1301-12	0,58 N/mm ²	0,52 N/mm ²
1301-13	0,55 N/mm ²	0,38 N/mm ²
1301-14	0,79 N/mm ²	0,72 N/mm ²
1301-15	0,56 N/mm ²	0,48 N/mm ²
1301-16	0,50 N/mm ²	0,40 N/mm ²
1301-17	0,73N/mm ²	0,65 N/mm ²

Tek bileşenli su yalıtım malzemesi için, ilk gerilim yapışma dayanımı testleri incelendiğinde en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür. Genel bir ifadeyle atık lastik tozu ilave edilen karışımlarının ilk gerilim yapışma dayanımı mukavemetinin yüksek olduğu görülmüştür.

Su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür. Lastik tozu ve diatomitli karışımlar, mevcut karışıma göre mukavemeti arttığı görülmüştür.

Harç haline getirilmiş karışımların sıcak uygulamasından sonra ve donma-çözünme çevriminden sonra gerilme dayanımı testi sonuçları Tablo 9.15' de verilmiştir.

Tablo 9.15. Sıcak uygulamasından sonra ve donma-çözünme çevriminden sonra gerilme dayanımı testi sonuçları

No	Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı	Donma-Çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı
1301-1	0,50 N/mm ²	0,45 N/mm ²
1301-2	0,55 N/mm ²	0,46 N/mm ²
1301-3	0,45 N/mm ²	0,40 N/mm ²
1301-4	0,40 N/mm ²	0,32 N/mm ²
1301-5	0,38 N/mm ²	0,30 N/mm ²
1301-6	0,45 N/mm ²	0,49 N/mm ²
1301-7	0,54 N/mm ²	0,55 N/mm ²
1301-8	0,50 N/mm ²	0,35 N/mm ²
1301-9	0,46 N/mm ²	0,40 N/mm ²
1301-10	0,40 N/mm ²	0,38 N/mm ²
1301-11	0,67 N/mm ²	0,65 N/mm ²
1301-12	0,50 N/mm ²	0,45 N/mm ²
1301-13	0,30 N/mm ²	0,24 N/mm ²
1301-14	0,70 N/mm ²	0,66 N/mm ²
1301-15	0,40 N/mm ²	0,36 N/mm ²
1301-16	0,38 N/mm ²	0,30 N/mm ²
1301-17	0,62 N/mm ²	0,56 N/mm ²

Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

Don-çöz uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

Harç haline getirilmiş karışımların kireçli suyla temastan sonra gerilme yapışma dayanımı ve su basıncı dayanımı testi sonuçları Tablo 9.16'da verilmiştir.

Tablo 9.16. *Kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma ve su basıncı dayanımı testi sonuçları*

No	Kireçli su ile temastan sonra gerilme yapışma dayanımı	Su Basıncı dayanımı testi
1301-1	0,50 N/mm ²	5 bar
1301-2	0,50 N/mm ²	5 bar
1301-3	0,45 N/mm ²	5 bar
1301-4	0,42 N/mm ²	5 bar
1301-5	0,40 N/mm ²	5 bar
1301-6	0,45 N/mm ²	5 bar
1301-7	0,55 N/mm ²	5 bar
1301-8	0,49 N/mm ²	5 bar
1301-9	0,50 N/mm ²	5 bar
1301-10	0,42 N/mm ²	4 bar
1301-11	0,67 N/mm ²	6 bar
1301-12	0,47 N/mm ²	5 bar
1301-13	0,34 N/mm ²	3 bar
1301-14	0,68 N/mm ²	7 bar
1301-15	0,38 N/mm ²	5 bar
1301-16	0,42 N/mm ²	4 bar
1301-17	0,60 N/mm ²	6 bar

Kireçli su uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

Su basıncı test değerleri incelendiğinde, en yüksek basınç değerine sahip olan karışımların 1301-11, 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

Su yalıtım malzemelerin tüm deney sonuçlarına göre en iyi mukavemet ve basınç değerlerini veren karışımlar 1301-11, 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlardır. Tüm testlerde en iyi sonucu veren reçetelerin içerikleri Tablo 9.17 de verilmiştir.

Tablo 9.17. *En iyi dayanım sonuçları elde edilen reçeteler*

No	Kiremit	Mermer Tozu	Atık Lastik Tozu	Bentonit	Diatomit	Volkanik Tüf	Çimento	Selüloz	Plastikleştirici	Köpük Kesici
1301-11	0	0	20	40	0	0	30-40	0,5-1	0,5-1	0,5-1
1301-14	0	0	20	0	40	0	30-40	0,5-1	0,5-1	0,5-1
1301-17	0	0	20	0	0	40	30-40	0,5-1	0,5-1	0,5-1

Tablo 8.18’de en iyi dayanım sonuçlarını veren 1301-17 kodlu reçetenin bileşenleri sunulmuştur. Buna göre, en iyi dayanım veren reçete içinde %20 oranında atık lastik tozu, %40 oranında volkanik tüf bulunmaktadır.

Tablo 9.18. *1301-17 nolu karışımın bileşenleri*

No	Kiremit	Mermer Tozu	Atık Lastik Tozu	Bentonit	Diatomit	Volkanik Tüf
1301-17	0	0	20	0	0	40

9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılar su, ısı, ses ve yangın gibi çeşitli dış etkenlerle karşı karşıyadır. Bu dış etkenlere karşı gerekli önlemler alınmadığı takdirde, zamanla yapılarda, kullanıcılar ve çevre üzerinde sorun oluşabilmektedir. Su yalıtımı yalıtım türleri arasında en önemlilerinden bir tanesidir. Suyun zararlı etkileri yapıya zarar verdiği gibi insan sağlığını da etkileyen olumsuz durumlara neden olabilir. Suyun zararlı etkilerinin bu tür sorunlar oluşturmaması ya da oluşan sorunların çözümlenmesi amacıyla, Türkiye’de ve dünyada yalıtım uygulamalarını kapsayan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Su yalıtımında uygulama, kullanılan ürün ve uygulama yöntemi çok önemlidir. Ancak doğru ürün, doğru yöntemle uygulandığında suyun zararlı etkilerinden korunabilir. Uygulama açısından yapılacak öneriler aşağıdaki gibidir;

- * Uygulanan malzeme kadar uygulanan yüzeyin kalitesi de yalıtımın performansı açısından önem taşır.
- * Hem pozitif hem de negatif su yalıtımı uygulamalarında yüzeysel yalıtım tabakalarının yapıyı kesintisiz bir şekilde sarması sağlanmalıdır. Su yalıtım uygulaması kesintisiz olarak uygulanmalıdır.
- * Yalıtım malzemelerinin ek yerlerinin açılmaması için bu noktaların birbirlerine iyi yapıştırılması sağlanmalıdır.
- * Basınçlı suya karşı uygulanan su yalıtım örtüleri suyun basınç etkisine karşı direnebilmesi ve düşey yalıtımın yüzeye tam olarak yapışıp kaymaması için belirli bir basınçla sıkıştırılmalıdır.
- * Uygulama yapılmadan önce mutlaka yüzey hazırlığı yapılmalıdır. Uygulamalarda kullanılacak ürünün belirlenen oranlarda karıştırılmalı ve ürün teknik bilgi formunda belirtildiği gibi uygulanmalıdır.

Yapılan çalışmada su yalıtımına dikkat çekmek, endüstriyel atıklar ve endüstriyel hammaddeler kullanarak hem performanslı hem maliyet avantajlı su yalıtım malzemeleri geliştirmeye çalışılmaktadır. Yapılan çalışmada geliştirilecek su yalıtım malzemesi olarak çimento esaslı su yalıtım malzemeleri seçilmiştir. Çimento esaslı su yalıtım malzemeleri özellikle ekonomik olmaları ve formüllerinin en büyük yüzdesinin dolgu malzemesi olması nedeniyle tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada, endüstriyel atık olarak mermer tozu, kiremit tozu ve lastik tozu seçilmiştir. Endüstriyel atıklar kolay temin edilebilir olması, atık malzeme olması ve fiziksel özellikleri nedeniyle tercih edilmiştir. Endüstriyel hammadde olarak diatomit, bentonit ve volkanik tuf seçilmiştir. Hammaddeler literatür

araştırmaları sonucu, fiziksel ve kimyasal özellikleri, çimentolu harçlarla uyumları, su itici özellikleri ve kolay temin edilebilirliklerine göre belirlenmiştir. Hammaddeler boyut küçültme, yıkama, kurutma gibi ön işlemlere tabi tutuldu.

Deney planına göre belirlenen oranda mevcut reçetede dolgu malzemesi yerine ikame edecek şekilde çimentolu karışımlar hazırlandı. Hazırlanan çimentolu karışımlar sıvı bileşenle karıştırılarak karışımlar elde edilmiştir. Elde edilen karışımlara ilk gerilim yapışma dayanımı, sıcak uygulamadan sonra yapışma dayanımı, su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı, sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı, donma-çözünme çevriminden sonra gerilme yapışma dayanımı, kireçli suyla temastan sonra gerilme yapışma dayanımı ve su basıncı dayanımı testler yapıldı. Elde edilen karışımlarla uygulama yapılarak uygulama kolaylığı da değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

* Tek bileşenli su yalıtım malzemesi için, ilk gerilim yapışma dayanımı testleri incelendiğinde en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür. Genel bir ifadeyle atık lastik tozu ilave edilen karışımlarının ilk gerilim yapışma dayanımı mukavemetinin yüksek olduğu görülmüştür.

* Su temasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür. Lastik tozu ve diatomitli karışımlar, mevcut karışıma göre mukavemeti arttığı görülmüştür.

* Sıcak uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

* Don-çöz uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

* Kireçli su uygulamasından sonra gerilme yapışma dayanımı incelendiğinde, en yüksek mukavemet değerine sahip olan karışımların 1301-11 ve 1301-14 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

* Su basıncı test değerleri incelendiğinde, en yüksek basınç değerine sahip olan karışımların 1301-11, 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlar olduğu görülmüştür.

* Su yalıtım malzemelerin tüm deney sonuçlarına göre en iyi mukavemet ve basınç değerlerini veren karışımlar 1301-11, 1301-14 ve 1301-17 numaralı karışımlardır.

* Hazırlanan 3 karışım uygulama açısından değerlendirildiğinde uygulamada en iyi sonuçlar 1301-17 numaralı karışımlarda elde edilmiştir. Bentonitli ve volkanik tüflü karışımlar çok fazla su absorbe ettikleri için karışımların priz süresi çok kısalmıştır ve uygulama açısından zorluk yaratmışlardır.

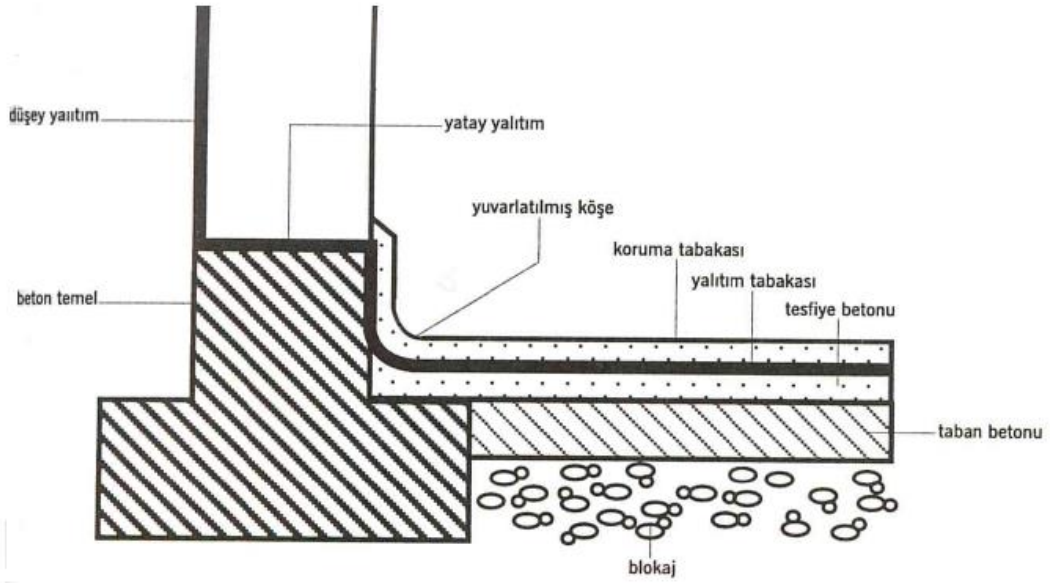
* Hammadde maliyetleri ile mevcut reçete maliyeti karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %27 oranında bir maliyet avantajı sağlanmaktadır.

* Maliyet, performans ve uygulama kolaylığı olarak en iyi sonuçları veren reçete, 1301-17 numaralı karışımdır.

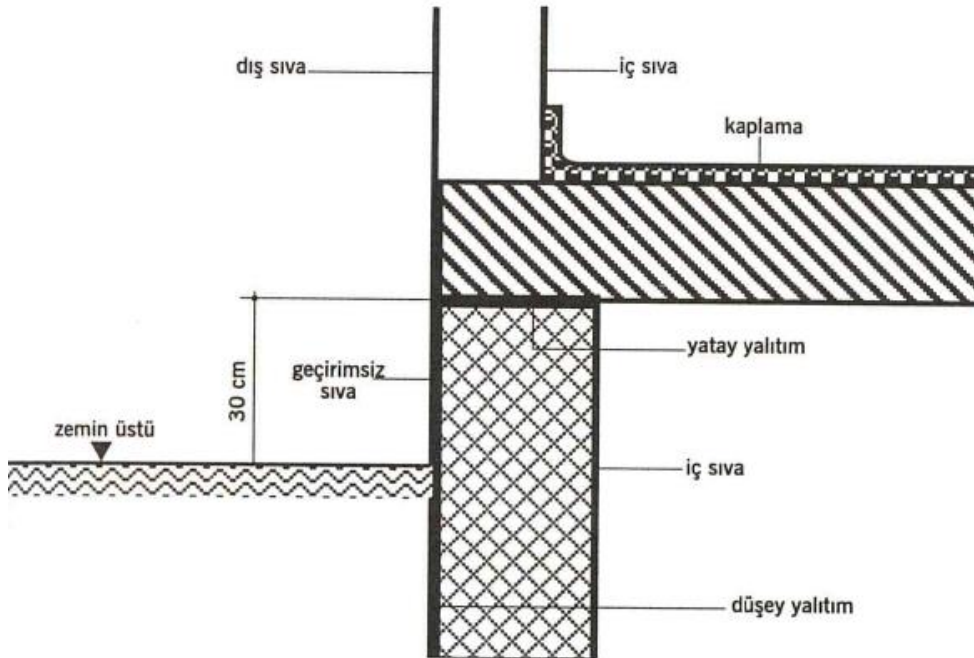
Endüstriyel atıkların farklı üretim dallarında değerlendirilmesi ile, üretim maliyetleri düşürülmekte, çevre kirliliğine atık olan atık malzemeler değerlendirilmekte ve doğal malzemelerin korunması sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında atık lastik tozunun su yalıtım malzemelerinde kullanılabilirliği belirlenmiştir. Çevre dostu, ekonomik ve yüksek dayanıma sahip su yalıtım malzemesi reçetesi geliştirilmiştir.

12 Ağustos 2001 tarih ve 24491 sayılı resmi gazetede yayımlanan “Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği” kapsamında statik projeye uygunluk, zemin etüdü, beton kalitesinin ölçümü ve ısı yalıtımı ile ilgili tüm proje ve uygulama denetimlerini ele alınmaktadır. Ancak bu yönetmelikte yalıtım ve yalıtım ile yapının suyun zararlı etkilerinden korunması göz önünde bulundurulmamıştır. Bu nedenle, su yalıtımı uygulamalarının da kontrolünün yapı denetim kuruluşlarınca yapılması; dayanıklı, güvenli ve sağlam yapılar inşa edilmesi hedeflerine ulaşılabilmesi için mutlaka yapı denetim kanununun kapsamına alınması gerekir. Ayrıca uygulamacılar için eğitimler yaygınlaştırılarak su yalıtım uygulamaların doğru uygulama, doğru malzeme seçimi ile detaylı ve etkin bir şekilde yapılması sağlanmalıdır. Uygulamacılara referans olması açısından Avrupa ülkelerinde olduğu gibi uygulama kalınlıkları, uygulama yapılacak alana uygun malzeme seçimi gibi detayları içeren uygulama standardı hazırlanmalıdır.

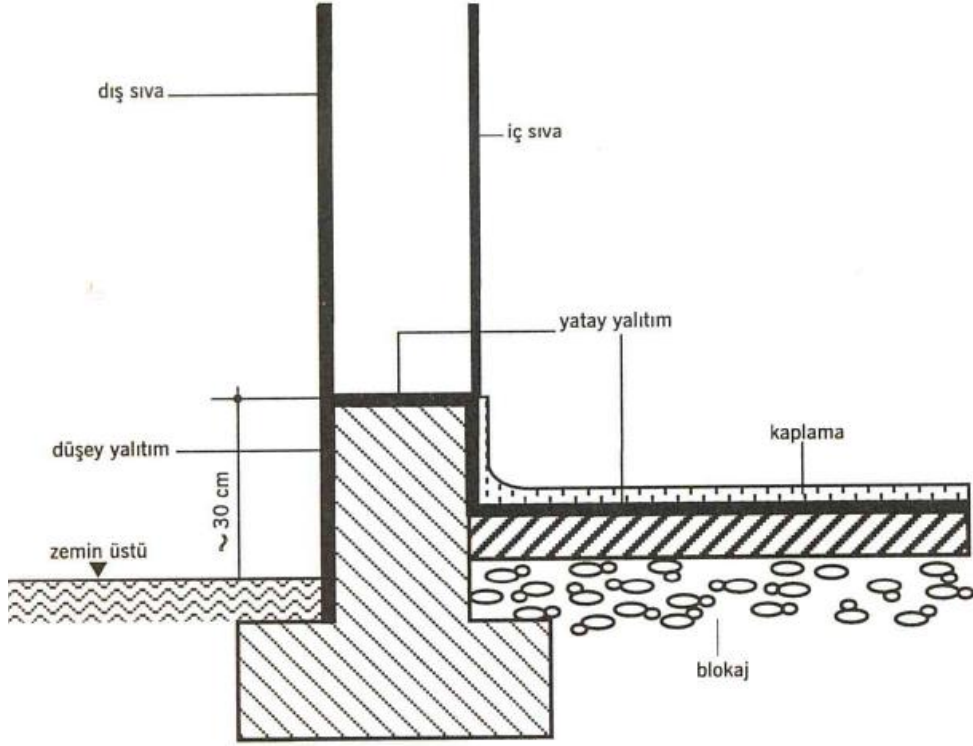
EK 1- Su yalıtım malzemeleri uygulama esasları



Görsel 1. Zemine oturan döşemelerin yalıtımı



Görsel 2. Bodrumlu Binalarda Su Basman Seviyesinde Geçirimsiz Sıva ile Yalıtım



Görsel 3. Zemine Oturan Binalarda Duvar Yalıtımı

KAYNAKÇA

- [1]. Karabıyık, E., (2010) *Toplu Konut Yapılarında Su Yalıtımı ve Marmara Bölgesi için Çözüm Önerileri*, T.C. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul,
- [2]. Dere Z. , (2011) *Yapılarda Su ve Isı Yalıtım Uygulamaları ve Bu Uygulamaların Yeraltı Ulaşım Yapılarında İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, İstanbul,
- [3]. Anonim, *Yalıtım*, İzoder ,İstanbul, 2006
- [4]. Waterproofing with Cementious Slurries, Dr. Hermann Lutz, Wacker Polymer System, Master Builders, 2005
- [5]. İzolasyon Dünyası dergisi Yapı güvenliği ve Yalıtım Kemal Gel, sayf-14-15 sayı:96-Ağustos 2012
- [6]. Sözer N. , (2005) *Türkiye’de İlgili Yönetmeliklere Uygun Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımı Çözümleri, Yalıtım Malzemeleri ve Bir Bina Projesi Üzerinde Uygulama Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [7]. Şen, A.O., (2006) *Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünya’da ve Türkiye’de Yalıtım*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Haziran, 2006
- [8]. Anonim, Market Research Report World Insulation (Industry Forecasts for 2014 & 2019), Freedomia Group, Global Information Inc, 2014
- [9]. Özmehmet E., (2007) Avrupa ve Türkiye’deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış, *Journal of Yasar University*, syf. 819
- [10]. Çakallı H., *TRC2 Bölgesi (Diyarbakır-Şanlıurfa) Yalıtım Sektörü Raporu*, 2013
- [11]. Gençer M., (2015) *Yalıtımlı ve Yalıtımsız Binaların Enerji Analizinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [12]. Anonim, *Isı-Teknik-Ses-Yangın Yalıtımı*, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul, 2002
- [13]. Emre S., (2010) *Sanayi Yapılarında Isı, Ses ve Yangın Yalıtımının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2010,
- [14]. Anonim, İzoder, *Yalıtım*, İstanbul, 2013
- [15]. Avlar. E., (1999) *Binalarda Oluşan Su Sorunları ve Sonuçları*, Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı, MMO Yayın, S.77, Şubat 1999
- [16]. Atmaca M., *Yapıda Su Yalıtımı*, Mühendislik Yayıncılık, Ankara, 2005
- [17]. Yıldırım M. , (2012) *Yapılarda Su Geçirimsizliği ve Yalıtım Teknolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

- [18]. Lufsky, K. *Yapılarda Su İzolasyonu*, Seyaş Yayınları, İstanbul, 1980
- [19]. Aydın E.S., (2011) *Yapıların Fiziksel Açıdan Korunmalarında Isı, Nem ve Sesle İlgili Yalıtım Sistemlerinin Verimliliklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [20]. Şimşek, Z., (2005) *Yapı Yeraltı Kabuğunda su ve nem sorunlarının Geçirimsiz Malzemelerle Giderilmesinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
- [21]. Tuncel, S., (1998) *Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Tuğlanın Betonarme Karkas Yapı Dış Duvarlarına Uygulanması ve Yağmur Suyu Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü
- [22]. Dağ F. E., (2001) *Suyun Yapıdaki Etkileri ve Yapıların Suyu Karşı Yalıtımı* ,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [23]. Yüzer N., *Su Geçirimsizliğin Donatı Korozyonuna Etkisi*, Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı, MMO Yayın, S.77, Şubat 1999
- [24]. Erdoğan, T .Y. *Beton*, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş Yayını, Ankara , syf 729, 2003.
- [25]. Akıncıtürk, N., (2001) *Yapı Temellerinde Su Sorunu ve Yalıtım Uygulamaları*, *Yalıtım Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB Odası, Eskişehir, 157-162.syf, 23-25 Mart
- [26]. Zhang, H., (2011) , *Building Materials in Civil Engineering* ,A volume in Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Beijing
- [27]. Akyol, K. (2008) *Su Yalıtımı ve Su geçirimsizlik Katkı Oranlarının Beton Su Emmesine ve Basınç Dayanımına Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- [28]. Şanal A. N., (2001) *Bina Toprakaltı Dış Kabuk Sistemlerinde Yer Alan Bitümlü Örtülerin Basınçlı Su Etkisi Altında Geçirimsizlik Performanslarının Belirlenmesi İçin Bir Yöntem*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [29]. Ekinci,C.E., *Yalıtım Teknikleri*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul s.229-230,2003.
- [30]. Anonim, KYK Yapı Kimyasalları Ürün Kılavuzu, Eskişehir, 2012
- [31]. Anonim, *Çözüm Rehberi*, Bostik Yapı Kimyasalları, İstanbul, 2015
- [32]. Anonim, *Uygulama Rehberi*, Kalekim Yapı Kimyasalları, İstanbul, 2012
- [33]. Anonim, *Çözüm Rehberi*, Weber Saint-Gobain Yapı Kimyasalları, İstanbul, 2015

- [34]. Korçak Ö., (2014) *Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Kullanılması ve Çimentonun Performans Özelliklerinin Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [35]. Taşkın,C., *Türkiye Çimento Hammadde Kaynakları*, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği,8-10,11-12-50-52
- [36]. Yılmaz C., (2010) *Portland Çimentosu Kullanımının Horasan Harcı Özelliklerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [37]. Sunay S. M., (2012) *Polimer-Polimer ve Polimer-Metaloksit Kompozit Sistemlerde Film Oluşum Davranışlarının İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [38]. Erdem S., (2008) *Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Levhaların Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [39]. Anonim, Polymer Brochure, Wacker Chemie AG
- [40]. Yılmaz, M., (2006) *Cam elyaf katkılı doymamış polyester malzemelerde mineral katkıların mekanik ve tribolojik özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya,
- [41]. Çelik, E., *Türkiye Madencilğinde Endüstriyel Hammaddeler ve Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü Endüstriyel Hammadde Kaynakları*, 2009
- [42]. Özer B., (2000) *Doğal Puzolanlar İle Üretilen Betonlarda Kür Etkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [43]. Yetin Ş. ve Çavdar A., (2005)*Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım, İşlenebilirlik, Katılaşma ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Müh. Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane
- [44]. Çalık Ü., (2012) *Perlitin Puzolanik Katkı Olarak Kireç ile Birlikte Zemin Stabilizasyonunda Kullanımı*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- [45]. Ulus O., (2015) *Polipropilen/Modifiye Diatomit ile Hazırlanan Kompozit Filmlerin Sentezi ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir
- [46]. Uygun, A., “Diatomit jeolojisi ve yararlanma olanakları”, Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 31-38, Ankara, 1976

- [47]. Ünal O. ve Uygunoğlu T., *Diatomitin Hafif Beton üretiminde Kullanılması*, IMO Teknik Dergi, 4025-4034 Yazı 266, 2007
- [48]. Anonim, Türkiye Diatomit Envanteri, Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Ankara, 1968
- [49]. Genç S.S., (2006) *Diatomit Katkılı Betonların Yük Altındaki Davranış ve Kullanılabilirlik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun
- [50]. Gören, R., , (1999) *Ankara Yöresi Diatomit Hammaddesinin Seramik Sanayine Yönelik Karakteristik Özelliklerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [51]. Okucu, A., (1992) *Hafif İnşaat Malzemeleri*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
- [52]. Şahin A., (2013) *Atık Lastik ve Bentonit Eklenmiş Silis Dumanının Geçirimsiz Örtü Malzemesi Olarak Kullanımı*, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas
- [53]. Balkan R., (2006) *Bentonit, Kaolin ve ve Sepiyolit'in Bazı Organik Moleküller Absorblanmasının İnfrared İncelemeleri*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, Eskişehir
- [54]. Bakır S., *Göbü (Ordu, KD Türkiye) Yöresi Bentonit Oluşumlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010
- [55]. Anonim, *Türkiye Bentonit Envanteri*, 1982, MTA Yayını No:184
- [56]. Sarıiz, K., Nuhoğlu, *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi*, Anadolu Ün. Müh.-Mim. Fak. Yayınları, Eskişehir, 1992
- [57]. Sımksaran M., (2012) *Volkanik Tüf Tozları ile Polimer Esaslı Kompozit Malzeme Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- [58]. Arıcı E., (1997) *Van Yöresindeki Volkanik Tüfün Beton Mukavemetine Etkisi ve Taşıyıcı Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [59]. Çağlar, G. A., (2007) *Endüstriyel Atık Malzemelerin Karayollarında Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [60]. Kayranlı, B., ve diğerleri (2011). *Endüstriyel Katı Atıklar ve Geri Dönüşüm Borsasının İşletilmesi*, Gazi Üniversitesi, Ankara
- [61]. Bozkurt Acar P., (2011) *Atık Lastik-Kömür Karışımlarının Piroliz ve Kritik Üstü Ekstraksiyonla Değerli Ürünlere Dönüştürülmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

- [62]. Çağlar, G. A., (2007) *Endüstriyel Atık Malzemelerin Karayollarında Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [63]. Ekşioğlu Üstüncü F.,(2006) *Endüstriyel Atıkların Esnek Yol Üst Yapısında Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, T.C. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, Balıkesir
- [64]. Çelik, M. Y., (1996) *Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon
- [65]. Akın E.,(2007) *Mermer Tozları ve Uçucu Kül ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [66]. Gücek S., (2011) *Mermer Tozu ve Uçucu Külün Kil Zeminlerin İyileştirmesi Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon
- [67]. Özçay Ü., (2010) *Kiremit Sektöründeki Endüstriyel Atıkların Geri Kazanılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [68]. Montgomery, D., C. 2001 “Design and Analysis of Experiments” 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc. Arizona]
- [69]. Hinkelmann, K., Kempthorne, O. 2005 “Design and Analysis of Experiments Volume 2 Advanced Experimental Design” A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey
- [70]. Lazic', Z.,R. 2004 “Design of Experiments in Chemical Engineering A Practical Guide” WILEY-VCH,157-165
- [71]. Mason, R, L., Gunst, R., F., Hess J., L. 2003 “Statistical Design and Analysis of Experiments With Applications to Engineering and Science” Second Edition Wiley & Sons, Inc. 549-26-27].
- [72]. [Box, G.E. Hanter, G. Hanter J. *Statistics for Experimenters*, John Willey and Sons, New York,1980
- [73]. [Montgomery D.C., *Design and Analysis of Experiments*, Wiley Publisher,A.B.D., 2000
- [74]. Duman, N., *AISI 1040 ve AISI 4140 Çeliklerinin Dinamik Sürtünme Katsayısının Cevap Yüzey Metodu ile İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2010
- [75]. Demirekler P., (2004) *Optimization of Microwave-Halogen Lamp Baking of Bread*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Ankara

- [76]. Eren,İ.,(2004) *Patateslerin Osmotik Dehisrasyonunun 'Response Surface' Metodu kullanarak optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri İzmir
- [77]. Eğri N., (2008) *Deney Tasarım Tekniği Uygulanmış Optimizasyon Çalışmalarının İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
- [78]. Anonim, TS EN 14891:2012 Yapıştırıcılarla tutturulmuş seramik karoların altında kullanım için sıvı halde uygulanan su geçirmez ürünler-gerekler, deney yöntemleri, uygunluk değerlendirmesi, sınıflandırma ve kısa gösteriliş
- [79]. Anonim, TS EN 1504-2 Beton yapıların korunması ve tamiri için mamuller ve sistemler-tarifler, gerekler, kalite kontrol ve uygunluk değerlendirmesi-bölüm 2:beton için yüzey koruma sistemleri