

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SIVA OLARAK KULANILACAK FARKLI YÖNTEM VE
TÜRDE ÜRETİLEN HARÇLARIN İNCELENMESİ**

Meltem KAPTAN

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. İlker USTABAŞ

II. DANIŞMAN

Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU

JÜRİ ÜYELERİ

Doç. Dr. Murat YAYLACI

Dr. Öğr. Üyesi Şirin KURBETÇİ

Dr. Öğr. Üyesi Erdem CÜCE

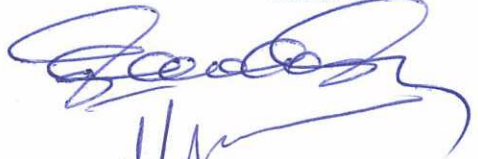
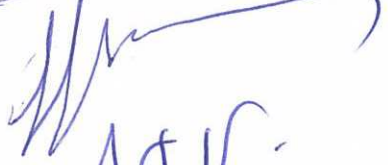



RİZE-2020

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SIVA OLARAK KULLANILACAK FARKLI YÖNTEM VE TÜRDE ÜRETİLEN
HARÇLARIN İNCELENMESİ**

Doç. Dr. İlker USTABAŞ danışmanlığında, Meltem KAPTAN tarafından hazırlanan bu çalışma Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile oluşturulan jüri tarafından 13/01/2020 tarihinde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU	
Üye	: Doç. Dr. İlker USTABAŞ	
Üye	: Doç. Dr. Murat YAYLACI	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Erdem CÜCE	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Şirin KURBETÇİ	



ÖNSÖZ

TS EN 998-1'e göre farklı tip ve yöntemlerle üretilen sıva harçlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edildiği bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlandı.

Günümüzde yaşanan çevre sorunları, enerji verimliliği ve binalarda enerji tasarrufu gibi konulara fayda sağlayacak olan bu çalışmayı yapma imkânı sağlayan, yüksek lisans eğitimim sürecinde ve tez aşaması boyunca numune temini, bilgi paylaşımı ve önerilerde bulunarak her daim destek olan çok değerli danışmanım Doç. Dr. İlker USTABAŞ' a ve Prof.Dr. Şakir ERDOĞDU' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarımnda her zaman yanımda olan ve yardımlarını benden esirgemeyen RTEÜ Mekanik Anabilim Dalı Arş. Gör. Vahiddin Alperen BAKI' ye tüm kalbimle teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, verdiğim kararlarda desteklerini her zaman arkamda hissettiğim maddi ve manevi yanımda olan canım ailem; annem Aynur, babam Ahmet KAPTAN' a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Meltem KAPTAN

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Sıva Olarak Kullanılacak Farklı Yöntem ve Türde Üretilen Harçların İncelenmesi” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 13/01/2020



Meltem KAPTAN

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

SIVA OLARAK KULLANILACAK FARKLI YÖNTEM VE TÜRDE ÜRETİLEN HARÇLARIN İNCELENMESİ

Meltem KAPTAN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. İlker USTABAŞ

Bu çalışmada TS EN 998-1 standart uyarınca sıvalar üretildi. Hazırlanan sıvalar Su/Çimento oranları 0,8-0,9 ve 1 olacak şekilde çimento, su ve sıva türüne göre kum, perlit ve lif kullanılarak hazırlandı. Bir grup sıva harcı da uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun sodyum hidroksit çözeltisiyle karıştırılmasıyla yani geopolimerizasyon yöntemiyle üretildi. Hazırlanan bu sıva harçlarının eğilme ve basınç dayanımları, kılcal su emme değerleri, yüzeye yapışma dayanımları, yayılmaları ve donma çözünme ortamındaki malzeme kayıp miktarları ölçüldü. Çalışma sonucunda harcın su/çimento oranının düşmesinin sıvaların eğilme ve basınç dayanımını artırdığı, su/çimento oranının artmasıyla kıvamı artan sıva harçlarının yapışma dayanımının arttığı, sıva harcına propilen lif katılmasının sıvaların yapışma dayanımını azalttığı, perlitli sıvaların donma çözünme kayıplarının diğer sıvalara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

2020, 48 sayfa

Anahtar Kelimeler: Uçucu Kül, Lif, Geopolimerizasyon, Perlit.

ABSTRACT

EXAMINATION OF DIFFERENT METHODS AND TYPES OF MORTARS TO BE USED AS PLASTER

Meltem KAPTAN

**Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker USTABAŞ**

In this study, plasters are produced in accordance with TS EN 998-1 standard. Prepared plasters Water / Cement ratios of 0,8-0,9 and 1 are prepared by using sand, perlite and fiber according to cement, water and plaster type. A group of plaster mortars are also produced by mixing the fly ash and blast furnace slag with sodium hydroxide solution, ie by geopolymerization. Flexural and compressive strengths, capillary water absorption values, surface adhesion strengths, spreading and loss of material in freezing and thawing conditions of these prepared mortars are measured. As a result of the decrease in the water / cement ratio of the mortar, the bending and compressive strength of the plasters increases, the adhesion strength of the plaster mortars increases with the increase of water / cement ratio, the addition of propylene fiber to the plaster mortar decreases the adhesion strength of the plasters, it is.

2020, 48 pages

Keywords: Fly Ash, Fiber, Geopolymerization, Perlite

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLOLAR DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Sıvalar	2
1.2.1. Sıvada Kullanılan Harçlar.....	2
1.2.2. Yüzeylerin Sıvaya Hazırlanması	3
1.2.3. Sıvaların Genel Özellikleri	4
1.2.4. Sıva Çeşitleri.....	4
1.2.4.1. Uygulanan Yere Göre Sıva	5
1.2.4.2. Üretim Şekillerine Göre Sıva.....	5
1.2.4.3. Uygulandığı Duvar Yüzeyine Göre Sıva	12
1.2.5. Sıvalarda Görülen Hasarlar ve Nedenleri	13
1.3. Geopolimerler	15
1.4. TS EN 998-1'e Göre Kâgir Harcı (Kaba ve İnce Sıva).....	17
1.5. Literatür Özeti.....	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	24
2.1. Çalışmada Kullanılan Agregaların Özellikleri	25
2.2. Sıvada Kullanılan Malzeme Miktarları.....	27
2.3. Çalışmada Uygulanan Deneyler	28
2.3.1. Yayılma Deneyi	28
2.3.2. Eğilme- Basınç Deneyi	28
2.3.3. Kılcal Su Emme Deneyi	29
2.3.4. Sıvaların Yapışma Dayanımının Ölçülmesi	29
2.3.5. Donma-Çözülme Deneyi	31
3. BULGULAR.....	33

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	37
5. ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Rabitz teli	7
Şekil 2. Sıva tarağı	8
Şekil 3. Püskürtme el makinesi	9
Şekil 4. Mineral sıva örnekleri	10
Şekil 5. Granit tipi sıva örneği.....	10
Şekil 6. Sıvada çiçeklenme.....	14
Şekil 7. Sıvada çatlama.....	14
Şekil 8. Sıvada aşınma.....	14
Şekil 9. Sıvada kabarma	15
Şekil 10. Sıvada patlama	15
Şekil 11. Geopolimer türleri	16
Şekil 12. Molekül yapısı.....	17
Şekil 13. Sıva harçlarının hazırlandığı karıştırma cihazı.....	24
Şekil 14. Sarsma tablası ile prizmatik numune kalıbı	25
Şekil 15. Harç numunelerin bekletildiği kür havuzu	25
Şekil 16. Sıva harçlarına uygulanan yayılma deneyi.....	28
Şekil 17. Eğilme-Basınç deney düzeneği	28
Şekil 18. Kılcal su emme deneyi için hazırlanan düzenek	29
Şekil 19. Kopma cihazı.....	30
Şekil 20. Deney hazırlığı	30
Şekil 21. Sıvanın kopması	31
Şekil 22. Donma-Çözülme deneyi için hazırlanan numuneler	31
Şekil 23. Donma-Çözülme kabini	32
Şekil 24. Perlit 0,8 kılcal su emme grafiği	34
Şekil 25. Sıvalarda ölçülen yayılma	37
Şekil 26. Sıva harçlarında ölçülen kılcal su emme katsayıları	38
Şekil 27. Sıva harçlarındaki eğilme dayanımları	39
Şekil 28. Sıva harçlarının basınç dayanımı	39
Şekil 29. Sıva harçlarının yapışma dayanımı	40
Şekil 30. Donma-Çözülme deney sonuçları	41

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. TS EN 998-1'e göre harç sınıflandırması	19
Tablo 2. Harçlar için gereklilik listesi	19
Tablo 3. Perlit ve kumun elekten geçen yüzdeleri	26
Tablo 4. Perlit ve kumunun su emme, özgül ağırlık ve nem içeriği değerleri	26
Tablo 5. Perlitin kimyasal analizi	26
Tablo 6. 1 m ³ sıva harcında kullanılan malzeme miktarları.....	27
Tablo 7. 1 m ³ perlitli sıva harcında kullanılan malzeme miktarları	27
Tablo 8. 1 m ³ geopolimer sıva harcında kullanılan malzeme miktarı.....	28
Tablo 9. Yayılma deneyi sonuçları	33
Tablo 10. Eğilme-Basınç deneyi sonuçları	33
Tablo 11. Kılcal su emme ağırlık değerleri.....	34
Tablo 12. Kılcal su emme katsayısı	34
Tablo 13. Yapışma dayanımı	35
Tablo 14. Donma-Çözülme deneyi	35

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Derece Celsius
kN	Kilo Newton
MPa	Mega Pascal
EN	Avrupa Standardı
TS	Türk Standardı
ISO	Uluslararası Standart
CEN	Avrupa Standart Komitesi
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
KOH	Potasyum Hidroksit
Na ₂ SiO ₃	Sodyum Silikat
SiO ₂	Silikon Dioksit
Na ₂ O	Sodyum Oksit
K _c	Kılcal Su Emme Katsayısı
A	Kılcal Su Emme Yüzey Alanı
t	Ölçüm Aralığı
Q	t Zaman Aralığında Emilen Su Miktarı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yapı taşıyıcı eleman ve duvar yüzeylerini boya veya son imalat aşamasına getirmek için çok değişik tür ve özellikte sıvalar kullanılmaktadır. Sıvalar, taşıyıcı eleman ve duvar yüzeylerinde uygun düzgünlüğün sağlanması, dekoratif açıdan istenilen görüntünün elde edilmesi, ısı yalıtımı ve betonarme taşıyıcı elemanların korunması gibi hususlarda yapılara fayda sağlamaktadır. Yapılarda kalıp ve duvar işçiliğindeki hatalara göre yer yer 10 cm'ye varan sıva kalınlıklarına rastlanabilmektedir. Düzgün yüzey elde etmek amacıyla taşıyıcı özelliği olmayan sadece detay malzemesi olarak yapıda fazladan ölü yükü artıran sıvaların yangın dayanımı ve ısı yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi durumunda yapıya işlevsellik bakımından katkı sağlamış olacaktır. Bu amaçla geliştirilen çimento bağlayıcılı ısı yalıtım sıvaları, normal sıvalarda kullanılan ince agrega yerine boşluk miktarı yüksek ve ısı iletim katsayısı düşük malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Normal sıvaların ısı iletim katsayıları 1,4 W/mK ile 0,7 W/mK aralığındayken ısı yalıtım sıvalarının ısı iletim katsayıları 0,055 W/mK değerine kadar düşebilmektedir. Yapılarda normal sıva yerine yalıtımlı sıva kullanılması durumunda yapı yangına karşı dayanıklı olmakla birlikte ısı iletim katsayısının düşük olmasından dolayı binalarda enerjinin etkin kullanımına fayda sağlanmaktadır. Genleştirilmiş kül, bims, perlit gibi malzemeler ısı yalıtım sıvaları için tercih edilen hafif agregalardandır (Koçlar ve Manioğlu, 2010; Ünal, 2016). Sıvada kullanılan hafif agrega miktarının yüksek oranda olması ısı iletkenlik değerini düşürüp yalıtım için uygun olsa da sıvanın mekanik özelliklerini bozabilmektedir. Bu yüzden kullanılacak olan hafif agrega miktarı sıvanın mekanik özelliklerini standartlarda verilen değerlerin altına düşürmeyecek şekilde belirlenmelidir (Fenoglio vd., 2018).

Dünya nüfusunun ve insan enerji ihtiyacının sürekli artması, zaman geçtikçe enerji kaynaklarının tükenmesine yol açmakta ve bu durum dünyada sınırlı miktarda bulunan doğal kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını mecbur kılmaktadır. Enerji üretmek için yeni teknolojiler ve alternatif enerji kaynakları geliştirilse de şu an kullanılan fosil kökenli enerji kaynaklarından vazgeçilememektedir. Fosil kaynaklardan enerji üretilmesi ve kullanılması sırasında ortaya çıkan hava kirliliği insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Bu gibi önemli nedenlerden dolayı enerjinin boşa harcanmaması

büyük önem arz etmektedir. Yapılan araştırmalara göre binalar enerji tüketen kaynaklar arasında en önemlilerden biri olarak görölmektedir. Bu kapsamda yapılarda enerjinin etkin kullanımı için iki seçenekten bahsedilebilmektedir. Bunlardan birincisi yeni yapılacak olan yapıların enerji etkin bina tasarımı ile kurgulanması, ikincisi ise mevcut olan yapıların aktif sistemler ve ısı yalıtımı ile yeniden düzenleyerek etkin hale gelmesidir. Yapılan ısı yalıtımı ile binanın durumuna bağlı olarak %20-%70 oranlarında ısı tasarrufu sağlanabilmektedir (Kozak ve Kozak, 2015; Kalaycı, 2016).

Bu çalışmada, çimento ve geopolimerizasyon ile sıva harçları üretilmiştir. Normal sıva harcı, ısı yalıtım sıva harcı ve geopolimer olarak üretilen harçların basınç dayanımları, yapışma dayanımları, yayılma, donma çözünmede kütle kayıpları ve kılcal su emme değerleri ölçülmüştür. Piyasada var olan ve bu çalışma kapsamında geliştirilen ısı yalıtım sıvalarının bazı mekanik ve fiziksel özellikleri normal sıvalarla karşılaştırılmıştır.

1.2. Sıvalar

Sıvalar, uygulandıkları yapının düzgün görünmelerini ve yapı malzemelerini örtmelerinin yanı sıra, yapının tamamını olumsuz hava koşullarından ve çevre faktörlerinden korumak amacıyla yapının iç ve dış yüzeyine uygulanan koruyucu bir katmandır. Çimento bağlayıcılı sıvalar plastik kıvamdayken uygulanan yüzeye yapışmalı ve çalışma sırasında işlenebilecek plastik kıvamını korumalıdır. Sertleşmesinden sonra da üzerinde çatlak ve dökülmeler olmadan işlevini sürdürmelidir. Ayrıca, sıvalar gözeneksiz olmalı, yüzeyi nefes alabilmeli, duvarı iç, dış ve kendi bünyesinde bulunan fiziksel ve mekanik etkilerden korumalıdır (Oktay vd., 2017; Ersoy, 2011).

1.2.1. Sıvada Kullanılan Harçlar

Yapılarda duvarı sıvamak amacıyla kullanılan, herhangi bir kumun içerisine bağlayıcı, su ve gerektiği zaman katkı malzemesi eklenerek oluşturulan karışıma harç denir (Doran ve Aktan, 2017; Yiğiter, 2014). Sıva harçlarında genellikle, iyi yapışma, yeterli mukavemet, su ve rutubeti geçirmeme, sonradan dökülecek büyüklükte boşluk olmama ve dış etkilere karşı yüksek dayanım istenmektedir (Aruntaş, 2016).

Harçlar kullanılan bağlayıcı malzemenin çeşidine göre yediye ayrılabilir. Bunlar kireç harcı, temditli harç, takviyeli harç, çimento harcı, kırıtklı harç, özel harçlar, alçı-sıva harcıdır (Yiğiter, 2014).

Kireç harcı; genellikle geçici olarak yapılan ve çok dayanıklı olması beklenmeyen binaların iç sıvalarında kullanılmaktadır. Kireç harçları yapılarda meydana gelebilecek ısı ve nem farklılıklarından kaynaklanan durumlara karşı rahatlıkla uyum gösterebilmektedir. Yeterli miktarlarda kum, sönmüş kireç ve su karıştırılarak kireç harcı oluşturulmaktadır (Doran ve Aktan, 2017; Yiğiter, 2014).

Temditli (Melez) harç; çimento harcının içine kireç eklenerek oluşturulan harçlara temditli yani melez harç denir. Çimentolu harçlarda özellikle sıcak havalarda erken priz alarak harcın işlenebilme süresi azalabilir. Çimentolu harca kireç katılarak harcın priz alma süresi uzatılarak harcın işlenme süresi artırılmaktadır (Emiroğlu, 2016).

Takviyeli harç; kireç harcının dayanımını arttırmak ve priz süresini kısaltmak için harcın içerisine belirli oranlarda çimento eklenerek elde edilen harca takviyeli harç denir. Çoğunlukla duvar örme işlemlerinde kullanılır (Emiroğlu, 2016; Olgun, 2016).

Çimento harcı; 0-4 mm'lik kum, çimento ve su karışımından oluşmaktadır. Çimento harcının kullanımında çimentonun priz almaması için 2-3 saat içinde kullanımına dikkat edilmelidir (Emiroğlu, 2016).

Kırıtklı harç; kırıtk, harcın yüzeye iyi yapışmasını sağlamak için kullanılan keten liflere denir. Harcın içerisine doğranan ahşap, bağdadi ve kamış yüzeylere sıva yaparken kullanılır.

Özel harçlar; çeşitli kimyasal malzemeler eklenerek genellikle fabrikalarda üretilen hazır harçlardır. Binaların iç ve dış yüzeylerine su ve ısı yalıtım ya da görsel güzellik kazandırmak amacıyla kullanılırlar.

Alçı-Sıva harcı; alçı ve suyun uygun miktarlarda eklenmesi ile hazırlanan harçlardır. Su ve neme karşı dayanıklı olmadığından ötürü genellikle iç sıvalarda kullanılır (Yiğiter, 2014).

1.2.2. Yüzeylerin Sıvaya Hazırlanması

Sıva yapılacak yüzeyler öncelikle sıvaya hazır hale getirilmelidir. Hazırlık aşamasında sıvanacak yüzey; dökülmelerin olmayacağı, yeterli pürüzlülük ve sağlamlıkta olmalıdır. Sıva yapılacak yüzeyde kir, yağ, boya, toz olmamalıdır. Sıvaya başlanmadan

önce su terazisi veya lazerli sistemlerle yüzeyin düzgünlüğü kontrol edilmelidir. Sıva yüzeyindeki çukurlar ve kırıklar varsa onarılmalı ve gerekiyorsa sıva teli, sıva filesi vb. elemanlar monte edilmelidir. Sıva yapılmaya başlanmadan önce sıvanacak yüzeyler ıslatılmalıdır (Özer, 1982; MEB, 2013).

1.2.3. Sıvaların Genel Özellikleri

Sıvalar uygulanan yüzeye yapışarak yüksek tutunma kabiliyeti göstermelidir. Duvarı iç ve dış etkenlerle birlikte kendi bünyesindeki fiziksel, kimyasal ve mekanik zararlı etkilerden korumalıdır. Sıvalar gelen suyu kendi bünyesine almaması için yüzeyi kaygan olmalı, küfe ve rutubete karşı dayanıklı olmalıdırlar. Isı değişimleri esnasında çatlama olmaması için sıvalar genleşme ve büzülme yapmamalıdırlar. Sıvalar yüzeyine yapılacak boyanın rengini bozan kuma türü reaksiyonlar yapılmamalı, duvarın hava ve nem sirkülasyonunu sağlayacak derecede gözenekli olmalıdır. Sıvalar hacim değişikliklerinde çatlamalara engel olacak kadar esnek olmalı ve yeterli mukavemete sahip olmalıdır (Bayraktar, 2012).

1.2.4. Sıva Çeşitleri

Sıvalar üretim şekillerine, bağlayıcı özelliklerine, uygulanan yüzeye ve uygulanan yere göre 4 ana madde altında incelenebilir.

1. Uygulanan Yere Göre

- İç Sıva
- Dış Sıva

2. Üretim Şekillerine Göre

- Yerinde karışım
- Fabrika Üretimi

3. Bağlayıcı Özelliklerine Göre

- Mineral Bağlayıcılı
- Sentetik Bağlayıcılı

4. Uygulandığı Duvar Yüzeyine Göre

- Beton Yüzeyi
- Ahşap Yüzeyi

- Tuğla Yüzeyi
- Yalıtım Malzemesi Yüzeyi
- Gazbeton Yüzeyi

1.2.4.1. Uygulanan Yere Göre Sıva

Uygulandıkları yerlere göre sıvaları iç sıva ve dış sıva olarak 2'ye ayırmak mümkündür.

İç Sıva: Üretilen sıva harcının duvar, kolon, merdiven, tavan gibi yapı elemanlarının iç yüzeylerine uygulanan, yüzeyi boyama ve kaplamaya uygun hale gelen kaplama tabakasına iç sıva denir. Bu sıvalar uygulanan yapı elemanlarını dış etkilerden korumaktan ziyade daha çok görünümünü güzelleştirmek ve yüzeyi düzeltmek amacıyla kullanılır.

Dış Sıva: Üretilen sıva harcının genellikle duvar gibi düşey dış yüzeylerine uygulanan, yüzeyi boyama ve kaplamaya uygun hale gelen kaplama tabakasına dış sıva denir (Aruntaş, 2016; Bayraktar, 2012).

1.2.4.2. Üretim Şekillerine Göre Sıva

Üretim şekline göre birçok sıva türü vardır ve gün geçtikçe farklı tür, malzeme, yöntemde ve isimde sıvalar geliştirilmektedir. Üretim şekline göre yerinde yapılan sıvalara aşağıdaki sıva türleri örnek olarak verilebilir.

- Kaba Sıvalar
- İnce Sıvalar
- Rabitz Sıvalar
- Bağdadi Sıvalar
- Ahşap ve Metal Yüzeylere Yapılan sıvalar
- Alçı Sıvalar
- Çarpma Sıvalar
- Edelputz Sıvalar
- Mermer Tozu Sıvalar
- Mermer Pirinçli veya Doğal Taş Pirinçli Suni Taş Sıvalar

- Püskürtme Sıvalar
- Perdah Sıvalar
- Desenli Sıvalar
- Alaturka sıvalar

Üretim şekline göre fabrikada yapılan sıvalara aşağıdaki sıvalar örnek olarak verilebilir.

- Mineral Esaslı, Düz veya Desenli Görünen Hazır Sıvalar
- Granit Tipi Hazır Sıvalar
- Hazır İpek Sıvalar
- Perlit Sıvalar
- Hazır Kenitex Püskürtme Sıvalar
- Sentetik Reçine Bağlayıcılı Sıvalar
- Anti Nem Sıvalar (Gürer, 2008)

Kaba Sıvalar; 3 mm'lik elekten geçen kum, bağlayıcı ve su ile karıştırılarak hazırlanan sıvaya denir. Kaba sıva yüzeye genellikle 2 tabaka halinde uygulanır. İlk tabaka normal harca göre biraz daha sulu yapılarak serpmeye şeklinde uygulanırken ikinci tabaka plastik kıvamda hazırlanır. İki tabakada uygulandıktan sonra bir master ve ano yardımıyla son atılan tabakanın fazlalıkları alınır. Bu yapılan işleme master çekme denir. Son tabaka ile dolmamış olan kısımlar da doldurularak kaba sıva yapımı tamamlanmış olur. Kaba sıvanın kalınlığı 2-3 cm olmalıdır (Aruntaş, 2016). Kaba sıvanın düzgünlüğü master ya da ip çekilerek kontrol edilmektedir.

İnce sıvalar; kum, bağlayıcı ve su ile oluşturulan harcın yaklaşık 5 mm kalınlığında yüzeye uygulanması ile oluşan sıvalara denir. İnce sıva, kaba sıva tamamen kurduktan sonra kalan boşlukları doldurmak ve sıva yüzeyini perdahlamak için yapılır. Sıvacılık açısından son işlem olarak görülür. İnce sıva yapılmadan önce iklim şartları da dikkate alınarak yüzey ıslatılmalıdır. Daha sonra ince sıva harcı düzgünce yüzeye sürülmelidir. Sürülen sıva istenilen kıvama geldiğinde mala yardımıyla perdahlama yapılır. Fakat sıcak iklimlerde ince sıva perdah işlemi bitmeden kurumaya başlar bunu önlemek için perdah işlemini özel el fırçaları ile yüzey ıslatılarak bitirilmelidir (Aruntaş, 2016; Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985).

Rabitz sıvalar, genellikle duvarlara ya da tavana uygulanırlar. Her ikisinde de uygulama yöntemleri aynıdır. Rabitz tel levhalar en 1,5 cm boy 2,5 cm olacak şekilde üst üste bindirilmeli ve levhaların uç kısımları bir mesnet üzerine yerleştirilmelidir. Rabitz

yüzeyi ile diğer sıva yapılan yüzeyin birleşim yeri master ile ayrılmalı ve gerekli düzeyde bağlantı ile bağlanmalıdır. Bu işlemler sırasında tesisatın tamamlanmış olmasına özen gösterilmelidir. Şekil 1’de görülen rabbitz teli üzerine sıva 3 tabaka halinde uygulanmaktadır. Birinci tabaka olan katıklılı harç yüzeyin tamamını kaplamalıdır. Bu yapılan ilk tabaka kuruduktan ve sertleştikten sonra ikinci tabaka olan kaba sıva uygulaması yapılır ve son tabaka olarak da ince sıva uygulanır (Aruntaş, 2016).



Şekil 1. Rabbitz teli (MEB, 2013)

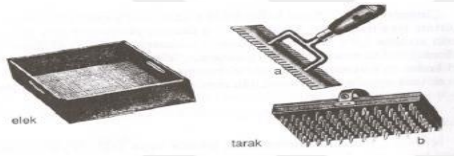
Bağdadi sıvalar, yüzeyi ahşap malzemedan yapılmış olan duvarlara uygulanan ve ismini kullanılan çitlerden alan sıvaya denir. Tesisat işlemleri tamamlanmış olan yapının, ahşap iskeletinin üzerine 1,5×2,5 cm ya da 2×2 cm boyutlarında ki bağdadi çitler 2,5-3 cm aralıklarla çakılır. Bu çitler üzerine 3 tabaka halinde sıva uygulaması yapılır. Birinci tabaka da bağdadi çitler katıklılı harç ile tamamen kapandıktan ve sıva sertleştikten sonra ikinci tabaka ile masterına geçilir ve son aşama olarak da üçüncü tabakada ince sıva uygulaması yapılır (Aruntaş, 2016; Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985).

Ahşap ve metal yüzeylere sıvalar hiçbir zaman yapışmadığı için, 50 cm aralıklarla 5×10 cm boyutlarında ki ahşap latalardan yapılan ızgara üzerine rabbitz teli veya sıva filesi çekilerek zemin hazır hale getirilir. Rabbitz telinin paslanmaması açısından galvanizli olmasına özen gösterilmelidir. Hazır hale getirilen yüzeye 2 tabaka halinde takviyeli harç ile sıva yapılır (Gürer, 2008).

Alçı sıvalar, alçı kullanılarak yapılan sıvalardır. Alçı suyun içerisine katılmalı, alçının içine su katılmamalıdır. Alçı sıvasının mukavemetinin azalmaması için su miktarı alçı miktarının %80’ ini geçmemelidir. Mevcut kaba sıva üzerine 5-7 mm kalınlıkta uygulanmalıdır. Düzgün yüzeylerde alçı sıva, herhangi bir alt sıva olmadan yaklaşık 1 cm kalınlığında uygulanabilir. Alçı sıvalar, su ve rutubete karşı dayanıksız olduğundan dolayı genellikle iç sıvalarda kullanılırlar (Yiğiter, 2014; Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985).

Çarpma (Serpme) sıvalar, uygulanacak yüzeye akıcı kıvamdaki harcın mala ile serpilmesi ya da atılması ile uygulanan sıvalara denir. Genellikle binaların dış yüzeyleri ya da su basman seviyesine kadar olan dış duvarlar çarpma sıva ile sıvanmaktadır. Su basman seviyesine kadar olan duvarlar su ve nem sorunu yaşamaktadır. Bu nedenden dolayı daha dayanıklı olması açısından çimento harcı uygulanmaktadır. Çarpma sıvalar, düzgün yapılmış kaba sıva üzerine uygulanabileceği gibi kâgir yapı üzerine birkaç kat olması suretiyle de uygulama yapılabilir (Aruntaş, 2016).

Edelputz (Tarak) Sıvalar, homojen renk ve büyüklükte özel çakıl, söndükten sonra en az 1 ay dinlendirilmiş beyaz kireç ve çimento ile oluşturulur. Kaba sıvanın üzerine uygulanan edelputz sıvanın üzerine ince sıva uygulanıp priz aldıktan sonra sıva tarağı (Şekil 2) ile taranarak özel dokusu meydana çıkarılır. Bu sıvanın üzerine düzeltme işlemi yapılmamalıdır (Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985).

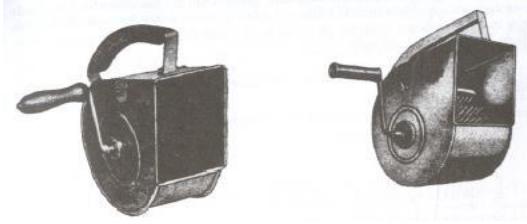


Şekil 2. Sıva tarağı (Gürer, 2008)

Mermer tozu sıvalar; çimento, agrega, sönmüş kireç, mermer tozu ve renklendirici katılarak oluşturulan harcın kaba sıva üzerine uygulanmasıyla yapılan sıvalardır. Kaba sıva üzerine 4-6 mm kalınlığında uygulanmaktadır. Sıva karışımına giren malzemelerin oranları, mermer tozu 3, sönmüş kireç 2, çimento 1, boya 1/10 hacminde olmaktadır (Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985; TS 1481, 1988).

Mermer pirinçli veya doğal taş pirinçli suni taş sıvalar, çimento harçlı kaba sıva üzerine uygulanır. Sıva, mermer pirinci, çimento ve su ile hazırlanır. Uygulama ve teknik olarak mermer sıvalara benzemektedir. Sıva yüzeyi 24 saat sonra gerektiği takdirde kazınarak veya murçlanarak şekillendirilebilir (Gürer, 2008).

Püskürtme sıvalar, uygun harçla dış duvar üzerine 3 mm kalınlığında Şekil 3'te görülen veya bu amaçla geliştirilmiş püskürtme makinesi ile uygulanmaktadır. Püskürtme sıva uygulanacak yüzey iyice yıkanıp temizlenmeli şayet eski bina sıva üzerine yapılacaksa da badana ve benzeri kaplamalar kazınarak yüzeyin temiz olması sağlanmalıdır. Püskürtme sıvalar dekorasyon amacıyla da kullanılmaktadır (Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985; Aruntaş, 2016).



Şekil 3. Püskürtme el makinesi (Gürer, 2008)

Perdah Sıvalar, boya yapılacak iç ve dış sıvanın üzerine düzgün yüzey elde etmek için perdahlama yapılır. Perdahlı sıvanın üzerine yağlı boya yapılacaksa yüzeyine bezir yağı sürülmelidir. Perdahlı sıvalar kullanılan malzemenin cinsine göre farklı kireç perdahlı, çimento perdahlı, alçı perdahlı, kireç, çimento karışımı harçla perdahlı sıva türlerinde imal edilebilirler (Gürer, 2008).

Desenli sıvalar, bu sıva iki yöntemle uygulanmaktadır. Birincisi perdah sıvası uygulandıktan 15 dakika sonra malanın sıva üzerine bastırılarak sıvada ki çimento zarının kaldırılması şeklinde yapılan yöntemdir. İkincisi ise sıva yüzeyine üzerinde desen bulunan merdanenin uygulanmasıdır (Gürer, 2008).

Alaturka sıvalar, horasan denilen harçla yapılan ve ince işçilik gerektiren sıvalardır. Alaturka sıva günümüzde kullanılmamaktadır. Genellikle eski yapıların tamirinde kullanılmaktadır.

Modern hazır sıvalar, özel ambalaj içerisinde piyasada satılan kullanıma hazır harçlar ile yapılan sıvalardır. Bu sıvalar, geleneksel yöntem sıvalarından daha farklı uygulanmaktadır. Ambalaj üzerindeki üreticinin talimatlarına uyularak uygulama yapılır. Bu sıvalar doğrudan kullanıma hazır şekilde yaş karışım olarak satıldığı gibi sadece su ilavesi ile hazır hale getirilebilecek kuru karışım şeklinde de satılmaktadır (Aruntaş, 2016). Yapılarda iç ve dış sıvada kullanılırlar. Harcın yüzeye uygulanmasında püskürtme ya da mala yöntemi uygun görülür (MEB, 2012). Hazır sıvalar kullanılırken ambalajında belirtilen hazır sıva malzemesine yabancı bir malzeme eklenmemelidir. Hazır sıva uygulama yapılacak yerin sıcaklığı 5°C-35°C olmalı, aşırı güneş ve yağmurda uygulama yapılmamalıdır. Hazır sıva uygulanmadan önce yüzey sıva ile aynı renkte bir astarla astarlanmalıdır. Astarlama yapıldıktan bir gün sonra sıva uygulanmalıdır (Aruntaş, 2016).

Şekil 4’te görülen mineral esaslı, düz veya desenli görünen hazır sıvalar, harç özel ambalajından temiz bir kaba boşaltılıp uygulanacak kıvama gelene kadar su ilave edilerek iyice karıştırılır. Harç çelik mala ile yüzeye uygulandıktan sonra desen vermek için plastik mala ile perdahlama işlemi yapılır. Harcın içindeki ince kumun yüzeyi çizmesi ile

desen verilmesi sağlanır. Sıvanın tam olarak kurumması için 48 saat beklenilmelidir (MEB, 2012).



Şekil 4. Mineral sıva örnekleri

Şekil 5’te görülen granit tipi hazır sıvalar, mikro tanecikler haline getirilen granit ve mermerin öğütülmesi ve sentetik doğal reçineler ile birlikte diğer katkı maddelerinin karıştırılması ile üretilir. İç ve dış cephelerde püskürtme ya da mala yöntemiyle uygulanır. Yüzey gerektiğinde su ile yıkanabilir. Yüzeye bakıldığında kum taneleri ile kaplı gibi görülür. Bu sıva ile uzun ömürlü ve dekoratif yüzey elde edilir (MEB, 2012).



Şekil 5. Granit tipi sıva örneği

Hazır ipek sıvalar, ipeksi pamuk haline getirilen tekstil hammaddeleri, doğal katkıları ve akrilik bağlayıcılar ile karıştırılıp üretilen hazır sıva malzemesidir. Dekoratif, ısı ve ses yalıtımlı, esnek, sağlıklı yapı oluşturan bu sıvalar iç cephelerde kullanılmaktadır. Özel ambalajda bulunan malzeme uygulama esnasında bir kaba boşaltılıp homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra 15 dakika dinlendirilir. Dinlenme süresi bittikten sonra mala ile yüzeye 1,5 mm kalınlıkta uygulama yapılır. Tam kuruma için 24-48 saat beklenir (MEB, 2012).

Perlit sıvalar, perlit, çimento ve su ile oluşturulan harcın kullanılmasıyla yapılan sıvalardır. Türkiye, Dünya perlit rezervinin yaklaşık %74'üne sahiptir ve 6,6 milyon ton dünya perlit rezervinin yaklaşık 4,5 milyon tonu Türkiye'ye aittir. (Ramezianpour vd., 2016) Doğal bir kaynak olan perlit, ısıyla genleşebilen volkanik bir camdır. Perlitteki en önemli özellik yapısındaki %2-5 arasında bulunan sudur ve bu su perlite kararlılık katar. Perlit geliştirilmiş olarak kullanılabilirdiği gibi ham olarak da kullanım alanlarına sahiptir. Genleştirilmiş perlit, ham perlitin 750-1100 °C sıcaklığa aniden ısıtılmasıyla oluşan gözenekli, düşük yoğunluklu, beyaz renkli hafif bir malzemedir. Ham perlit geliştirildiğinde hacim olarak yaklaşık 10-30 kat büyümektedir (DPT, 2001; Oktay vd., 2017; Yıldırım ve Baba, 2018; Yerlici, 1966; Mir vd., 2020). Genleştirilmiş perlitin yapısında nitrat, sülfat, ağır metal, fosfor, radyoaktif element ve organik madde bulunmadığından kimyasal olarak oldukça saftır. Organik bir yapısı olmadığı içinde oldukça uzun ömürlüdür ve sahip oldukları yetenekleri uzun süre taşıyabilmektedirler. Ph aralığı 6,6-8 arasında olduğundan nötrdür ve kimyasal tepkimeye girmez. Bu sebeple perlit, gıda, ilaç ve kimyasal malzeme üretiminde de kullanılabilir. Ham perlit yapısında silisli ve alüminyumlu birleşikler bulunduğu için kalsiyum esaslı bağlayıcılarla kimyasal tepkimeye girerek hidrolik aktivite gösterirler. Bu özelliğinden dolayı perlit yapı sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır (Uluer vd., 2018; Oktay vd., 2017). Genleştirilmiş perlit, düşük ısı iletim katsayısı, yanmazlık, düşük yoğunluk ve yüksek ses emme özelliği olan iyi bir yalıtım malzemesidir. Beton 300 °C' den sonra bozulmaya başlarken perlit 870 °C sıcaklığa kadar bozulmadan dayanabilmektedir. Bu özellik ısı yalıtım malzemelerinde aranan en önemli özelliktir. Bu özelliklerinden dolayı Türkiye'de perlitin %80'i ısı ve ses yalıtımında kullanılmaktadır. Perlit ile hafif beton, sıva, şap ve yalıtım amaçlı duvar blokları yapılmaktadır (Uluer vd., 2018; Anonymous, 2019; Batar vd., 2009; Yıldırım ve Baba, 2018).

Hazır keniteks püskürtme sıvalar, özel bir reçine ve keniteks karışımından oluşur. Bu sıvaların bünyesinde su yoktur. Yapışma kabiliyetleri çok yüksek olan hazır keniteks püskürtme sıvalar kurduktan sonra esnek ve çatlamaz bir hal alırlar. Hazır sıva malzemesi yüzeye yedi atmosfer basınçla püskürtülür. Hazır keniteks püskürtme sıvalar, ses emici olduğu gibi aynı zamanda yanmaz özellikleri olan ve her çeşit yüzeye uygulanabilen sıvalardır (MEB, 2012).

Sentetik reçine bağlayıcı sıvalar, mineral esaslı dış yüzeylerde kullanılmaktadır. Hazır sıva içerisindeki kum boyutu 1-2 cm civarındadır. Ayrışmayı ve akmayı

engellemek, harca plastik kıvam kazandırmak ve ışınlara karşı dayanımı arttırmak için eklenen katkı maddeleri dışında renk verici malzemeler de kullanılmaktadır. Sentetik reçine bağlayıcılı sıvalar, polistren, poliüretan ve epoksi esaslı olarak üç farklı çeşit olarak üretilirler (MEB, 2012).

Anti nem sıvalar; nemli ve sulu zeminde, duvarlar ve sıva katmanları kapilarite etkisinden dolayı suyu çeken sıvalardır. Sıvaların çektiği suyun tuzlu olması durumunda tuzun bir kısmı suyla birlikte sıva yüzeyine çıkar, bir kısmı da sıvanın içinde kalır. Bu olay sıva üzerine uygulanan kaplama ve boyayı bozar ve sıva yüzeyinde bozukluğa neden olur. Rutubetin neden olduğu bu bozukluk içinde anti nem hazır sıvalar üretilmiştir. Üretilen anti nem sıvalar, kum, çimento ve özel maddelerin karışımından oluşmaktadır (MEB, 2012).

1.2.4.3. Uygulandığı Duvar Yüzeyine Göre Sıva

Sıvalar, uygulandıkları duvar yüzeyine göre beton, tuğla, gazbeton, yalıtımlı yüzeyler ve ahşap duvar yüzeyler olmak üzere beş gruba ayrılabilir.

Yapıda sıva uygulanacak beton yüzeyler, perde, kolon, kiriş ve döşeme vb. elemanların yüzeyleridir. Bu yüzeyler sıvanın daha iyi tutunabilmesi için pürüzlü olması gerekir. Eğer düz bir yüzey varsa pürüzlendirme işlemi yapılır. Hazır sıva kullanımında ise pürüzlendirmeye gerek görülmemektedir. Beton ve sıvalar, çimento bağlayıcılı kompozit malzemeler olduklarından birbirleriyle bağlanma ve ileri zamandaki ısı genleşme gibi durumlarda birbirleriyle uyumlu olarak çalışan malzemelerdir.

Tuğla duvar yüzeyine sıva uygulaması yapılırken, duvarla bütünlük sağlaması için sıva harcının kapiler su emme özelliği ile sıva uygulanacak yüzeyin kapiler su emmesi aynı veya ona uygun şekilde hazırlanmalıdır. Sıvanın uygulanacağı duvarın yoğunluğu sıvanınkinden daha küçük olmalıdır. Yağmur sularını emme özelliği olan duvar, sıvanın zarar görmesine yol açmadan suyu kendi bünyesinde depolamalı uygun iklimlerde suyu dışarıya atabilmelidir.

Gazbeton gibi boşluklu yapıya sahip malzemeler ile düzgün sıva yüzeyleri elde edilmektedir. Serpme ve çarpma yöntemleri ile sıva uygulaması yapılarak sıva tutuculuğu artırılabilir. Bu tür yapı malzemelerinin su emici özellikleri olduğu için yüzeyin önceden ıslatılıp suya doyurulması gerekir.

Duvar yüzeyleri, iklimsel konfor için su ve ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanabilmektedir. Sıva da duvara uygulanan yalıtımın üzerine uygulanmaktadır. Yalıtımda kullanılan malzemeye göre sıvanın tutuculuğunu arttıracak ahşap veya metal tutucular kullanılır.

Ahşap nem ve sıcaktan etkilenen, su emme oranı oldukça yüksek olan bir malzemedir. Bu özellikler ahşap üzerine sıva yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu amaçla kullanılan yere göre doğru ahşap seçimi çok önemlidir. Ahşap duvar yüzeyine geleneksel yöntemlerle sıva uygulanırken birleşim yerlerine sıva teli kullanılması gerekirken hazır sıva esnek olduğu için bu gereklilik ortadan kalkar ve daha ekonomik bir çözüm olur (Memiş, 2007).

1.2.5. Sıvalarda Görülen Hasarlar ve Nedenleri

Binalarda yapı elemanlarının yüzeyini kaplayarak dış etkenlere karşı korumak ve güzel görünüm vermek için yapılan iç ve dış sıvalarda yapım kurullarına uyulmadığında veya kullanılan malzemelerin özellikleri iyi belirlenmediğinde sıvalı yüzeylerde çeşitli hasarlar ortaya çıkabilir. Sıva hasarları; yüzeyde çatlama, dökülme, kabarma ve renk değişimi şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Sıva yapılan yüzeyde dökülme veya çatlama olması sıvaların da çatlmasına ya da dökülmesine yol açmaktadır. Sıvada kullanılan reaktif silis içeren ince agreganın çimento ile reaksiyona girmesi ile sıvaların çatlayıp dökülmesine yol açmaktadır. Sıva ile uygulanan malzeme arasında farklı ısıl genleşme katsayısına sahip olması, sıvaların su ve neme maruz kalması gibi olaylarda sıvanın hasar görmesine yol açmaktadır. Sıvanın uygulanması sırasında yüzeyle sıvanın yapışmaması, sıva ve uygulanan yüzey arasında boşluk kalması şeklindeki uygulama hataları da sıvalarda hasar oluşmasına yol açmaktadır.

Şekil 6'da görülen sıva yüzeylerinde çiçeklenme sıvalardaki diğer bir hasar türüdür. Çiçeklenme sıva içerisinde tuzların kristalleşmesi, kılcallık sonucu bünyeye giren suyun dışardan gelen veya yapıda bulunan tuzların bir yerde biriktirip kristalleşmesi veya kireç türü farklı minerallerin yüzeyde kristalleşmesi sonucu oluşmaktadır.



Şekil 6. Sıvada çiçeklenme

Şekil 7’de imalat sırasında sıvanın priz alması durumunda yüzeyde oluşan rötre çatlakları görülmektedir. Sıvalı yüzeyler de bu tür çatlakların oluşmaması için sulanma yapılması gerekmektedir.



Şekil 7. Sıvada çatlama

Şekil 8’de balkonda damlalık olmaması sebebiyle suyun yüzeyde oluşturduğu aşınma ve sıva dökülmesi hasarı görülmektedir.



Şekil 8. Sıvada aşınma

Şekil 9’da ıslak hacimlere denk gelen sıvalarda içeriden duvarın su alması sonucunda sıva yüzeylerde çiçeklenme ve kabarmadan dolayı oluşan hasarlar görülmektedir.



Şekil 9. Sivada kabarma

Şekil 10'da sönmemişin kirecin suya maruz kalması ile kirecin genleşip sıvayı patlattığı görülmektedir.

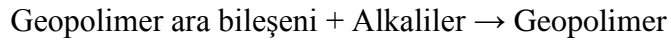
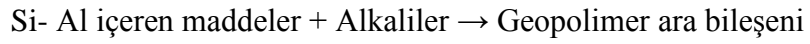


Şekil 10. Sivada patlama (Dereli, 2004)

1.3. Geopolimerler

Endüstriyel atıkların NaOH, KOH, Na_2SiO_3 gibi alkaliler ile aktive edilerek bağlayıcı elde edilmesi olayına geopolimer denilmektedir. Geopolimerler ile üretilen yapı malzemeleri, yüksek basınç dayanımı, yüksek sıcaklık ve korozyona karşı yüksek direnç, yüksek aşınma dayanımı ve asit atıklarına karşı yüksek dayanım göstermektedir (Weil vd., 2009; Badar vd., 2014). Çimento üretimi sırasında açığa çıkan gaz çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Her bir ton çimento üretiminde yaklaşık bir ton CO_2 gazı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca çimento yüksek sıcaklıklarda üretildiği için enerji tüketimi çok yüksektir ve buna bağlı olarak da yüksek maliyet gerektirmektedir. Bu çevresel ve ekonomik faktörler Portland çimentosuna alternatif bir bağlayıcı bulma arayışına neden olmuştur. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda son yıllarda yüksek fırın cürufu ve uçucu kül gibi endüstriyel atıkların kullanımının yaygın olmaya başladığı görülmüştür (Bakri vd., 2011; Baradan vd., 2012; Davidovits, 1994; Slaty vd., 2013).

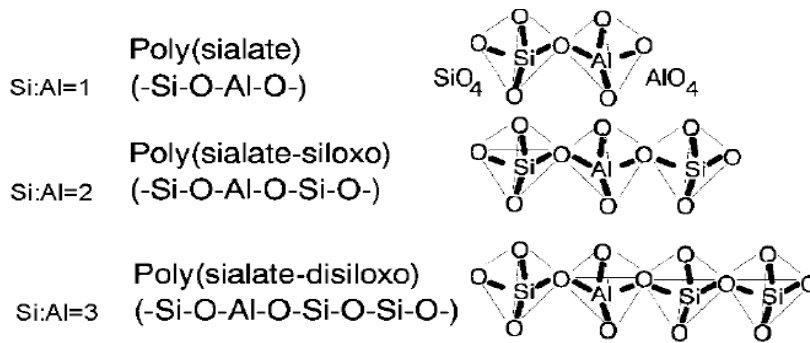
Geopolimerin oluşumu ile ilgili birçok araştırma mevcuttur. Davidovits (2015), geopolimer sentezinin üç safhada gerçekleştiğini bunlarında alüminosilikatların kuvvetli alkali çözeltilerde çözünmesi, serbest iyon gruplarının dağılımı ve polikondenzasyon olduğunu belirtmektedir. Geopolimerlerin oluşması çok hızlıdır ve neredeyse bu safhayı aynı anlarda gerçekleşmektedir. Bu sebeple belirtilen bu üç safhayı birbirinden ayırt etmek mümkün olmamaktadır (Li vd., 2004; Özdal, 2019). Geopolimerlerin oluşumundaki reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Davidovits, 2015).



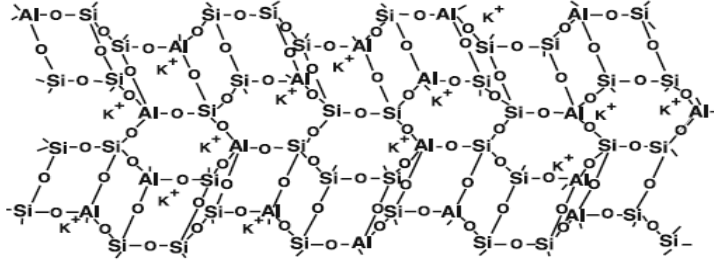
Reaksiyonlarda da görüldüğü üzere geopolimerin yapısında su bulunmamaktadır. Geopolimer üretiminde sadece karışım aşamasında işlenebilirlik açısından su ilave edilmektedir. Su, geopolimerlerin kuruması esnasında süresiz ve küçük boşluklar bırakarak geopolimeri terk etmektedir. Bu da geopolimere yangına dayanıklılık, hafiflik ve ısı yalıtım gibi olumlu özellikler katmaktadır (Rangan, 2008).

Geopolimer üretiminde kullanılan uçucu kül aktivasyon sonucunda amorf yapıya dönüşmektedir. Çoğu zaman en yüksek dayanım sodyum silikatlı aktivatör ile elde edilmektedir. Bunun yanı sıra $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ kütle oranı ile Si/Al atomik oranının artması ile basınç dayanımı artmaktadır. Yüksek basınç dayanımı Si/Al atomik oranı ile bağlantılıdır. Geopolimerin taze ve sertleşmiş halinde; uçucu külün tipi, artan sodyum silikat karışımı ve tane dağılımı etkilidir (Kaya vd., 2018).

Alümina silikat malzemelerin polimer yoğunlaşması sonucu geopolimer malzemeler ortaya çıkmaktadır. Şekil 11’de geopolimer türleri, Şekil 12’de ise alkali aktivasyonu sırasında reaksiyona giren ve oluşan moleküller görülmektedir.



Şekil 11. Geopolimer türleri (Davidovits, 1994)



Şekil 12. Molekül yapısı (Davidovits, 2017)

Geopolimerlerin dayanımı harç içerisinde gözeneklere, gözeneklerin büyüklüğüne ve şekline bağlıdır. Gözenek çapları 15 nanometreden küçük olanların harcın dayanımını etkilemediği düşünülmektedir. Gözeneklerin hacmi ve dağılımı Si/Al oranından direkt etkilenmektedir. %10-15 alüminosilikatlı matris oluşumu için gerekli olan minimum Al_2O_3 oranı içeren hammaddeler iyi bir dayanım vermektedir (Obonyo vd., 2011).

Alkaliler ile aktive edilerek üretilen geopolimerlerin elektrik direkleri, döşeme ve temel inşaatı, beton kaldırımlar, prefabrik yapılar, beton borular, ısıya dayanıklı betonlar gibi yapı malzemelerinde kullanılabilirler (Shi vd., 2006).

1.4. TS EN 998-1'e Göre Kâgir Harcı (Kaba ve İnce Sıva)

Kaba ve ince sıva harçlarının karakteristikleri kullanılan bağlayıcıların tipi ve harcın su çimento oranıyla yakından ilgilidir. Bağlayıcı tipi ve su çimento oranı harcın dayanımı, kıvamı, yüzeye yapışma özelliğini doğrudan etkilemektedir. Sıva harcında kullanılan agregaların, kimyasal ve/veya mineral katkıların tipine bağlı olarak farklı özellikler elde edilebilir.

TS EN 998-1 (2017) standardı kaba ve ince sıva harçlarını aşağıdaki şekillerde tanımlanmıştır:

Kavramlara göre:

- 1) Tasarlanmış sıva harcı
- 2) Tarif edilmiş sıva harcı.

İmalat şekline göre:

- 1) Hazır sıva harcı;
- 2) Yarı hazır sıva harcı
- 3) Şantiyede yapılan sıva harcı.

Özelliklere ve/veya kullanıma göre:

- 1) Genel amaçlı kaba ve ince sıva harçları
- 2) Hafif kaba/ince sıva harçları
- 3) Renkli kaba sıva harcı
- 4) Tek katmanlı kaba sıva harcı
- 5) Yenileme için kaba/ince sıva harçları
- 6) Isı yalıtımı için kaba/ince sıva harçları.

TS EN 998-1’de isimlendirilen kaba ve ince sıva harçları için standart dayanım, ısı iletim katsayısı, su buharı geçiş katsayısı gibi özellikleri için sınır değerler vermektedir. Kaba/ince sıva harçları, uygulamanın ardından uygun şekilde sertleşmedikçe nihai karakteristiklerine kavuşamaz. Bir kaba/ince sıva harcı ile elde edilecek işlevler, kullanılan malzeme tiplerinin karakteristiğine, katmanların kalınlığına ve uygulama tipine bağlıdır. Ek olarak, kaba/ince sıva harçları yapı yüzeyini de belirlemiştir. Yapım uygulamaları ve iklimdeki bölgesel farklılıklar ile kaba/ince sıva harçları için kullanılan farklı bileşen malzemeler, Avrupa’nın tamamında uygulanabilecek bir tarif edilmiş sıva harcı için standart karışım oranlarının belirlenmesine izin vermemektedir. Bu nedenle, bu tip karışım oranlarının (tarifelerin) özelliklerinde ve uygulama alanlarında, kullanım yerindeki mevcut uygulama ve deneyimler esas alınmalıdır (TS EN 998-1, 2017).

TS EN 998-1, (2017) standardı amaçları bakımından sıva harçlarını Genel amaçlı kaba/ince sıva harcı (GP), Hafif kaba/ince sıva harcı (LW), Renkli kaba sıva harcı (CR), Dış elemanlarda kullanım için tek kat kaba sıva harcı (OC), Yenileme harcı (R), Isı yalıtım harcı (T) sembolleriyle göstermektedir. Tablo 1’de harç sınıflandırılması Tablo 2’de ise harçlar için gereklilik listesi yer almaktadır.

Tablo 1. TS EN 998-1’e göre harç sınıflandırması

Özellikler	Kategoriler	Değerler
28 günlük basınç dayanımı sınır değerleri	CS I	0,4 N/mm ² - 2,5 N/mm ²
	CS II	1,5 N/mm ² – 5 N/mm ²
	CS III	3,5 N/mm ² - 7,5 N/mm ²
	CS IV	≥ 6 N/mm ²
Kılcal (kapiler) su emme	W _c 0	Belirtilmemiş
	W _c 1	C ≤ 0,40 kg/ (m ² .min ^{0,5})
	W _c 2	C ≤ 0,20 kg/ (m ² .min ^{0,5})
Isıl iletkenlik	T1	≤ 0,1 W/m.K
	T2	≤ 0,2 W/m.K

Tablo 2. Harçlar için gereklilik listesi

No	Deney parametresi	Deney yöntemi	GP	LW	CR	OC	R	T
L1	Kuru yığın yoğunluğu (kg/m ³)	EN 1015-10	Beyan edilen sınır değerler	Beyan edilen sınır değerler ≤1300 kg/m ³	Beyan edilen sınır değerler	Beyan edilen sınır değerler	Beyan edilen sınır değerler	Beyan edilen sınır değerler
L2	Basınç dayanımı (kategoriler)	EN 1015-11	CS I – CS IV	CS I – CS III	CS I – CS IV	CS I – CS IV	CS II	CS I- CS II
L3	Yapışma (adezyon) (N/mm ² ve çatlak şekli (FP) A, B veya C)	EN 1015-12	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)	-	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)
L4	Yıpratma döngüleri sonrası yapışma (N/mm ² ve kopma şekli (FP) A, B veya C)	EN 1015-21	-	-	-	≥ Beyan değeri ve çatlak şekli (FP)	-	-
L5	Kılcal su emme (kategoriler)(dış elemanlarda kullanılması tasarlanan harçlar için)	EN 1015-18	W _c 0- W _c 2	W _c 0- W _c 2	W _c 0- W _c 2	W _c 1- W _c 2	24 saat sonunda ≥ 0,3 kg/m ²	W _c 1
L6	Kılcal su emme deneyinden sonra su işleme derinliği (mm)	EN 1015-18	-	-	-	-	≤ 5mm	-
L7	Yıpratma döngüleri sonrasında ilgili alt katmanın su geçirgenliği (48 saat sonunda ml/cm ²)	EN 1015-21	-	-	-	48 saat sonunda ≤ 1ml/cm ²	-	-
L8	Su buharı geçirgenliği katsayısı (μ) (dış elemanlarda kullanılması tasarlanan harçlar için)	EN 1015-19 ^{a,b}	≤ beyan değeri	≤ beyan değeri	≤ beyan değeri	≤ beyan değeri	≤ 15	≤ 15

1.5. Literatür Özeti

Çolakoğlu (2004) yaptığı çalışmada pomza, kalker ve perlit agregası olarak kullanılarak ısı yalıtımlı dış cephe sıvalarında mekanik ve termal özellikleri incelemiştir. Perlit kullanılarak yapılan sıvada yapışma dayanımı $0,38 \text{ N/mm}^2$, eğilme ve basınç dayanımı sırasıyla $2,26 \text{ N/mm}^2$ ve $4,64 \text{ N/mm}^2$ bulunurken ısı geçirgenlik katsayısı $0,244 \text{ W/mK}$ bulunmuştur. Yapılan bu çalışma ile ısı yalıtım sıvalarına perlit ilave edilerek binalara sonradan uygulanacak ısı izolasyonlu sıvaların maliyeti önemli ölçüde azaltacağı belirtilmiştir (Çolakoğlu, 2004).

Fenoglio vd., (2018) yaptığı çalışmada hafif agregalar kullanılarak yalıtım sıvası üretmiş ve %25, %30, %35 ve %40 oranlarında perlit içeriği kullanılarak üretilen bu yalıtım sıvasında ısı iletkenlik değerlerini ölçmüştür. Perlit içeriğindeki artış, yoğunluk ve ısı iletkenlik değerinde doğrusal bir azalmaya yol açtığını belirtmiştir. Perlit içeriği %25 olan sıvada $0,119 \text{ W/mK}$, %30 olan sıvada $0,080 \text{ W/mK}$, %35 olan sıvada $0,071 \text{ W/mK}$ ve %40 olan sıvada $0,059 \text{ W/mK}$ ısı iletkenlik değerlerine rastlamıştır. Düşük ısı iletkenlik değeri yalıtım için uygun görülse de perlit içeriğinin yüksek olması mekanik özelliklerde bozulmaya sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada hafif agregası kullanımının gözenekliliği arttırdığı ve ısı iletkenlik değerini azalttığı görülmektedir. (Fenoglio vd., 2018)

Pachta vd., (2019) yaptığı çalışmada iki farklı perlitte birlikte hava kireci, puzolan, doğal hidrolik kireç ve beyaz çimento gibi yan ürünler kullanılarak harçlar üretmiş ve bazı testlere tabi tutulmuştur. Üretilen harçlar $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ prizmatik harç kalıplarına dökülerek %90 bağıl nem ve 20°C 'lik sıcaklıklarda 28 gün ve 90 gün olarak bekletilmiştir. Sertleşen örneklerin büzülme deformasyonu, özgül ağırlık, dinamik esneklik modülü, eğilme-basınç dayanımı, penetrasyon ve poroziteleri ölçülmüştür. Eklenen yan ürünlerle birlikte 90 günlük kür sonucunda basınç dayanımı $5,97 \text{ MPa}$ değerine kadar çıkabilen ürünün penetrasyonun da 3,5 değerine yaklaştığı görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile perlitin kireçle birlikte kullanılması ile hafif, düşük maliyetli ve çevre dostu harç üretilebileceği belirtilmiştir (Pachta vd., 2019).

Rashad (2016) yaptığı çalışmada perlitin geleneksel çimentolu malzemeler, geopolimerler ve diğer bağlayıcılar ile kullanarak ürettiği harçların taze ve sertleştirilmiş durumlardaki özelliklerini incelemiştir. Rashad (2016) çalışmasında perlitin agregası olarak harçta kullanılmasının su emmeyi ve gözenekliliği arttırdığı, mekanik mukavemeti

ise azalttığını, alkali ile aktive edilmiş harç ile birleştirilerek geopolimerde de perlitin kullanılabilirliğini belirtmektedir. (Rashad, 2016)

Carbonaro vd., (2015) yaptığı çalışmada bitkisel içerikli yalıtım sıvası geliştirerek günümüzde kullanılan ticari sıvalar ile yoğunluk, kalınlık ve 10°C, 25°C, 40°C’de termal iletkenliklerini karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmada taneli mısır koçanı, granüle edilmiş buğday samanı, granüle mantar gibi bitkiler ile hidrolik kireç, portland çimentosu, genişletilmiş perlit ve genişletilmiş vermikülit ile 4 çeşit bitkisel içerikli yalıtım sıvası üretilmiştir. Deneylelerden önce numuneler 60°C’de 48 saatten az olmamak kaydıyla etüvde kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bitkisel içerikli sıvaların 10°C’de termal iletkenlik değerleri sırasıyla; 0,100 W/mK, 0,106 W/mK, 0,098 W/mK ve 0,083 W/mK 40°C’de ki değerleri ise; 0,109 W/mK, 0,125 W/mK, 0,105 W/mK ve 0,088 W/mK olarak ölçüştür. Ticari sıvalardan biri olarak değerlendirmeye alınan EPS 10°C ve 40°C’de termal iletkenlikleri sırasıyla 0,085 W/mK 0,089 W/mK olarak belirlenmiştir. Geliştirilen bitkisel içerikli sıvalardan birinin EPS malzemesinin termal iletkenlik değerine ne kadar yakın olduğu görülmektedir buda geliştirilen bitkisel esaslı sıvanın perlit agrega miktarının artmasından kaynaklanmıştır (Carbonaro vd., 2015).

Hroudova vd., (2017) yaptığı çalışmada tuğla duvarlara yaptığı iki farklı yalıtım sıvası ile referans bir sıvayı yoğunluk, mukavemet, ısı iletkenlik, kılcal su emme katsayısı ve nem içeriği bakımından kıyaslamıştır. Referans sıva olarak Çek Cumhuriyeti’nde inşaat piyasasında mevcut olan ThermoPutz kullanılmıştır. 28 günlük sertleşmiş harca ve kuru karışım harçlarına deney yapılmıştır. 28 günlük harcın deney sonuçlarında geliştirilen yalıtım sıvasında 0,0705 W/mK ısı iletkenlik değeri ölçülmüştür. En iyi mekanik özellikler ise 478 kg/m³ yüksek kütle yoğunluğuna sahip olan referans sıvada tespit edilmiştir. Geliştirilen yalıtım sıvalarında yoğunluk 311 kg/m³ ve 354 kg/m³, nem değerleri ise %1,53 ile %2,33 arasında hesaplanmıştır (Hroudova vd., 2017).

Meng vd., (2018) yaptığı çalışmada farklı ısı yalıtım formlarının aralıklı ısıtma işlemi altında duvarın ısı performansına etkisini, altı farklı yalıtımlı duvar ile iç yüzey sıcaklığı ve ısı akış ölçümleri ile deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada Çin’de inşa edilen 6 farklı duvar; köpüklü beton duvar, iç yalıtımlı tuğla duvar, sandviç yalıtımlı tuğla duvar, kendinden yalıtımlı blok duvar, dış yalıtım tuğla duvar ve dış yalıtım beton duvarlar kullanılmıştır. Duvarda tek boyutlu ısı transferi oluşturmak için iki duvar arasında 100 mm kalınlığında EPS yerleştirilmiştir. İç havayı ısıtmak için klima kullanılmış ve iç

hava sıcaklık farkının $0,5^{\circ}\text{C}$ 'den aşağı inmemesi içinde fanlı hava kanalları yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda iç yalıtım duvarlarının ve köpüklü beton duvarlarının aralıklı ısıtma için en uygun olduğu, yalıtım tabakası bulunan 4 duvardan iç yalıtım duvarı, en yüksek tepki oranına sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Meng vd., 2018).

Batar vd., (2009) yaptığı çalışmada standartlara uygun olarak üretilen sıvalara katkı malzemesi olarak %0-5 aralığında perlit, %0,5-2,5 aralığında atık kâğıt, %1-5 aralığında kalsine tinkal ve %3,5-17,7 aralığında atık kalsine tinkal ilave etmiştir. Deneysel değerlendirme sonucunda sıva için en uygun oranların %3 perlit, %1,5 atık kâğıt, %3 kalsine tinkal ve %7,1 atık kalsine tinkal olduğu belirtilmiştir. Üretilen sıvaların eğilme mukavemeti ve ısı geçirgenlik değerleri TS 825 ve TS 12808-3 standartlarına uygun olarak yapılmış ve piyasada mevcut olan sıvalar ile karşılaştırılmıştır. En iyi sonuç veren oranlarla hazırlanan sıvalar arasından mekanik sonucu en iyi olan sıvanın mukavemeti $61,44 \text{ kg/cm}^2$ bulunurken, ısı değeri en iyi olan sıvanın ısı iletkenlik değeri ise $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak bulunmuştur. Bu malzemenin TS 825'de ki değerleri sırasıyla 24 kg/cm^2 ve $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ' dir. Katkı ilaveli sıvaların piyasadaki sıvalar ile karşılaştırıldığında mukavemetin %31 ısı geçirgenlik direncin ise %26 arttığı görülmüştür (Batar vd., 2009).

Kaya vd., (2016) yaptığı çalışmada farklı tipteki sıvaları yüksek sıcaklık ve donma-çözülme etkisine maruz bırakarak mekanik özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada piyasada yaygın olarak kullanılan; alçı, ısı yalıtım ve çimento esaslı sıva kullanılmıştır. Sıva karışımları kür işleminden sonra $300-600$ ve 900°C sıcaklık ve 25-50 çevrim donma-çözülme uygulanmıştır. 50 çevrim donma-çözülme tabi tutulan numuneler daha sonra 900°C sıcaklığa bırakılmıştır. İncelemeler sonucunda; yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerde dayanım kaybı en az $300-600^{\circ}\text{C}$ çimento esaslı sıva karışımında, 900°C 'de ise en az kayıp ısı yalıtım sıvalarında meydana gelmiştir. Donma-çözülme maruz bırakılan numunelerde ise dayanım kaybı en az ısı yalıtım sıvalarında görülmüştür. (Kaya vd., 2016).

Alnka, (2019) yaptığı çalışmada yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve atık cam tozu kullanarak geopolimer harçlar üretmiştir. Harç numunelerine buhar ve su kürü uygulayarak harçlarının fiziksel ve mekaniksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada yayılma çapı 25 cm de tutularak akışkanlaştırıcı yüzdeleri değiştirilmiştir. İnceleme sonucunda yüksek fırın cürufu ve uçucu külün birlikte kullanıldığı numunelerde her iki kür yöntemi de uygun görülmüştür. Özellikle su küründe uçucu külün atık cam tozuna göre daha yüksek basınç dayanım değerleri elde edilmiştir (Alnka, 2019).

Keskin, (2016) yaptığı çalışmada harç içinde agrega olarak perlit ve taban külünün kullanılabilirliğini araştırmıştır. Taguchi metodu kullanılarak harcın fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Harcın fiziksel özelliklerinden olan kıvam, S/Ç miktarı arttıkça artış göstermiştir. Fakat Perlit/Taban Külü oranı kıvam değerini azaltmıştır. Perlitin su emme oranı yüksek olan bir malzeme olması kıvamı oldukça etkilemiştir. İncelenen mekanik özelliklerde ise kılcal su emme yüzdesi P/TK oranının artması ile azalırken basınç dayanımı da azalma göstermektedir (Keskin, 2016).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada TS EN 998-1 standardına uygun çimento ve geopolimerizasyon yöntemiyle değişik tür ve bileşimlerde sıvalar üretilmiştir. Çalışma kapsamında su/çimento oranları 0,8-0,9 ve 1 olan geleneksel sıva harcı ve perlitli sıva harcı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu geopolimer yöntemiyle üretilen harçlar, bu harçların içine polipropilen lif katılarak hazırlanan lifli sıva harçları ile piyasada Mantosür ismiyle hazır paketli olarak satılan üretim sırasında sadece su katılarak hazırlanan ısı yalıtım sıvası olmak üzere toplam 10 çeşit sıva üretilmiştir. Üretilen bu sıva harçlarının yayılma, eğilme-basınç dayanımı, yapışma dayanımı, kılcal su emme değerleri ve donma çözünme ortamındaki kütle kayıpları ölçülmüştür.

Sıvalar üretilirken Şekil 13'te görülen karıştırma cihazında ilk seferde karışım malzemeleri konularak 90 saniye çalıştırılmış, ikinci seferde kabın kenarındaki malzemeler ortaya sıyrılarak tekrar 90 saniye çalıştırılarak harç karışımlar hazırlanmıştır.



Şekil 13. Sıva harçlarının hazırlandığı karıştırma cihazı

Karıştırıcıda hazırlanan harçların eğilme ve basınç dayanımını bulmak için Şekil 14'te görülen sarsma tablası kullanılarak 4x4x16 cm'lik prizmatik harç numuneler üretilmiştir. Kalıba harç yerleştirilirken ilk aşamada kalıbın yarısına kadar harç dökülerek 60 vuruş yapılmış ve bu işlemin ardından kalıbın diğer yarısı harçla doldurularak tekrar 60 vuruş yapılarak harcın kalıba yerleştirilme işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 14. Sarsma tablası ile prizmatik numune kalıbı

İçi harç ile dolu kalıplar üzerine cam plakalar konularak 24 saat boyunca 20°C sıcaklıkta %95 nem ortamındaki iklimlendirme kabiniinde tutulmuşlardır. İklimlendirme kabininden çıkarılan numuneler kalıptan çıkarılarak Şekil 15'te görülen 20°C'lik kirece doygun kür havuzunda 28 gün bekletilmiştir.



Şekil 15. Harç numunelerin bekletildiği kür havuzu

2.1. Çalışmada Kullanılan Agregaların Özellikleri

Yapılan çalışmada ısıl özelliklerinin iyi olmasından dolayı perlit ve geleneksel sıvalarda kullanılan kum kullanılmıştır. Tablo 3'te kum ve perlitin elekten geçen yüzdeleri görülmektedir.

Tablo 3. Perlit ve kumun elekten geçen yüzdeleri (%)

Elek Gözü Açıklığı (mm)	Yüzde Geçen (%)	
	Perlit	Kum
8	100	100
4	98,7	92,4
2	78,2	68,8
1	46,5	37,1
0,5	26,3	13,4
0,25	15,2	4,3
KAP	0	0

Sıvada kullanılan perlit ve kumun su emme, özgül ağırlık ve harç üretim sırasında oda sıcaklığında muhafaza edilen perlit ve kumun nem değerleri Tablo 4’te görülmektedir. Tablo 5’de ise perlitin kimyasal analizi yer almaktadır.

Tablo 4. Perlit ve kumun su emme, özgül ağırlık ve nem içeriği değerleri

	Perlit	Kum
Özgül Ağırlık	2,13	2,41
Su Emme (%)	5,90	5,28
Nem İçeriği (%)	2,4	1,59

Tablo 5. Perlitin kimyasal analizi

Kimyasal Bileşim (%)	Perlit
SiO ₂	72,05
Al ₂ O ₃	13,09
Fe ₂ O ₃	1,53
MgO	0,39
CaO	1,34
Na ₂ O ₃	3,91
K ₂ O	4,18
Ba	0,02
Cr ₂ O ₃	0,01
MnO	0,07
SO ₃	0,015
P ₂ O ₅	0,01
Sr	0,003
TiO ₂	0,05
LOI	3,0

2.2. Sıvada Kullanılan Malzeme Miktarları

Tablo 6’da üretilen sıvalarda 1 m³ harç için kullanılan malzeme miktarları görülmektedir. Sıvada çimento olarak CEM I 42,5 R sınıfı çimento, lif olarak ise polipropilen lif kullanılmıştır. Sıva harcına lif miktarı hacimce %0,1 oranında eklenmiştir. Hava miktarı %3 olarak alınmıştır.

Tablo 6. 1 m³ sıva harcında kullanılan malzeme miktarları (kg)

	Çimento	Su	Kum	Lif
S/Ç: 0,8	300	240	1518,3	-
S/Ç: 0,9	300	270	1446	-
S/Ç: 1	300	300	1373,7	-
S/Ç: 1	300	300	1373,7	14

Tablo 7’de perlit kullanılarak üretilen sıvaların harçlarında kullanılan malzeme miktarları görülmektedir.

Tablo 7. 1 m³ perlitli sıva harcında kullanılan malzeme miktarları (kg)

	Çimento	Su	Perlit	Lif
S/Ç: 0,8	300	240	1341	-
S/Ç: 0,9	300	270	1278	-
S/Ç: 1	300	300	1214,1	-
S/Ç: 1	300	300	1214,1	14

Tablo 8’de geopolimer sıva harcında kullanılan malzeme miktarları görülmektedir. Karışım NaOH ile aktive edilmiştir. Karışımdaki NaOH miktarı 5 mol/litre olarak tasarlanmıştır.

Tablo 8. 1 m³ geopolimer sıva harcında kullanılan malzeme miktarı (kg)

Uçucu Kül	Yüksek Fırın Cürufu	Su	Perlit	NaOH	Lif
75	225	240	1256,7	246	-
75	225	240	1256,7	246	14

Piyasada hazır olarak satılan Mantosür isimli ısı yalıtım sıvası kullanım kılavuzunda belirtildiği gibi su/malzeme oranı 1/1 olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.3. Çalışmada Uygulanan Deneyler

2.3.1. Yayılma Deneyi

Sıva harçlarının yayılma değerleri ölçülürken harç malzemelerinin karıştırma işlemi yapıldıktan sonra taze harç standart kesik huniye doldurulup kalıp yukarı doğru çekilmiştir. Şekil 16'da görülen manuel yayılma tablasında 15 vuruş yapıldıktan sonra harcın tabla üzerindeki yayılma çapı ölçülerek harçların yayılma değerleri belirlenmiştir.



Şekil 16. Sıva harçlarına uygulanan yayılma deneyi

2.3.2. Eğilme- Basınç Deneyi

Sıvalarda kullanılan harçlardan hazırlanan 4×4×16 cm boyutundaki numunelere Şekil 17'deki cihazla eğilme ve basınç deneyi uygulanarak numunelerin eğilme ve basınç dayanımları ölçülmüştür.



Şekil 17. Eğilme-Basınç deney düzeneği

2.3.3. Kılcal Su Emme Deneyi

Hazırlanan 4×4×16 cm boyutlarındaki numuneler 1 gün boyunca 70°C’de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan numuneler tartılıp kütleleri kaydedildikten sonra suya temas eden alt yüzeyin yan kenarları üç milimetre boşluk bırakıldıktan sonra suyun temas edeceği kenarların dört tarafı geçirimsiz malzeme olan parafin ile kaplanmıştır. Numunelerin parafin ile kaplanmasının ardından alt yüzeylerin direkt su ile temas ettirilecek şekilde Şekil 18’de görülen düzeneğe yerleştirilmiştir. Kılcal yolla su emen numuneler 5 dk, 10 dk, 15 dk, 20 dk, 30 dk, 45 dk, 1 saat, 2 saat ve 1 günlük zaman aralıklarında tartılarak kütleleri kaydedilmiştir. Birim alandan emilen su miktarı ile \sqrt{t} değerleri arasında lineer regresyonla oluşturulan doğrunun eğiminden harçların kılcal su emme katsayıları $\text{kg/m}^2\text{s}^{0.5}$ değerinde ölçülmüştür. Kılcal su emme katsayısı hesaplamasında Bağıntı (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\frac{Q}{A} = k_c \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

Bağıntı 1’de k_c , kılcal su emme katsayısını (m^2/sn) A, Kılcal su emme yüzey alanı (m^2) t, Ölçüm aralığı süresini (sn) Q, t zaman aralığında emilen su miktarını (kg) göstermektedir.



Şekil 18. Kılcal su emme deneyi için hazırlanan düzenek

2.3.4. Sıvaların Yapışma Dayanımının Ölçülmesi

Bu deney Şekil 19’da görülen Proceq dy-216 cihazı ile yapılmıştır. Sıvaların yapışma dayanımını ölçmek için Şekil 20’de görüldüğü gibi uygun kesici ağıza sahip

matkapla yüzeyde iz bırakılmakta ve bu izle Şekil 21’de görülen cihazın başlık kısmı sıvaya yapıştırıcı ile yapıştırılıp cihazla çekme deneyi uygulanmaktadır. Cihazla ölçülen çekme kuvveti uygulanan alana bölünerek sıvanın yapışma dayanımı ölçülmektedir.



Şekil 19. Kopma cihazı



Şekil 20. Deney hazırlığı



Şekil 21. Sıvanın kopması

2.3.5. Donma-Çözülme Deneyi

Şekil 22’de görülen numuneler, üretilen harçlar ile 10×20 cm boyutlarındaki briketler sıvanarak hazırlanmıştır. Üstü sıvalı briketlerin yan yüzeyleri parafınle kaplanmıştır. Donma çözülme deneyi kenarı parafınli üstü sıvalı briketlere Şekil 23’te görülen cihazla bir gün içerisinde -20° C’tan +20 °C arasında değişen sıcaklıklarda 28 gün çevrim uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda sıvalarda meydana gelen kütle kayıpları ölçülmüştür.



Şekil 22. Donma-Çözülme deneyi için hazırlanan numuneler



Şekil 23. Donma-Çözülme kabini

3. BULGULAR

Tablo 9’da 8 adet sıva harcına ait yayılma değerleri görünmektedir. Sıvaların isimlendirilmesinde Perlit 0,8 su/çimento oranı 0,8 olan perlitli numuneleri ifade etmektedir. Bulgular her sıva harcından yapılan 3 ölçümün ortalamasıdır.

Tablo 9. Yayılma deneyi sonuçları

Numune İsmi	Yayılma (cm)
Perlit 0,8	17,35
Perlit 0,9	23,4
Perlit 1	25,87
Geopolimer	21,6
Kum 0,8	23,87
Kum 0,9	25,97
Kum 1	>26
Lifli Kum	21,47

Tablo 10’da 4×4×16 cm’lik numunelerin 28 günlük eğilme-basınç dayanımları görülmektedir. Her bir karışım için 3 numune eğilme-basınç deneyine tabi tutulmuştur. Tablo 10’daki değerler 3 numunede ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

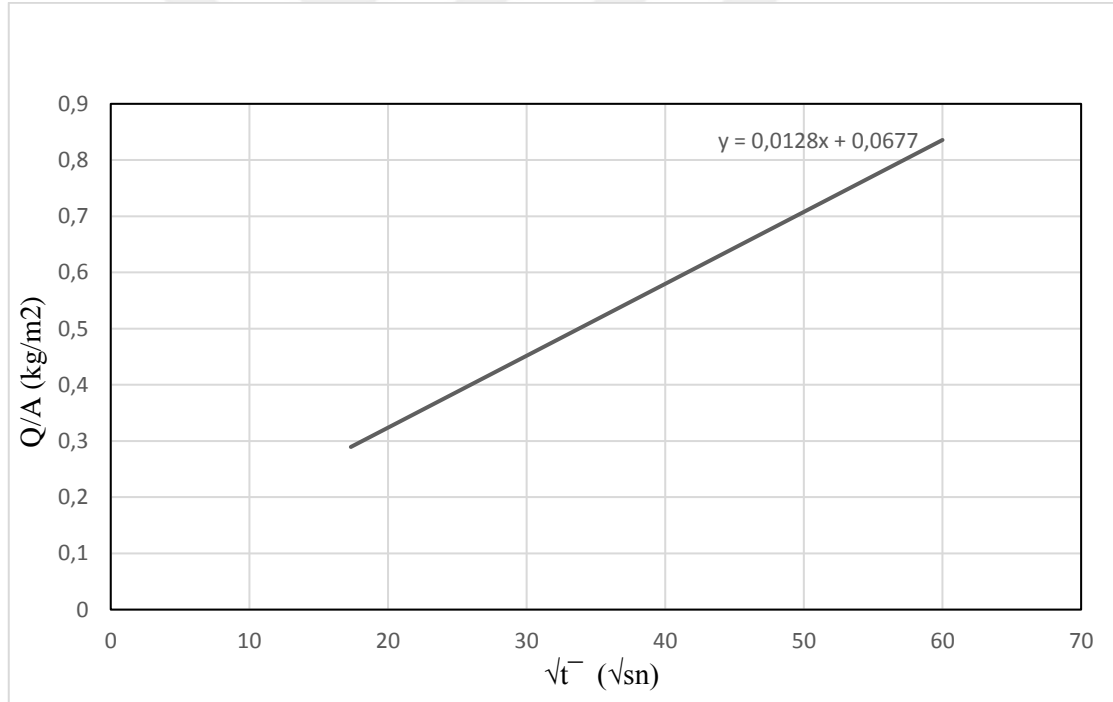
Tablo 10. Eğilme-Basınç deneyi sonuçları

Numune İsmi	Eğilme (N/mm ²)	Basınç (N/mm ²)
Perlit 0,8	5,81	23,98
Perlit 0,9	4,79	21,26
Perlit 1	4,47	17,52
Geopolimer	1,51	21,32
Kum 0,8	3,94	15,85
Kum 0,9	4,27	14,37
Kum 1	3,97	13,21
Lifli Kum	4,98	9,16
Lifli Perlit	5,47	18,62
Lifli Geopolimer	3,57	13,89

Tablo 11’de kılcal su emme deneyinde ölçülen ilk ağırlık ve belirli sürelerde suda bekletildikten sonraki numunelerin ağırlıkları görülmektedir. Her sıva harcından 3 numune bu deneye tabi tutulmuştur. Tablo 11’deki değerler 3 numunenin ortalamasıdır.

Tablo 11. Kılcal su emme ağırlık değerleri

Numune İsmi	İlk Tartım	5dk	10dk	15dk	20dk	30dk	45dk	1saat	2saat	1 gün
Perlit 0,8	499,9	500,3	500,6	500,6	500,7	500,9	501,1	501,2	501,2	502,3
Perlit 0,9	503,9	504,4	504,5	504,7	504,8	504,9	504,9	505,1	505,3	505,5
Perlit 1	471,7	472,1	472,2	472,3	472,5	472,8	472,9	473,2	473,5	474,4
Geopolimer	422,3	424,6	425,8	426,9	427,8	430,6	432,1	433,3	437,4	454,6
Kum 0,8	532,2	533	533,7	533,9	534,1	534,6	534,9	535,4	536	542,1
Kum 0,9	533,4	534,3	535,5	535,7	536,1	536,7	537,1	537,7	538,4	545,2
Kum 1	511,8	512,8	513,5	514	514,4	515,1	515,6	516,1	516,7	524,5
Lifli Kum	534,3	536,5	537,9	539,1	539,9	540,6	541,4	541,9	542,8	553,3
Lifli Perlit	425,5	453,5	454,4	455,1	455,8	456,1	456,5	456,7	457,2	461,6
Lifli Geopolimer	448,3	454,7	460,1	462	463,8	465,7	467,1	469	471,8	501,8

**Şekil 24.** Perlit 0,8 kılcal su emme grafiği

Şekil 24'te harç numunelerin birim alandan emdikleri kılcal su miktarı ile kılcal su emme sürelerinden oluşturulan lineer regresyon denklemi görülmektedir. Şekil 24'te ki doğru denkleminin x'e göre türevi alınarak Perlit 0,8 harcının kılcal su emme katsayısı hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan diğer sıva harçlarına ait kılcal su emme katsayıları

belirtilen yöntemle göre ölçülmüştür. Tablo 12’de harçların kılcal su emme değerleri görülmektedir.

Tablo 12. Kılcal su emme katsayısı

Numune İsmi	Kılcal Su Emme Katsayısı (kg/m ² s ^{0.5})
Perlit 0,8	0,0128
Perlit 0,9	0,0133
Perlit 1	0,0140
Geopolimer	0,0652
Kum 0,8	0,0195
Kum 0,9	0,0227
Kum 1	0,0250
Lifli Kum	0,0344
Lifli Perlit	0,0158
Lifli Geopolimer	0,0964

Tablo 13’de yapışma dayanımı deneyinde ölçülen değerler görülmektedir. Her sıva için 2 ölçüm yapılmıştır. Tablo 13’de görülen değerler 2 ölçümün ortalama değerleridir.

Tablo 13. Yapışma dayanımı

Numune İsmi	Kopma Dayanımı (MPa)
Perlit 0,8	0,49
Perlit 0,9	0,5
Perlit 1	0,68
Geopolimer	0,25
Kum 0,8	0,24
Kum 0,9	0,38
Kum 1	0,62
Lifli Kum	0,28
Lifli Perlit	0,3
Lifli Geopolimer	0,27
Hazır Yalıtım Sıvası	Ölçülemedi

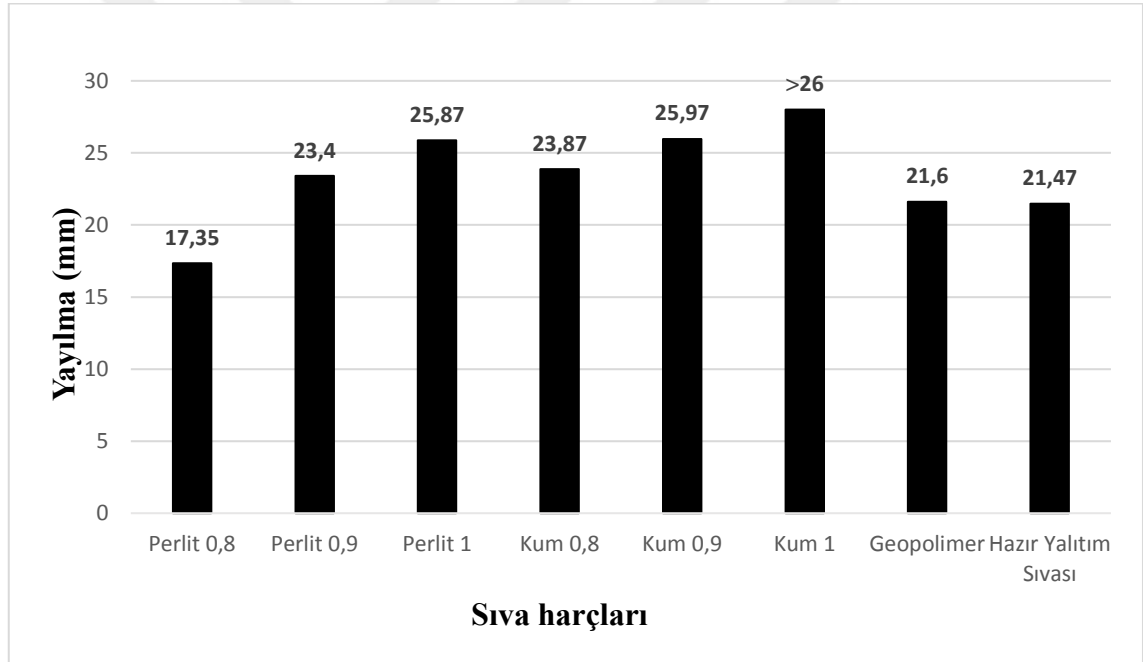
Tablo 14’te donma-çözülme deneyi uygulanan sıvalarda meydana gelen birim alandaki malzeme kayıp oranı görülmektedir.

Tablo 14. Donma-Çözülme deneyi

Numune İsmi	Birim alanda ki malzeme kaybı (gr/cm²)
Perlit 0,8	0,002
Perlit 0,9	0,006
Perlit 1	0,002
Geopolimer	0,023
Kum 0,8	0,009
Kum 0,9	0,007
Kum 1	0,005
Lifli Kum	0,004
Lifli Perlit	0,006
Lifli Geopolimer	0,039

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

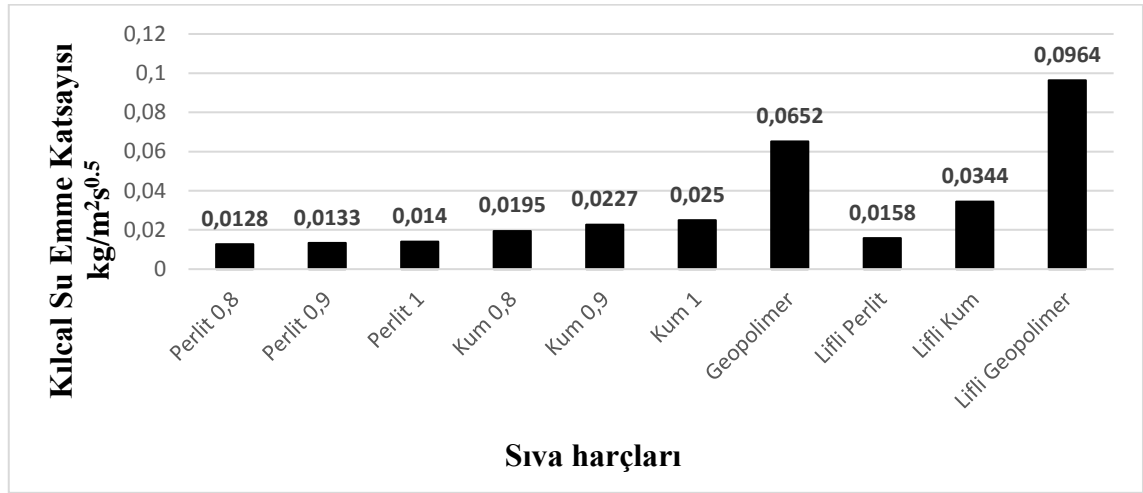
Bu çalışmada perlit, kum ve lif kullanılarak hazırlanan normal sıva harçlarının ve geopolimer yöntemiyle hazırlanan sıva harçlarının mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Perlit ülkemizde rezervi yüksek olan ve genellikle inşaat sektöründe ısı özelliklerinin iyi olmasından dolayı malzemeye termal özellik katmak için kullanılan bir malzemedir. Lif birçok çeşidi bulunan ve çimento bağlayıcılı yapı malzemelerinde kullanılan diğer bir malzemedir. Sıva için en uygun görünen polipropilen lifler mekanik ve termal özelliklerde de iyileşme sağlamaktadır. Bu çalışmada farklı malzeme ve yöntemle hazırlanan, değişik su/çimento oranına sahip sıva harçlarının ve lifli sıva harçlarının nasıl değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 25. Sıvalarda ölçülen yayılma

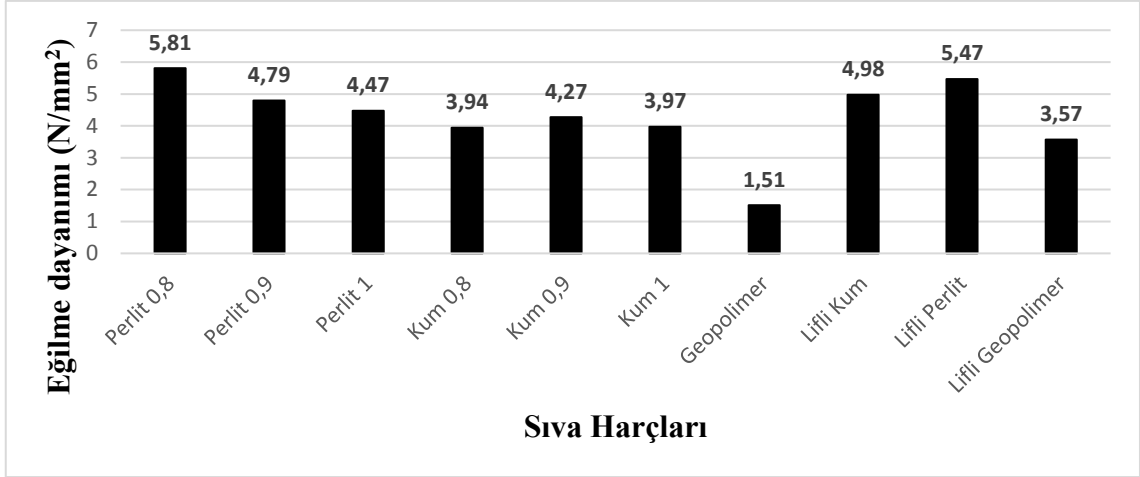
Şekil 25'te sıvalarda ölçülen yayılma miktarları görülmektedir. Şekil 25'teki sıva karışımlarında en fazla yayılma miktarına Kum 1 sıva karışımında rastlanmıştır. Şekil 25'te sıva karışımında kullanılan Su/Çimento oranı arttıkça yayılma da artmaktadır. Su/Çimento oranı yüksek olan sıva karışımlarının işlenebilirliğini de artırmaktadır. Şekil 25'te en az yayılma miktarına sahip karışım Perlit S/Ç 0,8'de görülmektedir. Alnka (2019) atık cam tozu, yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kullanarak ürettiği geopolimer harcın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde yaptığı araştırmada, uçucu kül ve

yüksek fırın cürufu ile oluşturduğu geopolimer harç da akışkanlaştırıcı kullanarak harcın kıvamını 25 cm olarak bulmuştur. Keskin (2016) perlit ve taban külü kullanarak Taguchi yöntemiyle fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yaptığı bir çalışmada, farklı S/Ç oranları ile oluşturduğu harçların yayılma değerlerini 10-26 cm aralığında ölçülmüştür. Bu çalışmada bulunan harç yayılma değerlerinin Alnka (2019) ve Keskin (2016)'nın çalışmalarında buldukları yayılma değerleriyle kıyaslandığında bu çalışmadaki yayılma değerlerinin literatüre uygun değerler oldukları anlaşılmaktadır.



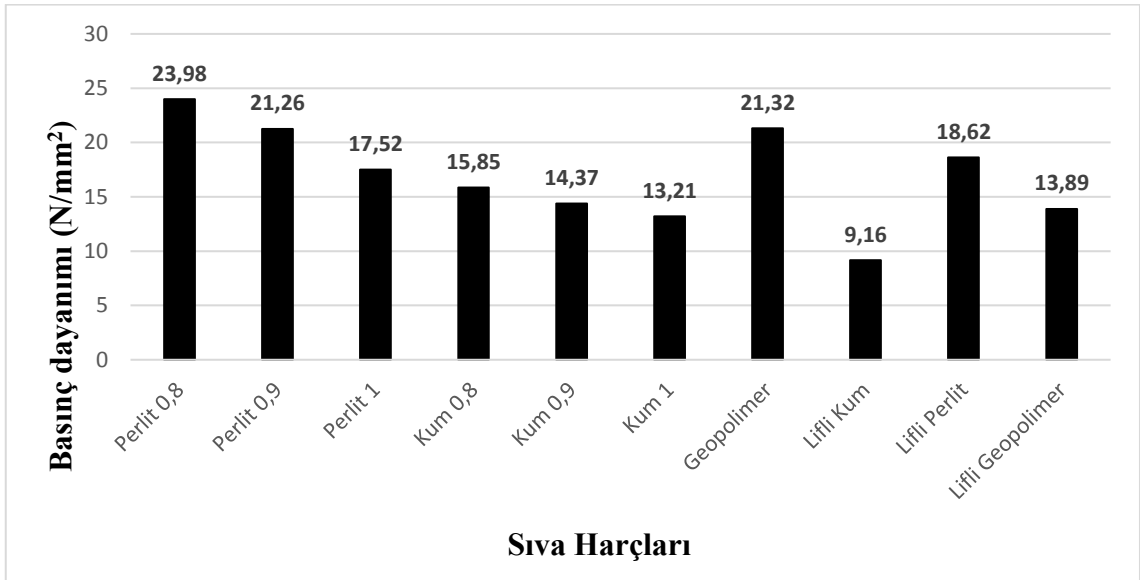
Şekil 26. Sıva harçlarında ölçülen kılcal su emme katsayıları

Şekil 26'da sıva harçlarında ölçülen kılcal su emme katsayıları görülmektedir. Şekil 26'da kılcal su emme katsayıları 0,0128 ile 0,0964 kg/m²·sn^{0.5} arasında değerlere sahiptir. Şekil 26'da lifli geopolimerde ölçülen kılcal su emme katsayısı diğer sıva harçlarından belirgin olarak fazladır. Harçların Su/Çimento oranının artması kılcal su emme katsayısında artışa neden olmaktadır. Şekil 26'da sıva harçlarına lif ilave edilmesi ile sıvanın kılcal su emme değerini arttırdığı görülmektedir. En düşük kılcal su emme katsayıları perlitli harçlarda tespit edilmiştir. Bu çalışmada en düşük yayılmaya yani kıvama sahip harçlarda perlitli harçlardı. Harcın kıvamı azaldıkça kılcal su emme katsayısı da azalmıştır. Yıldırım ve Baba, (2018) farklı hacimsel oranlarda geliştirilmiş perlit ve bims agregası eklenerek harç ürettiği bir çalışmada, en yüksek kılcal su emme yüzdesi geliştirilmiş perlit agregası kullanılarak üretilmiş harçta ölçülmüştür. Geliştirilmiş perlit miktarının azalması ile kılcal su emme yüzdesi azalma göstermiştir.



Şekil 27. Sıva harçlarındaki eğilme dayanımları

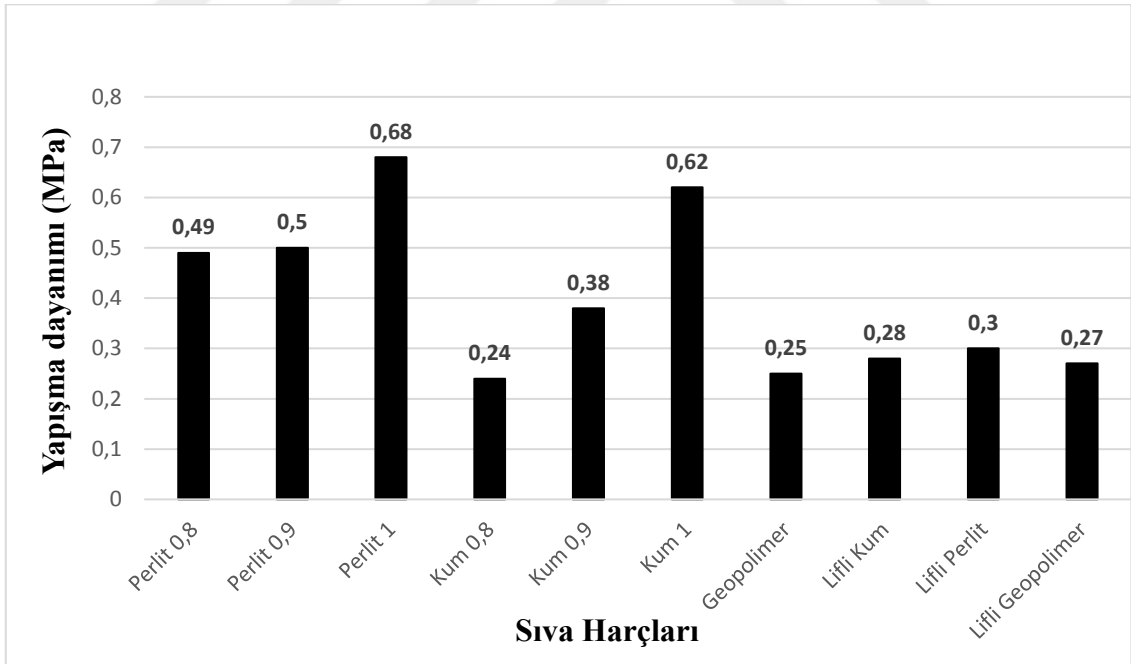
Şekil 27’de sıva harçlarında ölçülen eğilme dayanımları görülmektedir. Şekil 27’de lif içermeyen sıva harçlarında en yüksek eğilme dayanımları perlitli sıva harçlarında olduğu bunu kumlu harçların takip ettiği en düşük eğilme dayanımının geopolimer yöntemiyle üretilen harçlarda olduğu görülmektedir. Şekil 27’de harcın su/çimento oranı arttıkça eğilme dayanımının da azalma olmaktadır. Şekil 27’deki lifli perlit ve lifli kum harcının su/çimento oranı 1’dir. Şekil 27’de lifli perlit ve lifli kumun su/çimento oranı 1 olan perlit ve kumlu harçla eğilme dayanımı kıyaslandığında harca lif takviyesinin harcın eğilme dayanımını artırmaktadır.



Şekil 28. Sıva harçlarının basınç dayanımı

Şekil 28’de hazırlanan sıva harçlarının basınç dayanımları görülmektedir. Harçların Su/Çimento oranı arttıkça basınç dayanımlarında azalma meydana gelmektedir. Şekil

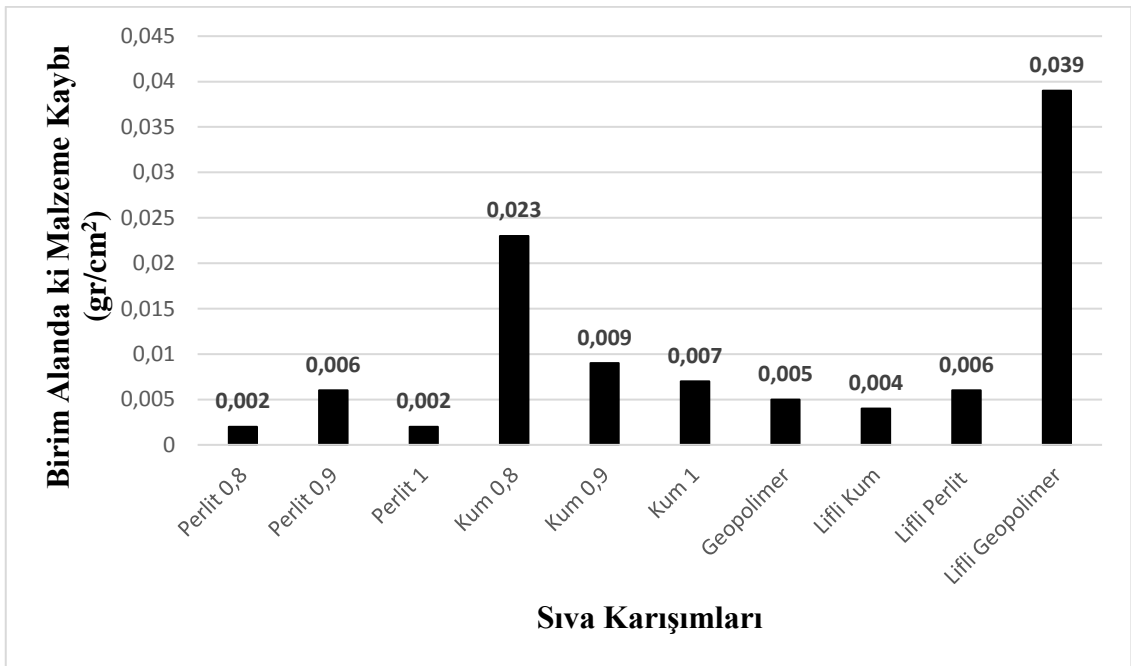
28’de perlitli harçlarda kumlu harçlardan daha yüksek basınç dayanımına rastlanmıştır. Lif ilavesi ile perlit, kum ve geopolimer sonuçlarında eğilme dayanımlarında dikkate değer artış meydana getirmesine rağmen lif takviyesi harçların basınç dayanımında belirgin bir değişime yol açmamıştır. Bu çalışmada yoğunluğu kuma göre düşük ham perlitli harcın basınç dayanımının kumlu harçtan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bu çalışmada kullanılan perlitli harcın kıvamının kumlu harca göre daha düşük olmasından ve Tablo 5’te kimyasal analizi görülen perlitin harçlarda puzolanik özellik gösterebileceğinden kaynaklandığı tarafımızdan düşünülmektedir. Bu çalışmada harca ilave edilen lifin harcın eğilme dayanımını artırdığı görülmektedir. Fenoglio vd. (2018) hafif agregalar, bağlayıcılar ve katkı maddeleri ile sıva dizayn ederek mekanik ve termal özellikler üzerine yaptığı bir araştırmada polipropilen lifler ve hafif agregalar birlikte kullanılarak eğilme ve basınç dayanımında artışın meydana geldiğini tespit etmiştir. Bu çalışmada Fenoglio vd., (2018)’nin çalışmasına benzer bulgulara rastlanmıştır. Lif takviyesi sıvaların eğilme dayanımını, su emme değeri yüksek hafif agrega basınç dayanımını artırmıştır.



Şekil 29. Sıva harçlarının yapışma dayanımı

Şekil 29’da hazırlanan sıva harçlarının beton yüzeyine yapışma dayanımları görülmektedir. Şekil 29’da harçların Su/Çimento oranı arttıkça yapışma dayanımı 0,68 MPa değerine kadar ulaşmaktadır. Su/çimento oranı artan yüksek yayılma değerine sahip

kıvamı yüksek harcın yapışma dayanımı artmaktadır. Şekil 29’da lif ilavesinin harçların yapışma dayanımlarını düşürdüğü görülmektedir. Yapılan bu çalışma ile artan su içeriği nedeniyle sıvanın beton yüzeye daha iyi yapıştığı görülmektedir. Çolakoğlu (2004) çeşitli agregalar ile ısı yalıtım sıvası yaparak mekanik ve termal özellikler üzerine araştırma yaptığı çalışmada yapışma dayanımı değerleri en az 0,15 N/mm² en çok 0,70 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise en az 0,24 MPa en çok 0,68 MPa değerlerindedir. Değerlerin yakınlığı çalışmanın literatüre uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 30. Donma-Çözülme deney sonuçları

Şekil 30’da hazırlanan sıva harçlarının donma-çözülme deneyi sonucunda birim alandaki malzeme kayıp oranı görülmektedir. Bu çalışmada Perlit S/Ç:0,8 sıva harcında en yüksek eğilme-basınç dayanımı ve donma-çözülme direnci tespit edilmiştir. Literatürde de eğilme-basınç dayanımı ile donma-çözülme direnci arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu çalışmada geopolimerizasyon yöntemiyle hazırlanan sıva harcında standardında altında eğilme-basınç dayanımı elde edilirken donma-çözülme direnci en düşük çıkmıştır. Bu durum geopolimerizasyon ile hazırlanan sıva harçlarının donma çözülmeye maruz kalmayan fakat yüksek mukavemet gerektiren durumlarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen sonuçlar tespit edilmiştir.

- 1.** Bu çalışmada su/çimento oranı düşük harçların basınç dayanımının daha fazla olduğu görülmüştür. Sıva harçlarına lif ilave edilmesi eğilme dayanımlarını artırmış basınç dayanımlarını etkilememiştir.
- 2.** Harcın Su/Çimento oranının artması harcın kıvamını artırmıştır. Kıvamın artması harcın yapışma dayanımını artırmıştır. Sıva harcına propilen lif ilavesi harcın yapışma dayanımını azaltmıştır.
- 3.** Geopolimerizasyon yöntemiyle üretilen harçların kılcal su emme değerleri perlitli ve kumlu harçlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- 4.** Harçların S/Ç oranı arttıkça birim alandan kopan malzeme miktarının azaldığı tespit edilmiştir.
- 5.** Lifli geopolimerizasyon yöntemiyle üretilen numunelerde donma çözünme, birim alandaki en fazla malzeme kaybını meydana getirmiştir.
- 6.** Perlitli numunelerin donma çözünme ortamındaki birim alandaki malzeme kaybının en az olduğu görülmüştür. Perlitin boşluklu yapısı sıvaların donma çözünme ortamındaki performansını artırmıştır.
- 7.** Hazır yalıtım sıvasının sadece yayılma dayanımının ölçülebildiği, basınç ve yapışma dayanımları kullanılan cihazlarla ölçülemediği görülmüştür.

5. ÖNERİLER

Perlit agregası özellikle rezerv açısından ülkemizde zengin olarak bulunan bir malzemedir. Perlit agregasının sıva harcında kullanılması mekanik özellikler açısından iyileşme sağlamaktadır. Perlit agrega miktarı arttıkça mekanik özelliklerde azalma riski olarak görülmektedir. Fakat yapılan bu çalışmada Eğilme-Basınç dayanımı ve Kopma dayanımına katkı sağladığı açıkça görülmüştür. Sıva harçlarının mekanik özelliklerinde iyileşme için perlit agregası değişik tür lifler ilave edilerek çalışılabilir. Perlitin farklı oranlarında uçucu kül ve yüksek fırın cürufu kullanılarak geopolimerizasyon yöntemiyle sıvalar geliştirilebilir.

Bu çalışmada üretilen sıvaların ısı iletim katsayıları ölçülerek bu sıvaların yapının enerji tasarrufuna katkıları çalışabilir.

KAYNAKLAR

- Alnka, A. (2019). Farklı kür koşullarının geopolimer harçların özelliklerine etkisi. Doktora Tezi. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye, 118 s.
- Anonymous, (2019). U.S Geological Survey. Mineral Commodity Summaries, Virginia, ABD, 200 s.
- Aruntaş, Y. (2016). Sıvacı ders notu. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Ankara. Türkiye, 66 s.
- Badar, M. S., Kupwade-Patil, K., Bernal, S. A., Provis, J. L. and Allouche, E.N. (2014). Corrosion of steel bars induced by accelerated carbonation in low and high calcium fly ash geopolymers. *Construction and Building Materials*, 61, 79–89.
- Bakri, A., Abdullah, A. and Kamarudin, A. (2011). Properties and microstructural characteristics of geopolymers using fly ash with different percentages of kaolin at room temperature curing. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 824-828.
- Baradan, B., Yazıcı, H. ve Aydın, S. (2012). Beton. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:334, 824s., 108.
- Başbakanlık Basımevi, (1985). Sıva Genel Teknik Şartnamesi.15, 2-26.
- Batar, T., Köksal, N.S ve Yersel, Ş.E. (2009). Atık bor, atık kâğıt ve perlit katkılı sıva malzemesinin üretimi ve karakterizasyonu. *Ekoloji Dergisi*, 72, 45-53.
- Bayraktar, O.Y. (2012). Alternatif sıva harçlarının yüksek sıcaklık etkisine dayanıklılığı. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 109 s.
- Carbonaro, C., Tedesco, S., Thiebat, F., Fantucci, S., Serra, V. and Dutto, M. (2015). Development of vegetal based thermal plasters with low environmental impact: optimization process through an integrated approach. *Energy Procedia*, 78, 967-972. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.034>.
- Çolakoğlu, A. (2004). Binalarda ısı yalıtımlı dış sıva yapılabilişinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 130 s.
- Davidovits, J. (1994). Global warming impact on the cement and aggregates industries. *World Resource Review*, 6(2), 263-278.
- Davidovits, J. (2017). Geopolymers: ceramic-like inorganic polymers. *Journal of Ceramic Science and Technology*, 8(3), 335-350. <https://doi.org/10.4416/JCST2017-00038>.

- Davidovits, J. (2015). Geopolymer Chemistry and Applications. Institut Geopolymere, 4.baskı, ISBN: 9782951482098, 620s., 5-6.
- Dereli, M. (2004). Konutlarda dış sıva hasarlarının çözüm yolları ve alternatif sıva denemeleri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye, 142 s.
- Doran, B. ve Aktan, S. (2017). Hava kireci kullanılarak üretilen tarihi yığma duvarlardaki bünyesel modelleme. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(56), 314-329. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2017195635>.
- DPT, (2001). Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ankara, Türkiye, 68 s.
- Emiroğlu, M. (2016). Duvarlar ders notu. Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Düzce. Türkiye, 15 s.
- Ersoy, H.Y. (2011). Kompozit malzeme, Literatür Yayınları, 1.baskı, ISBN: 975-8431-47-1, 227s., 120-125.
- Fenoglio, E., Fantucci, S., Serra, V., Carbonaro, C. and Pollo, R. (2018). Hygrothermal and environmental performance of a perlite-based insulating plaster for the energy retrofit of buildings. *Energy and Buildings*, 179, 26-38.
- Gürer C. (2008). Yapı teknolojisi ders notları, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon, Türkiye, 32 s.
- Hroudova, J., Sedlmajer, M., Parilkova, J. and Zach, J. (2017). Laboratory testing of developed thermal insulation plaster on pillars built from masonry bricks. *Procedia Engineering*, 172, 377-384. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.043>.
- Kalaycı, F. (2016). Perlit esaslı ısı yalıtım malzemesi üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye, 158 s.
- Kaya, M., Uysal, M. ve Yılmaz, K. (2018). Jeopolimer harçlarda dayanım, kür sıcaklığı ve boşluk oranı ilişkisinin varyans analizi ile incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 248-256.
- Kaya, T., Çerçevik, A.E. and Karakurt, C. (2016). Farklı tip sıvaların yüksek sıcaklık ve donma-çözülme etkisinde mekanik davranışı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 697-703.
- Keskin, F. (2016). Perlit ve taban külü katkılı harç özelliklerinin taguchi deneysel tasarım yöntemi ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 81 s.
- Koçlar, G. ve Manioğlu, G. (2010). Bina cephelerinde enerji etkinliği ve ısı yalıtımı. 5. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu Bildirileri*, İzmir, 15-16 Nisan, 1-9.

- Kozak, M. ve Kozak, Ş. (2015). Su ve ısı yalıtımının yapılarda emniyet ve ekonomi açısından önemi. *Süleyman Demiral Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 5(1), 38-47.
- Li, Z., Ding, Z. and Zhang, Y. (2004). Development of sustainable cementitious materials. *Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, 55-76.
- MEB, (2012). İnşaat teknolojisi ince ve hazır sıva ders notu, Ankara, Türkiye, 60 s.
- MEB, (2013). İnşaat teknolojisi kaba sıva ders notu, Ankara, Türkiye, 101 s.
- Memiş, S. (2007). Öğütülmüş atık plastik katkılı sıvaların tarımsal yapılarda kullanımı üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 119 s.
- Meng, X., Huang, Y., Cao, Y., Gao, Y., Hou, C., Zhang, L. and Shen, Q. (2018). Optimization of the wall thermal insulation characteristics based on the intermittent heating operation. *Case Studies in Construction Materials*, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00188>.
- Mir, A., Nehme, S.G. and Assaad, J.J. (2020). Durability of self-consolidating concrete containing natural waste perlite powders. *Heliyon*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03165>.
- Oktay, B., Odabaş, E. ve Kurnaz, M. (2017). Fosfojips ve perlit katkılı sıvaların su emme miktarının 2⁴ deneysel tasarımı yöntemiyle belirlenmesi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 1(1), 18-20.
- Obonyo, E., Kamseu, E., Melo, U. and Leonelli, C. (2011). Advancing the use of secondary inputs in geopolymer binders for sustainable cementitious composites: a review. *Sustainability*, 3, 410-423. <https://doi.org/10.3390/su3020410>.
- Olgun, M. (2016). İnşaat malzeme bilgisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 10 s.
- Özdal, M. (2019) Ferrokrom Cürufu ve Yüksek Fırın Cürufu Kullanılarak Üretilen Geopolimer Betonların Donma Çözülme Dayanıklılığının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye, 68 s.
- Özer, M. (1982). Yapılarda Isı – Su Yalıtımları. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, 458s., 19-99.
- Pachta, V., Papadopoulos, F. and Stefanidou, M. (2019). Development and testing of grouts based on perlite by-products and lime. *Construction and Building Materials*, 207, 338-344.

- Ramezaniyanpour, A.A., Motahari Karein, S.M., Pilvar, A.R. and Moodi, F. (2016). Effect of perlite powder on durability properties of concrete under chloride attack. *Sustainable Construction Materials and Technologies*, 31, 715-720.
- Rangan, B.V. (2008). Fly ash-based geopolymer concrete. *Proceedings of the International Workshop on Geopolymer Cement and Concrete*, 68-106.
- Rashad, A. (2016). A synopsis about perlite as building material – a best practice guide for civil engineer. *Construction and Building Materials*, 121, 338-353.
- Shi, C., Krivenko, P. and Roy, D. (2006). Alkali- Activated Cements and Concretes. Taylor & Francis, ISBN: 978-0-415-7004-7, 370 p., 298.
- Slaty, F., Khoury, H., Wastiels, J. and Rahier, H. (2013). Characterization of Alkali Activated Kaolinitic Clay. *Applied Clay Science*, 75, 120-125. <https://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2013.02.005>.
- TS 1481, (1988). Sıva yapım kuralları- bina dış yüzeylerinde kullanılan, Ankara, 13 s.
- TS EN 998-1, (2017). Kagir harcı-özellikler, Ankara, 24 s.
- Uluer, O., Karaağaç, İ., Aktaş, M., Durmuş, G., Ağbulut, Ü., Khanları, A. ve Çelik, D.N. (2018). Genleştirilmiş perlitin ısı yalıtım teknolojilerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1), 36-42, <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.61687>.
- Ünal, Ö. (2016). Binaların ısı yalıtımında kullanılacak malzemeler ve kalınlıkları. Makine Mühendisleri Odası Enerji Komisyonu, 32 s.
- Yerlici, V. (1966). Türkiye mühendislik haberleri. Doğu Yayınları, Yayın No: 136, 42s., 30-32.
- Yıldırım, S.T. ve Baba, E. (2018). Bims agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı hafif kompozit harçların özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 47-52.
- Yiğiter, M. (2014). Kısa saplı lif karakterli endüstriyel atıklardan sıva malzemesi üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum, Türkiye, 109 s.
- Weil, K. Dombrowski, and A. Buchawald. (2009). Life-cycle analysis of geopolymers. *Geopolymers Structure, Processing, Properties and Applications*, 978(1), 194-210.

ÖZGEÇMİŞ

Meltem KAPTAN, 28.05.1994 tarihinde Samsun'da doğdu. İlk ve ortaöğretimini 2008 yılında Samsun'da, lise eğitimini 2012 yılında Samsun ilinde Yeşilkent Anadolu Lisesinde tamamladı. 2012 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliğine başladığı eğitimini 2,73 derece ile 2016 yılında tamamladı. 2018 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

