



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YALITIM SIVALARINA UÇUCU KÜL KATKISININ FİZİKSEL ve MEKANİK
ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cenk ÇARKACI

ŞUBAT 2021
GÜMÜŞHANE

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YALITIM SIVALARINA UÇUCU KÜL KATKISININ FİZİKSEL ve MEKANİK
ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cenk ÇARKACI

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.02.2021
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 12.03.2021**

ŞUBAT 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Yalıtım Sıvalarına Uçucu Kül Katkısının Fiziksel ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi” isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

19/02/2021

Cenk ÇARKACI

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALITIM SIVALARINA UÇUCU KÜL KATKISININ FİZİKSEL ve MEKANİK
ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Cenk ÇARKACI

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç Dr. Mustafa ÇULLU

2021, 79 sayfa

Son yıllarda, atık malzemelerin gün geçtikçe arttığı dünyamızda meydana gelen çevresel kirliliğin önemli bir sorun teşkil ettiği görülmektedir. Bu nedenle çalışmalar geri kazanılabilir atıkların, hammadde yerine kullanılabilirliği üzerine yoğunlaşmıştır. Özellikle enüstriyel atık malzeme ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi, kaynakların kullanımını azaltarak doğanın tahrip olmasını önlemekte, hem de bu atıkların depolanması sonucu çevrede oluşacak problemlerini en aza indirmektedir.

Dünya’da üretilen tüm fosil yakıt atıklarının %90’a yakın bir bölümü kömür yanma atıklarından oluşur. Bunun sonucu termik santrallerde açığa çıkan milyonlarca ton uçucu

küllerin sadece %20'lik bir kısmı değerlendirilmektedir. Buda çevre açısından büyük bir sorun oluşturmaktadır. Son yıllarda endüstriyel bir atık olan uçucu kül, özellikle inşaat sektöründe, beton üretiminde kullanılmakta, böylece hem çimento üretim maliyetlerini düşürmekte hemde çevre kirliliğinin önlenmesine katkı sağlanmaktadır.

Bu çalışmada endüstriyel bir atık olan uçucu kül'ün son yıllarda inşaat sektöründe sıkça kullanılmaya başlayan yalıtım sıvalarına ikame edilmesiyle özellikle yalıtım sıvasının ısı yalıtım ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelenmiştir. Bu kapsamda piyasadan alınan örnek bir yalıtım sıvasına %10, %20, %30 ve %40 olacak şekilde uçucu kül ikame edilerek elde edilen numuneler üzerinde ısı iletkenlik katsayısı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, yoğunluk ve su emme değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak yalıtım sıvasına, %30 uçucu kül ikamesinin ısı iletim katsayısında en iyi oranda iyileşme sağladığı, %40 uçucu kül ikamesinin eğilme, basınç dayanımı ve yoğunluk gibi parametreleri olumlu yönde artırdığı, en düşük su emme miktarının %40 uçucu kül katkılı numunelerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Atık,Uçucu Kül,Yalıtım Sıvası, Isı İletkenlik Katsayısı

ABSTRACT
MS THESIS

**INVESTIGATION of THE EFFECT of FLY ASH ADDITION to INSULATION
PLASTERS on PHYSICAL and MECHANICAL PROPERTIES**

Cenk ÇARKACI

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Associate Profesör Mustafa ÇULLU
2021, 79 pages

In recent years, it has been seen that environmental pollution, which is caused by waste materials increasing day by day in our world, is posing a significant problem. Therefore, studies have focused on the usability of recyclable wastes instead of raw materials. Especially, utilization of industrial waste materials and by-products prevents the nature from being adversely affected by minimizing resource consumption. Thus, environmental problems, which may arise due to accumulation of those wastes, are reduced.

Nearly 90% of all fossil fuel waste released around the world pertains to coal waste. However, only 20% of millions tons of fly ash released by thermal power plants is utilized,

which causes a major environmental problem. Fly ash, which is an industrial waste, has been used particularly in the construction sector for concrete manufacturing during the recent years, thus manufacturing costs are reduced and prevention of environmental pollution is facilitated.

In this study; changes in thermal insulation and mechanical properties of insulation plaster influenced by substituting insulation plasters with fly ash as an industrial waste, which started to be used frequently in the construction sector in late years, were examined. In this context, changes in thermal conductivity coefficient, bending resistance, pressure resistance, density and water absorption of the samples prepared by substituting off-the-shelf insulation plaster with fly ash at rates of 10%, 20%, 30% and 40%, were analyzed. Consequently, it was identified that substituting insulation plaster with fly ash at rate of 30% provides best improvement to thermal conductivity coefficient, at rate of 40% improves the parameters of bending resistance, pressure resistance and density properties better and the lowest water absorption capacity was obtained with substitution at the rate of 40%.

Keywords: Industrial Waste, Fly Ash, Insulation Plaster, Thermal Conductivity Coefficient

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında beni yönlendiren, özellikle laboratuvar çalışmalarımda, desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Mustafa ÇULLU'ya, çalışmamda gerekli materyal temininde yardımcı olan Sayın Nurettin BALCI bey'e, Sayın Kimya Mühendisi Betül DEMİRCİ'ye, Sayın Arş.Gör. Ferhat DEMİRCİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam sırasında manevi desteklerinden dolayı bana güç veren, değerli eşim ve küçük kuzucuklarıma da çok teşekkür ederim.

Cenk ÇARKACI

Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Yalıtım.....	3
2.1.1. Yalıtım Türleri.....	3
2.1.1.1. Cam Yünü.....	3
2.1.1.2. Taş Yünü	4
2.1.1.3. Seramik Yünü	4
2.1.1.4. Genleştirilmiş Polistren (EPS-Strapory).....	5
2.1.1.5. Ekstrude Polistren (XPS).....	5
2.1.1.6. Poliüretan Köpük.....	6
2.1.1.7. Elastomerik Kauçuk	7
2.1.1.8. Polietilen Köpük.....	7
2.1.1.9. Fenol Köpüğü	8
2.1.1.10. Melamin Köpüğü.....	9
2.1.1.11. PVC Köpük	9
2.1.1.12. Cam Köpüğü.....	10
2.1.1.13. Kalsiyum Silikat	11
2.1.1.14. Ahşap Yünü	11
2.1.1.15. Genleştirilmiş Mantar	12
2.1.1.16. Vermikulit.....	12
2.1.1.17. Bor Katkılı Selüloz	13
2.1.1.18. Genleştirilmiş Perlit Esaslı Yalıtım Sıvaları.....	14

	<u>Sayfa No</u>
2.2. Isı Transferi İle İlgili Bilgiler	17
2.3. Endüstriyel Atıklar	21
2.3.1. Endüstriyel Atık Türleri	21
2.3.1.1. Uçucu Külür	22
2.3.1.2. Yüksek Fırın Cürufu	25
2.3.1.3. Silis Dumanı	27
2.3.1.4. Lastik Atıklar	28
2.3.1.5. Tekstil Atıklar	29
2.3.1.6. Tarımsal Atıklar	30
2.4. Çalışmanın Amacı	31
3. MATERYAL VE METOT	33
3.1. Materyal	33
3.1.1. Yalıtım Sıvası	33
3.1.2. Uçucu Kül	34
3.2. Metot	35
3.2.1. Isı iletim Katsayısı Tayini	35
3.2.2. Eğilme Dayanımı Tayini	41
3.2.3. Basınç Dayanımı Tayini	44
3.2.4. Yoğunluk Tayini	46
3.2.5. Su Emme Tayini	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4.1. Isı İletim Katsayısı	48
4.2. Eğilme Dayanımı	50
4.3. Basınç Dayanımı	51
4.4. Yoğunluk Tayini	53
4.5. Su Emme	55
5. SONUÇLAR	57
6. KAYNAKLAR	60
7. EKLER	65
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Cam yünü	4
Şekil 2.2. Taş yünü	4
Şekil 2.3. Seramik yünü.....	5
Şekil 2.4. Genleştirilmiş polistren (EPS).....	5
Şekil 2.5. Ekstrude polistren (XPS).....	6
Şekil 2.6. Poliüretan köpük	7
Şekil 2.7. Elastomerik kauçuk	7
Şekil 2.8. Polietilen köpük.....	8
Şekil 2.9. Fenol köpük.....	8
Şekil 2.10. Melamin köpüğü	9
Şekil 2.11. Pvc köpük.....	10
Şekil 2.12. Cam köpüğü	10
Şekil 2.13. Kalsiyum silikat.....	11
Şekil 2.14. Ahşap yünü.....	12
Şekil 2.15. Genleştirilmiş mantar	12
Şekil 2.16. Vermikulit	13
Şekil 2.17. Bor katkılı selüloz	13
Şekil 2.18. Genleştirilmiş perlit.....	14
Şekil 2.19. Isı yalıtım sıvası	15
Şekil 2.20. Duvar da ısı iletimi mekanizması.....	18
Şekil 2.21. Duvar da yüzeyi ile hava tabakası arası ısı taşınımı mekanizması.....	19
Şekil 2.22. Bir yüzeyde yutulan, yüzeyden yansıyan ve geçirilen ışınların durumu	20
Şekil 2.23. Uçucu kül	22
Şekil 2.24. Yüksek fırın cürufu	26
Şekil 2.25. Silis dumanı.....	27
Şekil 2.26. Lastik atık.....	29
Şekil 2.27. Tekstil atıkları.....	30
Şekil 2.28. Tarımsal atıklar.....	31

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. İzolasyon sıvası	33
Şekil 3.2. Afşin Elbistan uçucu külüne ait bir görünüm.....	34
Şekil 3.3. Isı iletim katsayısı tespiti için numune kalıbı.....	35
Şekil 3.4. Numune karışımlarının hazırlanışı	36
Şekil 3.5. Numune karışımlarının kalıba dökülmesi	36
Şekil 3.6. Taurus TLP 300 ısı iletim katsayısı tespit cihazı	37
Şekil 3.7. Taurus TLP 300 cihazın iç aksamı	38
Şekil 3.8. Taurus TLP 300 çalışma şeması.....	39
Şekil 3.9. Isı iletim katsayısı tespit edilen numune örnekleri.....	39
Şekil 3.10. Numune örneklerinin Taurus TLP 300 cihazına yerleştirilmesi ve ısı iletim katsayıları λ (lamda) değerlerinin tespiti.....	40
Şekil 3.11. Eğilme ve basınç deneyi için numune kalıbı.....	41
Şekil 3.12. Üretilen eğilme ve basınç deneyi numuneleri	42
Şekil 3.13. Eğilme dayanım deneyi testinde kullanılan makine ve aparat	43
Şekil 3.14. Eğilme dayanım deneyinde kullanılan numunenin yük ile kırılması..	44
Şekil 3.15. Basınç dayanım deneyi testinde kullanılan makine ve aparat.....	45
Şekil 3.16. Basınç dayanım deneyinde kullanılan numunenin yük ile kırılması..	45
Şekil 3.17. Numuneleri havuzda bekletilmesi ve yoğunluk tayini	46
Şekil 3.18. Numunelerin etüvde kurutulması ve ağırlıklarının ölçülmesi.....	47
Şekil 4.1. Ortalama ısı iletkenlik katsayıları (λ).....	49
Şekil 4.2. 28 günlük yalıtım sıvası karışımlarına ait ortalama eğilme dayanım değerleri.....	51
Şekil 4.3. 28 günlük yalıtım sıvası karışımlarına ait ortalama basınç dayanım değerleri.....	53
Şekil 4.4. Numunelerin ortalama yoğunluk değerleri.....	54
Şekil 4.5. Numunelerin ortalama su emme değerleri (%)	58

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. İzolasyon sıvasına ait teknik değerler	33
Tablo 3.2. Afşin Elbistan uçucu külüne ait fiziksel ve kimyasal özellikler	34
Tablo 3.3. Numunelerin karışım miktarları	35
Tablo 4.1. Isı iletim katsayısına ait veriler	48
Tablo 4.2. Eğilme dayanımına ait veriler	50
Tablo 4.3. Basınç dayanımına ait veriler	51
Tablo 4.4. Yoğunluk değerlerine ait veriler	53
Tablo 4.5. Su emme oranlarına ait veriler (%)	55

1. GİRİŞ

Enerji, sanayileşmenin alt yapısı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Bu nedenle, enerji temini sorunu ulusal ve uluslararası gündemde oldukça önemli bir yer tutar (Etemoğlu, 2014).

Günümüz dünyasında enerji, ekonomik, sosyal ve hatta siyasi politikaların oluşturulmasında belirleyici olmaktadır. Enerji, aynı zamanda ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınması için en önemli göstergelerinden biridir. Bu sebeple enerji konusu dünyada öncelikli konular arasında yerini almıştır (İzoder, 2005).

Ülkemizin enerji ihtiyacı diğer tüm gelişmekte olan ülkeler gibi sürekli olarak artmaktadır. Enerji konusunda çağa ayak uydurmanın yolu, bir yandan artan nüfusun, enerjiyi en tasarruflu şekilde nasıl kullanacağı konusunda eğitirken, bir yandan da sağlıklı bir enerji politikası için sürekli bir arayış içinde olmaktan geçer. Bir ülkede üretilen enerjinin mümkün olabilen en yüksek verimle üretilmesi ve iletilmesi sağlanırken, bir taraftan da enerjinin gereksizce kaybolmasını önlemek gerekmektedir (Etemoğlu, 2014).

Enerji ihtiyacı her geçen gün artan ülkemizde hedefimiz, enerjinin, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişme hamlelerini destekleyecek şekilde, zamanında, yeterli, güvenilir, çevresel etkiler göz önüne alınarak sağlanması olmalıdır. Bu hedef doğrultusunda, enerji kaynaklarımızın çeşitlendirilmesi, alternatif, yeni, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yanında, var olan enerji kaynaklarının da mümkün olduğunca verimli kullanılması gerekir (İzoder, 2005).

Ülkemizde enerjinin %35'inin binalarda tüketildiği ve binalarda tüketilen enerjinin de %80' i ısıtma amaçlı kullanıldığı göz önüne alınırsa, binalara kurulacak daha verimli ısıtma sistemlerinin yanı sıra binalara uygulanacak uygun ısı yalıtımları ile büyük enerji tasarrufu sağlanacağı çok önem arz etmektedir (Kotan, 2018).

Yapıların uzun yıllar boyunca değerini koruması ancak, iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunmuşsa gerçekleşebilir. Yapıların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması, yalıtım ile sağlanabilir. Yalıtım sistemlerinin esas amacı; yapı bileşenleri ve taşıyıcı sistemi dış etkenlerden koruyarak, kullanım amacına uygun sağlık ve konfor şartlarının yapı içerisinde hüküm sürmesini sağlamaktır. Bina içerisinde konforlu yaşam koşullarının oluşturulması insan sağlığı için ne kadar önemli ise yapının dış etkenlere karşı korunması da o kadar önemlidir (Kılınç, 2013).

Yalıtım sektörü dünyada 200 yıla ulaşan geçmişe sahip olmasına karşın, ülkemizde ilk yalıtım malzemesi 1967 yılında üretilmiştir (Çakallı, 2013). Yalıtım malzemeleri, plastik esaslı malzemeler, köpükler, lifli malzemeler, sürme esaslı yalıtım malzemeleri şeklinde olup, son yıllar da daha çevreci, sağlıklı, yangın dayanımı daha yüksek olan ısı yalıtım sıvaları üretilmektedir. Bu çalışmada ısı yalıtım sıvaları üzerine araştırma yapılacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Yalıtım

Kullanım amacı doğrultusunda inşa edilen yapıların maruz kalacakları dış etkiler karşısında kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirmesi için yapılan uygulamalara yalıtım denir (İzoder, 2005).

İnşaat sektörü için yalıtım bir yapı fiziği koludur. Yalıtım bir yapı elemanından su, ısı geçişi, su buharı difüzyonu ve sesin yayılımı gibi fiziksel hareketleri denetim altında tutmak ve düzenlemek için alınması gerekli önlemleri inceler (İzoder, 2005).

Bir yapının yapılış amacına uygun olarak kullanıcılarına hizmet vermesi ve değerini yıllarca koruması ancak olumsuz iç ve dış etkilere karşı iyi korunmuş olmasına bağlıdır. Bu sebeple yalıtımın amacı yapıların ömrünü uzatmak, bakım masraflarını azaltmak ve kullanıcı için huzurlu, güvenli, sağlıklı, konforlu mekanlar oluşturmaktır (İzoder, 2005).

2.1.1. Yalıtım Türleri

Isı yalıtım malzemeleri, genelde bina yalıtımı ve sanayi tesisat yalıtımında kullanılmaktadır. Bina yalıtımında genel olarak, çatı, duvar, döşeme gibi bölümlerin yalıtımları yapılır. Isı yalıtımı malzemeleri kapalı ve açık gözenekli olarak iki şekilde sınıflandırılabilir (Çakallı, 2013).

Kapalı gözenekli malzemelere; Genleştirilmiş polistren (EPS), ekstrüde polistren (XPS), polietilen köpüğü, elastomerik kauçuk, cam köpüğü;

Açık gözenekli malzemelere; Taş yünü, cam yünü, seramik yünü, ahşap yünü, cüruf yünü örnek verilebilir.

2.1.1.1. Cam Yünü

Silis kumunun 1200-1250 °C arasında ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu elde edilmektedir. Camyünü, lifli bir görüntüsü olan sarı renkli, piyasada levhalar ve rulo halinde bulunan, inorganik yapıda bir yalıtım malzemesidir. Cam pamuğu da denilir. Yoğunluğu 10-80 kg/m³ arasında olan Cam yünü' nün kullanım sıcaklığı, 230 °C civarında olup, ısı iletim katsayısı 0.040 W/mK' dir (Çakallı, 2013; URL-1). Şekil 2.1.'de camyünü görülmektedir.



Şekil 2.1. Cam yünü (URL-1)

2.1.1.2. Taş Yünü

Doğada bulunan volkanik kayalardan elde edilen mineral ve inorganik taşların 1200-1500°C arasında eritilip, elyaf haline gelmesiyle oluşturulan ve %97 oranında doğal elyaf içeren ısı yalıtım malzemesidir. Yoğunluğu 33-100 kg/m³ arasında olan Taş yünü'nün kullanım sıcaklığı, 0~+800 °C arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.037-0.043 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-2). Şekil 2.2.'de taş yünü görülmektedir.



Şekil 2.2. Taş yünü (URL-2)

2.1.1.3. Seramik Yünü

Seramik Yünü; alüminyum, silis, zirkonyum ham maddelerinin 1650-1750 °C arasındaki sıcaklıklarda eriyip birleşmesi ile elde edilir. Seramik Yünü, uzun, esnek ve birlikte dokunmuş liflerden oluşan bir ısı yalıtım malzemesi olup, endüstriyel fırın izolasyonlarında, kazan boru ve bacaların izolasyonunda, her türlü yüksek sıcaklık gerektiren teknik izolasyonlarda kullanılır. Yoğunluğu 100-150 kg/m³ arasında olan

Seramik yünü' nün kullanım sıcaklığı, 0~+1400 °C arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.037 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-3). Şekil 2.3.'de seramik yünü görülmektedir.



Şekil 2.3. Seramik yünü (URL-3)

2.1.1.4. Genleştirilmiş Polistren (EPS-Strafor)

Genleştirilmiş polistren, beyaz renkli yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olup levhalar şeklinde üretilir. 1m³ EPS bloğunda milyarlarca küçük hava boşlukları vardır. Diğer yalıtım malzemelerinde olduğu gibi styraforda da ısı yalıtımı bu boşluklar sayesinde sağlanır. Yoğunluğu 15-30 kg/m³ arasında olan EPS'nin, kullanım sıcaklığı, -100~+80 °C arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.033 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-4). Şekil 2.4.'de EPS görülmektedir.

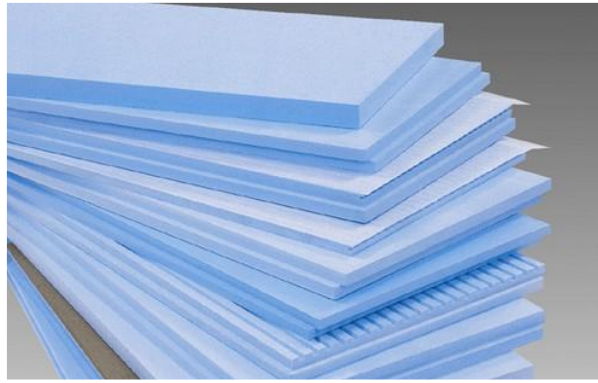


Şekil 2.4. Genleştirilmiş polistren (EPS) (URL-4)

2.1.1.5. Ekstrude Polistren (XPS)

Homojen hücre yapısına sahip, ısı yalıtımı yapmak amacıyla üretilen ve kullanılan köpük malzemelerdir. XPS' in hammaddesi olan polistren, ekstrüzyon işlemi ile hat

boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Sürekli bilgisayar kontrolünde yapılan bu üretim sayesinde homojen balpeteği görünümünde, kararlı bir hücre yapısı elde edilir. Hücreler bütün yüzlerinden birbirine bağlıdır. Hava hücrelerin içine hapsedilmiştir. Hareketsiz kuru hava ile; bilinen en mükemmel ısı yalıtımı sağlanmaktadır. En önemli özelliklerinden biride mukavemeti yüksek bir malzemedir. Yoğunluğu $25-50 \text{ kg/m}^3$ arasında olan XPS'in, kullanım sıcaklığı, $-60 \sim +80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.028-0.031 \text{ W/mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-5). Şekil 2.5.'de XPS görülmektedir.



Şekil 2.5. Ekstrude polistren (XPS) (Eken, 2012)

2.1.1.6. Poliüretan Köpük

Sert poliüretan köpükler, hücresel yapılı, kapalı hücreli inşaat malzemesidir. Sert poliüretan köpüğün mükemmel ısı izolasyonu sağlamasının en önemli sebebi malzemenin reaksiyonu sırasında şişirici gaz sayesinde oluşan kapalı hücre yapısıdır. Isı iletkenliği, kapalı hücre sayısı, oranı ve hücrelerin sertliği ile mekanik dayanımı yüksek bir malzemedir. Yoğunluğu $30-200 \text{ kg/m}^3$ arasında olan poliüretan köpüğün, kullanım sıcaklığı, $-180 \sim +110 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.023/\text{mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-6). Şekil 2.6.'da poliüretan köpük görülmektedir.



Şekil 2.6. Poliüretan köpük (Eken, 2012)

2.1.1.7. Elastomerik Kauçuk

Kauçuk köpüğü kapalı gözenekli hücre yapısına ve yüksek buhar difüzyonu direncine sahip bir yalıtım malzemesidir. Elastomerik kauçuklar yüksek yoğunlaşma durumu bulunan yüzeylerde ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Yoğunluğu $60-80 \text{ kg/m}^3$ arasında olan elastomerik kauçuğun, kullanım sıcaklığı, $-40 \sim +116 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.037 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.7.'de elastomerik kauçuk görülmektedir.



Şekil 2.7. Elastomerik kauçuk (URL-7)

2.1.1.8. Polietilen Köpük

Propilenden ve etilen malzemeden hazırlanan ve polimerlerden imal edilen esnek ve yarı esnek, gözenekli, plastik esaslı malzemelerdir. Dış yüzeyi düzgün olarak elde edilebilmektedir. $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $95 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında split ve merkezi havalandırma sistemlerinde, klima kanallarının iç ve dış yalıtımında; su ve sıvı soğutma sistemlerinde, büyük çaplı borularda, tank ve vana yalıtımında kullanılır. Yoğunluğu $30-40 \text{ kg/m}^3$ arasında olan

polietilen köpüğün, kullanım sıcaklığı, $-40 \sim +100$ °C arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.033-0.040$ W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.8.'de polietilen köpük görülmektedir.



Şekil 2.8. Polietilen köpük (URL-7)

2.1.1.9. Fenol Köpüğü

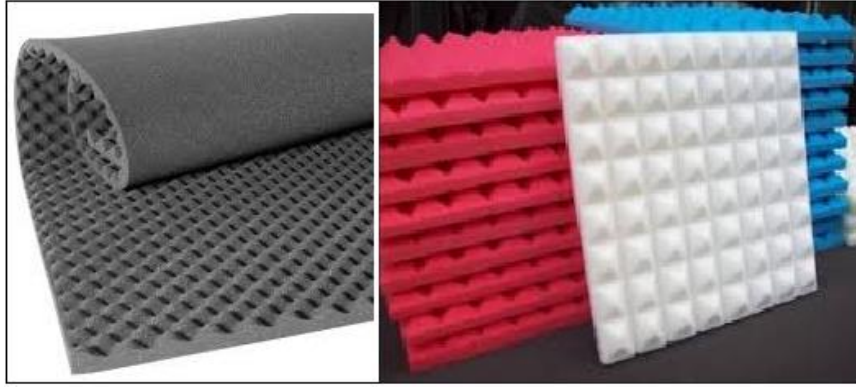
Fenol köpüğü, formaldehitin bakalitine şişirici ve sertleştirici maddeler katılarak elde edilir. Fenol köpüğü levhaları, sert ve yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Bu sebepten genelde tesisat yalıtımında tercih edilir. Ancak kırılgan, basınca dayanıksız ve yüzeyi sürtünmeyle tozlaşan bir yapıya sahiptir. Daha çok açık gözenekli olup kapalı gözeneklere de sahiptir. Yoğunluğu $30-35$ kg/m³ arasında olan fenol köpüğün, kullanım sıcaklığı, $-180 \sim +120$ °C arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.040 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.9.'da fenol köpük görülmektedir.



Şekil 2.9. Fenol köpük (Eken, 2012)

2.1.1.10. Melamin Köpüğü

Melamin köpüğü, dekoratif özelliği olan aynı zamanda mükemmel ısı yalıtım kabiliyetine sahip, yüksek ses yutuculuğu sayesinde ses yalıtım uygulamalarında kullanılabilen bir yalıtım malzemesidir. Çeşitli tip ve boyutlarda üretilmektedir. Yoğunluğu 11 kg/m^3 civarında olan melamin köpüğünün, kullanım sıcaklığı, $-60 \sim +150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.034 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.10.'da melamin köpüğü görülmektedir.



Şekil 2.10. Melamin köpüğü (URL-7)

2.1.1.11. PVC Köpük

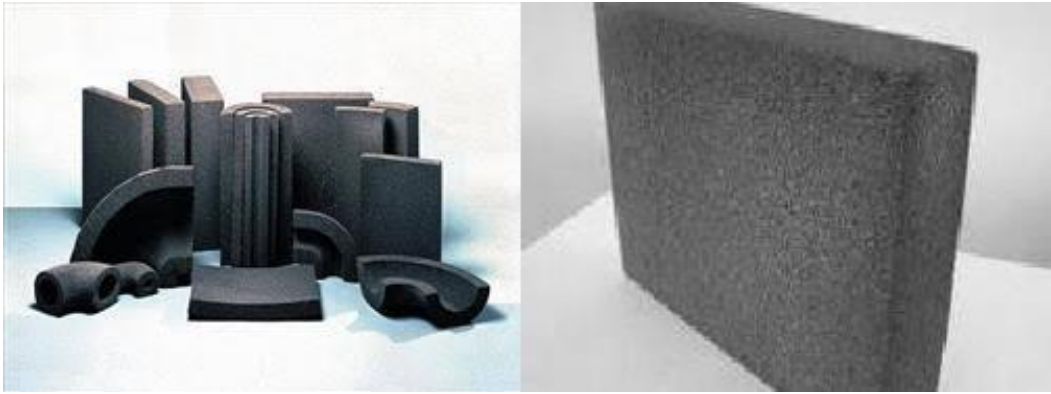
PVC köpük, sert, yarı sert veya yumuşak olarak üretilir. Uygulanan üretim metoda göre gözenekli yapısı değişiklik gösterir. Polivinilklorid esaslı termoplastik bir malzemedir. Yoğunluğu $30\text{-}300 \text{ kg/m}^3$ arasında olan PVC köpüğünün, kullanım sıcaklığı, $-100 \sim +95 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.029 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.11.'de PVC köpüğü görülmektedir.



Şekil 2.11. PVC köpük (URL-7)

2.1.1.12. Cam Köpüğü

Cam köpüğü üretiminde genelde atık cam kullanılmaktadır. Cam yüksek sıcaklıkta eritilerek soğumaya bırakılır. Elde edilen malzeme ince toz haline getirilir ve 1000 °C sıcaklıkta sellüler fırınlardan karbon ilave edilir. Burada malzeme köpürmeye başlar. Fırınlardan elde edilen ürün, en son tavlama fırınlarında şekillendirilir. Elde edilen cam köpüğü, oldukça sert, kırılğan, su ve buharı geçirmeyen, basınca dayanıklı, %90-95 oranında gözenekliliğe sahip bir yalıtım malzemesidir. Yoğunluğu 135kg/m^3 civarında olan cam köpüğünün, kullanım sıcaklığı, $-260\sim +430\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.046 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.12.'de cam köpüğü görülmektedir.



Şekil 2.12. Cam köpüğü (URL-7)

2.1.1.13. Kalsiyum Silikat

Kalsiyum silikat, kalsiyum silikat tozunun yüksek basınç ve sıcaklıkta inorganik fiberle reaksiyona girerek kalıba dökülmesiyle oluşan bir yalıtım malzemesidir. Mükemmel termal ve ısı koruması sağlaması amacıyla tasarlanmış, yalıtım malzemesidir. Isıtılan boru tesisatlarında, güç istasyonlarındaki kazanlarda, petro kimyasal tesislerde, petrol rafinerilerinde, ısı dağıtım sistemlerinde ve diğer endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Yoğunluğu $190-200 \text{ kg/m}^3$ arasında olan kalsiyum silikat, kullanım sıcaklığı, $+50 \sim +1100 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.046-0.098 \text{ W/mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-8). Şekil 2.13.'de kalsiyum silikat görülmektedir.



Şekil 2.13. Kalsiyum silikat (URL-8)

2.1.1.14. Ahşap Yünü

İnşaat sektöründe genellikle heraklit olarak bilinir. Ahşap yünü levhaların üretimi, kaliteli ve uzun ahşap liflerin mineral bağlayıcı ile preslenmesiyle üretilir. Çok az kullanım alanı bulan ahşap yünü doğal yapısı gereği çevre dostudur. Güneşin ışınlarından çok etkilenmese de organik bir madde olduğu için böcek ve organizmalardan zarar görebilir. Yoğunluğu $400-600 \text{ kg/m}^3$ arasında olan ahşap yünü, kullanım sıcaklığı, $-50 \sim +110 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.08-0.11 \text{ W/mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-9). Şekil 2.14.'de ahşap yünü levhalar görülmektedir.



Şekil 2.14. Ahşap yünü (URL-9)

2.1.1.15. Genleştirilmiş Mantar

Doğal bir ürün olan mantar taneli yapıya sahip bir ısı yalıtım malzemesidir. Yalıtım sektöründe kullanılan mantar çeşidi genelde meşe mantarı olup Akdeniz ikliminin hakim olduğu coğrafyalardan elde edilmektedir. Gözenekli yapıya sahip olan mantar doğadan toplanarak granül hale getirilir. Granüllerin yüksek sıcaklıktaki buharda preslenmesi ve şekillendirilmesiyle mantar plaklar elde edilir. Yoğunluğu $80-500 \text{ kg/m}^3$ arasında olan genleştirilmiş mantar, kullanım sıcaklığı, $-180 \sim +100 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.04-0.055 \text{ W/mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.15.'de genleştirilmiş mantar görülmektedir.



Şekil 2.15. Genleştirilmiş mantar (URL-7)

2.1.1.16. Vermikülit

Vermikülit, hidratlı bir magnezyum alüminyum silikat mineralidir. Vermikülit oluşumu, doğal hava koşullarına, hidrotermal eylemlere, sızdıran yeraltı sularına veya bu

üç eylemin kombinasyonlarına bağılı olarak çeşitli şekillerde olmuştur. Vermikülit yalnız inşaat dalında ısı yalıtım özelliğıyle dolgu malzemesi ve blok olarak kullanılırken, hafif agregalar halinde sıva ve alçılarda kullanılmıştır. Yoğunluğu $300-600 \text{ kg/m}^3$ arasında olan vermikulit, kullanım sıcaklığı, $0 \sim +300 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında olup, ısı iletim katsayısı $0.04-0.067 \text{ W/mK}$ dir (Çakallı, 2013; URL-10). Şekil 2.16.'da vermikulit görölmektedir.



Şekil 2.16. Vermikulit (URL-10)

2.1.1.17. Bor Katkılı Selüloz

Kullanılmış selüloz malzemenin yani gazete kağıtlarının, kırılarak içine bor türevleri karıştırılmasıyla üretilmektedir. Aynı zamanda bor katkısıyla selüloz, yangın geciktirici malzeme özelliğini kazanır. Yoğunluğu $15-150 \text{ kg/m}^3$ arasında olan bor katkılı selüloz, ısı iletim katsayısı 0.039 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-11). Şekil 2.17.'de bor katkılı selüloz görölmektedir.



Şekil 2.17. Bor katkılı selüloz (URL-11)

2.1.1.18. Genleştirilmiş Perlit Esaslı Yalıtım Sıvaları

Perlit, ısıyla genişleme özelliği olan, geniştirildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen volkanik bir kayadır. Perlit belirli tane iriliğinde özel şartlarda 850-1150 °C arasında ısıtıldığında hacmi 35 katına kadar artmakta ve içerisinde kapalı, açık binlerce hava kabarcığı oluşmaktadır. Bu hava kabarcıkları perlite yalıtım özelliği kazandırmaktadır. Yoğunluğu 32-200 kg/m³ arasında olan geniştirilmiş perlit, kullanım sıcaklığı, -250~+1000 °C arasında olup, ısı iletim katsayısı 0.04-0.052 W/mK dir (Çakallı, 2013; URL-7). Şekil 2.18.'de geniştirilmiş perlit görülmektedir.



Şekil 2.18. Genleştirilmiş perlit (URL-7)

Perlit'in en önemli fiziksel özelliği ısı geçirgenliğinin düşük olması nedeni ile iyi bir izolasyon yapı malzemesi olarak kullanılabilmesidir. Bu sebeple iç ve dış yüzeylerinin perlitli sıva ile kaplanması durumunda ısıdan büyük tasarruf sağlanmaktadır. Dış sıva perlit kullanarak yeteri kalınlıkta yapıldığında ilave bir ısı yalıtımı gerekmemektedir (Yıldız, 2014). Dökme haldeki perlitin 0.04-0.052 W/mK olan ısı iletkenlik değeri, çimento gibi bağlayıcılarla karıştırılarak ısı yalıtım sıvası haline getirilmesi durumunda bağlayıcı oranına göre ısı yalıtım sıvasının iletim katsayısı 0.13 W/mK değerine kadar yükselebilir (Çakallı, 2013). Şekil 2.19.'da ısı yalıtım sıvası uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.19. Isı yalıtım sıvası (URL-7)

Isı yalıtım sıvaları inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Odabaş (2012) yaptığı çalışmada, fosfojips ve perlit katkılı sıvaların sert ve taze haldeki özellikleri, bu katkıların sıva harçlarına karıştırılmasıyla ısı yalıtım özelliği elde edilebilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonucu standartlara uygun mekanik özelliklere sahip sıva karışımları elde edilmiştir.

Çolakoğlu (2004) yaptığı çalışmada, Isparta ilinde bol bulunan kalker ve pomzayı kullanarak ısı yalıtımı sağlayabilecek bir dış cephe sıvası üzerine çalışmıştır. Bunun için pomzanın ısı yalıtım özelliğinden kalkerin ise ucuz bir agrega olarak kullanımı özelliğinden faydalanmış ve öncelikli olarak malzeme kırılarak 4mm altı sıva agregası olarak kullanılmıştır. Daha sonra çimento ve işlenebilirlik için kimyasal maddeler katılarak sıva karışımları elde edilmiştir. Elde edilen bu sıva karışımları, perlitli sıva ve izolasyon sıvaları ile karıştırılmıştır. Sonuç olarak ısı geçirgenliği açısından perlitli sıvadan bir miktar daha iyi sonuç elde edilmesine rağmen, izolasyon sıvasına göre kötü bir sonuç elde etmiştir.

Çorakçı (2007) yaptığı çalışmada, dış duvar yüzeylerinde uygulanan hazır sıvaların farklı dış duvar yüzeylerindeki performanslarını incelemiş, bunun için piyasada bilinen 2 firmaya ait, dış duvarlarda kullanılan sentetik emülsiyon esaslı hazır sıvalardan, numuneler elde ederek deneyler yapmıştır. Bu hazır sıva numuneleri, farklı iki yüzey olan inorganik ve organik yüzeylere uygulanmış, deneyler sonucu sentetik emülsiyonlu hazır sıvaların TS7847 standartlarına uygun olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca organik lifli plaka yüzeylere uygulanan hazır sıvalarda en iyi sonuçların elde edildiğini tespit etmiştir.

Gökdemir (2010) yaptığı çalışmada, dış sıvada yapay sinir ağları kullanarak, dış sıvalardaki mekanik özelliklerin tahmin edilebilirliği üzerine inceleme yapmıştır. Bu bağlamda farklı iklim bölgelerindeki 12 il belirlenmiş, oluşturulan sıva numuneleri bu illere gönderilerek doğal şartlarda belli bir süre bekletilmiş, daha sonra laboratuvar ortamında basınç, çekme ve yapışma özellikleri tespit edilmiştir. Örnek alınan illerden Bursa İli için basınç dayanımının %5.67, çekme dayanımının %2.61 ve yapışmanın %10.36 hata ile Trabzon İli için ise; basınç dayanımının %12.68, çekme dayanımının %4.8 ve yapışmanın %5.44 hata payı ile tespit edileceği sonucun varmıştır.

Yanık (2017) yaptığı çalışmada kum ve ponza ile hazırlanan sıva karışımlarına çimento veya kireç ağırlığının %10'u yerine saman, yaprak, plastik, perlit, öğütülmüş ayçiçeği sapı, hızar talaşı gibi atıkların karıştırılması ile elde edilen sıvaların 1mx1m ebatında duvara uygulanarak ısı yalıtımına etkisini incelemiştir. Örneklerin bir kısmı normal sıva (referans sıva) ile , diğerleri atık katkısı ile hazırlanan sıvalardan elde edilmiş ve bu örneklerin ısı iletim katsayıları Hotbox cihazı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak; katkılı sıvaların 0.1636-0.4923 W/mK aralığında, referans sıvanın ise 0.4243 W/mK ısı iletkenlik katsayılarına sahip olduğu, böylece atık katkılı sıvaların ısı iletkenlik katsayılarının düştüğünü tespit etmiştir.

Seven (2011) yaptığı çalışmada, barit agregalı çelik ve elyaf lifli sıva kaplamaları üreterek, bu kaplamaların basınç, eğilme dayanımları ile radyasyon tutma özelliklerini incelemiştir. Yapılan araştırmada barit agregası ile elde edilen numunelerin basınç dayanımlarının, alçı ile üretilen numunelerden daha yüksek çıktığı, çelik lif kullanılarak elde edilen numunelerin eğilme dayanımlarının ise çelik lif kullanılmayan numunelere göre daha yüksek, fakat elyaf lif kullanılarak elde edilen numunelerin ise elyaf lif kullanılmayan numunelere göre düşük çıktığı tespit etmiştir. Ayrıca barit ile üretilen numunelerin, alçı ile üretilen numunelere göre radyasyon tutuculuğunun daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Aşkar (2010) yaptığı çalışmada, dış cephe yalıtım sistemlerinin birleşim yerlerine uygulanan dış sıvaların, boya rengine göre çatlak oluşumlarını incelemiştir. Sonuç olarak koyu renkli boyalarla boyanmış dış sıvanın, daha fazla nem ve sıcaklığa maruz kaldığından açık renkli boyanmış dış sıvalara göre daha hızlı deforme ve çatlak oluşumu oluştuğunu tespit etmiştir.

Türkmen (2016) yaptığı çalışmada bina dış cephesindeki ısı yalıtım uygulamalarını ele alarak, örnek 19 bina ve bu binalar üzerindeki 54 dış cephe uygulamasının termal performanslarını incelemiştir. Saha inceleme sırasında dış cephe uygulamalarının 51'inde sorunun uygulama aşamasında ortaya çıktığı, 26 incelemede ise farklı yapı elemanlarının birleşim yerlerinden kaynaklandığını tespit etmiştir.

2.2. Isı Transferi İle İlgili Bilgiler

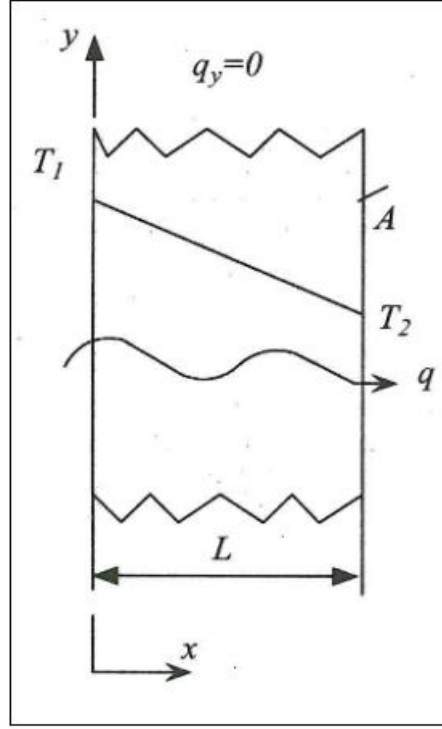
Isı, iki ortam arasında sıcaklık farkı varsa, yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama geçen enerji türüdür. Isı geçişi ortam sıcaklıklarındaki farka bağlı olduğu kadar, ortam ve yüzeylerinin özelliklerine de bağlıdır. Bu sebeple ısı transferi sistemi birbirinden farklı üç şekilde gerçekleşir.

Bunlar;

- İletim (Kondüksiyon)
- Taşınım (Konveksiyon)
- Işınım (Radyasyon)

şeklindedir.

Bir cismin farklı sıcaklıktaki bölgeleri arasında, birbirleriyle temas halindeki parçacıklardan, yüksek enerji seviyesinde bulunanlardan, düşük enerji seviyesinde bulunanlara doğru geçen enerji, ısı iletimi olarak ifade edilir (Dağsöz, 1995). Şekil 2.20.'de ısı iletimi mekanizması görülmektedir.



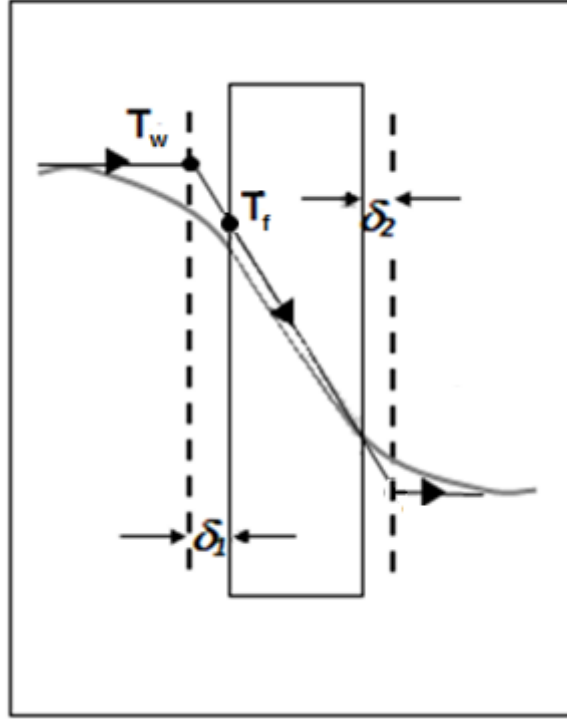
Şekil 2.20. Duvarda ısı iletimi mekanizması

Isı iletimi, Jean B. Joseph Fourier (1768-1830) tarafından aşağıdaki ifadede verilmiştir.

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial L} \quad (1.1)$$

Bu ifadede, birim alandan birim zamanda geçen q , ısı miktarını, bir doğrultuda ve bu doğrultuya dik birim alandan geçen ısı olarak ifade edilip, ısının aktığı yüzeyin normali doğrultusundaki $\partial T / \partial L$ sıcaklık gradyenini ve k ısı iletim katsayısını ifade etmekte olup birimi W/mK 'dir. “ k ” ısı iletim katsayısı diğer kaynaklarda “ λ (lamda)” ve “ u ” şeklinde de ifade edilmektedir.

Bir ortamda iletim ve ışınlama ısı geçişinin yanında, eğer ortam hareketli ise, bu takdirde taşınım ile ısı geçişi olur. Taşınım ile ısı geçişi akışkan özelliklerine, akış hızına ve sıcaklık farkına bağlıdır. Taşınım, sıcaklıkları farklı hareketli bir ortam ile bu ortamı çevreleyen yüzey arasında gerçekleşir (Dağsöz, 1995). Şekil 2.21.’de ısı taşınımı mekanizması görülmektedir.



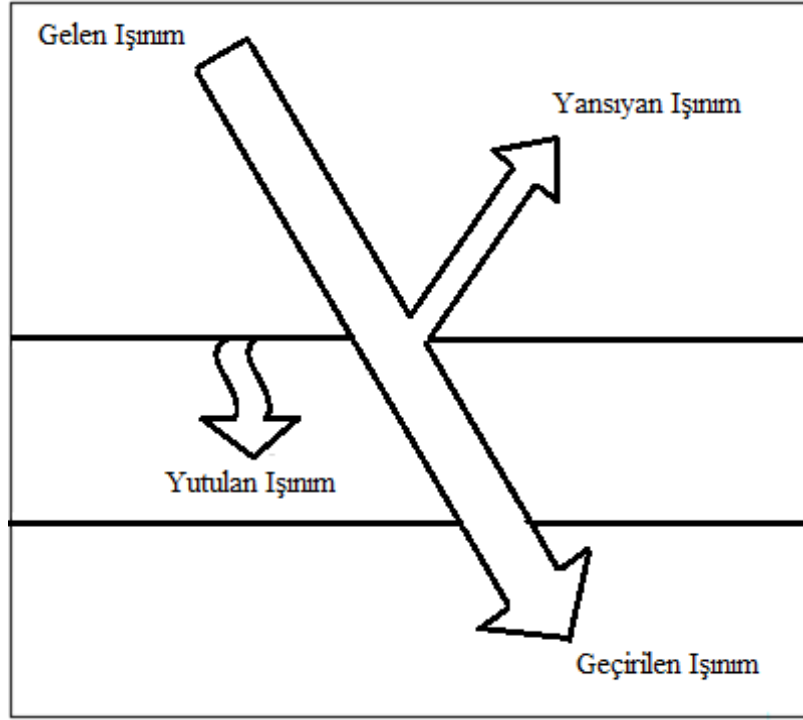
Şekil 2.21. Duvar yüzeyi ile hava tabakası arası ısı taşınımı mekanizması

Isı taşınımı, Newton (1701) tarafından katı bir yüzey ile temasta olan hareketli bir akışkan arasında birim alandan birim zamanda geçen ısı olarak

$$q = h(T_w - T_f) \quad (1.2)$$

olarak ifade etmiştir. Burada T_w hava sıcaklığını, T_f duvar sıcaklığını, h taşınım katsayısını ifade etmektedir (Altınışik, 2006).

Isı ışınlamında enerji, fiziksel bir ortam olmaksızın elektromanyetik dalgalar yardımıyla yayılarak geçer. Tüm cisimler (katı, sıvı, gaz) yüksek sıcaklıklarda elektromanyetik dalgalar şeklinde enerjiyi hem yayar hem de yutarlar. Yüzeyle gelen ışınlamın bir kısmı geri yansır, bir kısmı cisim tarafından soğurulur ve geri kalan kısmı ise yüzeyden geçer. Şekil 2.22.'de ısı ışınlamı görülmektedir.



Şekil 2.22. Bir yüzeyde yutulan, yüzeyden yansıyan ve geçirilen ışınların durumu

Yüzeye gelen ışıının yansıyan kısmı yansıma katsayısı (ρ), yutulan kısmı yutma katsayısı (α) ve geçen kısmı geçirme katsayısı (τ) ile ifade edilir. Gelen ışıının 1 birim ise;

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (1.3)$$

olarak yazılabilir.

1879'da Stefan tarafından verilen ve 1884'te Boltzmann tarafından teorik olarak elde edilen

$$E_b = \sigma \cdot T^4 \quad (1.4)$$

bağıntısı, bir cismin ışıının yayma gücünü ifade edilmektedir ve (E_b) siyah cismin yayma gücü, (σ) Stefan Boltzmann sabiti, (T) mutlak sıcaklıktır.

Gerçekte bir cismin ışıını aynı sıcaklıktaki siyah bir cismin ışıınımdan daha azdır. Dolayısıyla gerçek bir cismin ışıının yayma gücü;

$$E = \epsilon \cdot E_b = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (1.5)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada ε emissivite katsayısı olarak ifade edilir ve aşağıdaki gibi gerçek cismin yayma gücünün, aynı sıcaklıktaki siyah cismin yayma gücüne oranı olarak ifade edilir (Altınışik, 2006).

$$\varepsilon = E/E_b \text{ (Siyah cismin emissivitesi } \varepsilon=1 \text{ olarak kabul edilir.)} \quad (1.6)$$

2.3. Endüstriyel Atıklar

Endüstri sektöründe işlenerek yada tüketilerek kullanılmış olan maddelerden arta kalan ve zaman içinde herhangi bir şekilde işlenemeyen, metaller, makinelerden arta aklan yağlar, cüruf ve maden atıklarına endüstriyel atık denir (URL-12).

Endüstriyel atıklar doğaya atıldıkları takdirde çok sayıda zararlı bakterinin ortaya çıkmasına neden olurlar. Bu bakteriler karada ve denizde yaşayan pek çok canlının hayatını tehlikeye atmakta, doğayı kirletmekte ve havaya karışarak insanların solunum yoluyla çeşitli hastalıklara yakalanmasına neden olmaktadır. Tüm ekosistemi bozabilecek kadar zararlı etkileri olan bu atıklar, uygun şekilde imha edilmediği takdirde hem dünya ekonomisine büyük zarar vermekte, hem de kalıcı sağlık sorunlarına, bulaşıcı hastalıklara neden olabilmektedir (URL-12).

Günümüzde teknolojinin ve sanayinin hızla ilerlemesi, gelişmesi, çeşitli kolaylıkları beraberinde getirse de, dünya nüfusunun giderek artması nedeniyle üretim ve tüketim de aynı oranda yükselmektedir. Bu hızlı üretim ve tüketim çağında özellikle maliyetleri düşük tutmak adına bilinçsizce yapılan sanayi faaliyetleri doğaya büyük zarar vermektedir (URL-12).

Fabrikalardaki çeşitli üretimlerden arta kalan atıklardan kurtulmanın en doğru yolu; bu atıkların geri dönüşüme katılmasını sağlamaktır. Bugün insanın doğaya verdiği büyük zararların farkında olan pek çok ülkede çeşitli çevreci çözümler üretilmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda geri dönüşüm ile yeniden endüstriye kazandırılan atıklar hem sağlık tehdidi oluşturmamakta hem de tekrar kullanım ile ekonomiye katkı sağlamaktadır (URL-12).

2.3.1. Endüstriyel Atık Türleri

Endüstriyel katı atıklar, günümüzde teknolojinin ve sanayinin hızla ilerlemesi ile üretim işlemleri sırasında oluşan tehlikeli ve zararlı madde içermeyen atıklardır. Bu tür katı

atıklar genellikle üretim artığı maddeler veya kullanım ömrünü tamamlamış makine ve hurda malzemeleridir (Pehlivan, 2014).

2.3.1.1. Uçucu Küller

Uçucu kül (UK), termik santrallerde pulverize kömürün yanması sonucu meydana gelen ve baca gazları ile taşınarak siklon veya elektrofiltrelerde toplanan önemli bir yan ürün ve betonda mineral katkı olarak kullanılan yapay bir puzolandır (Kılıçaslan, 2018).

Uçucu kül üretimini; santral tipi, işletim biçimi, yakılan kömürün cinsi, yanma biçimi gibi çeşitli faktörler etkilemekle birlikte genel olarak elektrik enerjisi üreten termik santrallerde kullanılan taş kömürünün %10-15'ini, linyit kömürünün ise %20-50'si kül olarak ortaya çıkmaktadır (Güler vd., 2005). Şekil 2.23.'de uçucu kül görülmektedir.



Şekil 2.23. Uçucu kül

Türkiye’de halen elektrik üretmekte kullanılan termik santrallerden yılda 16 milyon tondan fazla endüstriyel atık olarak uçucu kül açığa çıkmaktadır. Uçucu kül miktarının artması çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir (Kılıçaslan, 2018). Uçucu küller inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Baba (2018) yaptığı çalışmada, bims, perlit ve termik santrallerden elde edilen taban külü kullanılarak ısı geçirgenliği düşük, yeterli basınç dayanımına sahip, hem de ekonomik bir malzeme üretmeyi amaçlamıştır. Bunun için iki farklı çimento dozunda 15 farklı karışım elde edilmiş, bu karışımlar 5x30x30cm ve 5x10x10cm’lik kalıplara dökülerek numuneler elde edilmiştir. 5x30x30cm’lik numunelerin değerlerinin düşük çıktığını tespit etmiştir.

Kut (2018) yaptığı çalışmada, yapılarda ısı yalıtımında kullanılabilecek geopolimer malzeme üzerine çalışmıştır. Bunun için sodyum metasilikat ve potasyum hidroksit ile

hazırladığı karışımlar içine endüstriyel atık olarak toz alüminyum oksit ve uçucu kül karıştırılarak numuneler elde etmiştir. Çalışma sonucu elde ettiği NK342 nolu numunenin 0.19 W/mK ısı iletim katsayısı ile piyasadaki gazbetona göre ısı iletkenliğinin yakın değere sahip olduğunu, D10 kodlu numunenin ise 0.085 W/mK ile gazbeton ve bimssten daha iyi bir ısı iletim katsayısı değeri sağladığını tespit etmiştir.

Artuntaş (2006) yaptığı çalışmada, termik santrallerden elde edilen uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım potansiyelini incelemiş ve olumlu sonuçlar elde etmiştir. UK kullanımının özellikle çimento, beton ve yapı malzemelerinin üretiminde daha yaygın olduğu tespit etmiş. Bununla birlikte UK 'ün zararlı ortamlara dayanıklılık, ekonomi ve çevreye etkisini inceleyen uzun süreli daha çok araştırmaya ihtiyaç bulunduğu sonucuna varmıştır.

Binici vd. (2012) yaptıkları çalışmada, pamuk atığı, uçucu kül ve barit ile ürettikleri sunta panellerin ısı, ses ve radyasyon geçirgenlikleri üzerine çalışmış ve üretilen hafif yapı malzemesi sunta levhaların ısı ve ses yalıtımında kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Çiçek ve Tanrıverdi (2017) yaptıkları çalışmada, uçucu küllerin hafif ve ısı yalıtımı yüksek tuğla olarak değerlendirilme imkanlarını araştırmışlardır. Uçucu kül, kum ve sönmüş kireç karışımlarının yüksek basınçta buhar ile kürlenmesi yöntemi kullanılarak çeşitli deney şartlarında tuğla örnekleri elde ederek, bu örnekleri teste tabi tutmuşlar ve termik santral uçucu küllerinden inşaat sektöründe kullanılabilecek nitelikte tuğlalar üretilebileceği konusunda ümit verici sonuçlar elde edilmişlerdir.

Kılıçaslan ve Tuzak (2018) yaptıkları çalışmada, köpük betonlara, uçucu kül karıştırarak ısı iletkenliği ve dayanım değişimleri incelemişlerdir. Bunun için 10x10x10cm'lik numuneler üretmiş ve her karışımdan 3 numune test etmişlerdir. Çalışma sonucunda uçucu kül kullanılmasının, köpük betonların basınç dayanımına olumlu yönde etki ettiği, ısı iletim katsayısında ise olumsuz yönde etki ettiğini tespit etmişlerdir.

Güler vd. (2005) yaptıkları çalışmada, uçucu küllerin özellikleri ve kullanım alanlarını incelemişler ve uçucu külün inşaat alanlarında, maden ve tünel gibi yapıların dolgu enjeksiyonlarında, çimento ve beton olarak köprü ayağı ve baraj duvarlarında, yol, otoyol, köprü gibi yapılar ile briket gibi inşaat malzemelerinde agrega olarak, tarım sektöründe ağaçlandırma ve çatı bahçelerinde, asfalt yollarda ve yol drenaj kanallarında dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Topçu ve Boğa (2005) yaptıkları çalışmada, beton borularda kullanılan betona, uçucu kül ve çelik lifleri ilavesi ile beton boruların tepe basınç yüküne dayanımına ne derece etki

edeceği üzerine çalışmışlardır. Bunun için 300, 350, 400 kg/m³ dozaj lifli ve uçucu küllü, 200mm çaplı 3 adet boru numunesi imal etmişlerdir. Karışım içine ağırlıkça % 0.4 çelik lif ağırlıkça çimento dozajının %15'i uçucu kül ilave etmişlerdir. Sonuç olarak basınç dayanımında %16 artış, çekme dayanımında %54 artış, eğilme dayanımında %100 artış, tepe basınç yükünde %130 artış olmak üzere, uçucu kül ve çelik liflerin boru üretiminde kullanılmasının çok faydalı olacağını tespit etmişlerdir.

Görhan vd. (2009) yaptıkları çalışmada, uçucu külün kimyasal, mineralojik ve morfolojik özellikleri üzerinde inceleme yapmışlardır. Uçucu külün toz kömürün termik santrallerde yaklaşık 1200 °C yakılmasıyla elde edildiğini, uçucu külün karakteristik özelliklerinin, kömür cinsi, santral tipi, yanma biçimi, yakma sistemi, işletim şekline göre değiştiğini hatta uçucu kül özelliklerinin aynı gün içerisinde yüklemelerden bile değişebileceğini tespit etmişlerdir.

Topçu ve Canbaz (2001) yaptıkları çalışmada, uçucu külün beton özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Bunun için Çayırhan Termik santralinden alınan uçucu kül, Eskişehir bölgesinden alınan agrega ve PK4/B (Portland Kompoze Çimento) ile elde edilen 300, 350 ve 400 kg/m³ dozajlı numunelerin her birine çimento yerine ağırlığın %20 ve %40'ı oranında uçucu kül ilave edilerek teste tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak uçucu kül kullanımı ne kadar artırılırsa dayanımın o kadar geç kazanılacağını tespit etmişlerdir.

Subaşı vd. (2011) yaptıkları çalışmada, uçucu kül ikameli çimentolara yüksek sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla %5-10-20 oranında uçucu kül ile TSEN 196-1 standardında referans kum kullanılarak 40x40x160mm boyutunda harç numuneleri hazırlamışlardır ve bu numuneleri 100-200-300-400-500-600°C sıcaklıklarında test etmişleridir. Sonuç olarak %5 oranında uçucu kül ikamesinin mekanik ve fiziksel özelliklere olumlu katkı sağladığını, %10'u uçucu kül ilaveli numunelerinde yüksek sıcaklığa karşı daha az zarar gördüğünü tespit etmişlerdir.

Binici vd. (2009) yaptıkları çalışmada, Afşin-Elbistan uçucu külü (UK) ile Kahramanmaraş Tekstil Fabrikalarının atık küllerinin (TK) betonda katkı olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarında Portland çimentosuna %10, %20,%30 oranında uçucu kül ve tekstil külü katılarak elde ettikleri numunelerde basınç dayanımının referans numunede 18-23 MPa arasında, uçucu kül ilaveli numunede 31-40 MPa aralığında, tekstil külü ilaveli numunede 36-43 MPa aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Ünal ve Uygunoğlu (2004) yaptıkları çalışmada, beton içerisinde farklı hacim oranında katılan yapay agregalar ile üretilen betonların donma ve çözülme özelliklerine

etkisini araştırmışlardır. Bunun için %10, %20, %30 oranında uçucu kül, %10, %15, %20 oranında mermer tozu beton içerisine katılmak suretiyle incelemeler yapmışlardır. Ürettikleri numunelerde yaptıkları incelemelerde taze beton işlenebilirliğine uçucu külün olumsuz bir etkisi olmayıp, mermer tozu işlenebilirliği zorlaştırmıştır. Basınç dayanımlarının, uçucu kül miktarı arttıkça referans numuneye göre çok az azalma olduğunu, mermer tozu artışının ise basınç dayanımını belirgin şekilde azalttığını tespit etmişlerdir.

Kara ve Bekem (2018) yaptıkları çalışmada, Artvin'deki bir çay fabrikasında yakılan kömüre ait külün beton üretiminde kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu maksatla %0, %5, %10, %15 oranında kömür külü ikameli çimento kullanarak 4 adet C20/25 sınıfı beton numunesi hazırlanmışlardır. Sonuçta 7. Günde %5 kömür külü katkılı numunenin, katkısız numuneye göre basınç dayanımının %19.7 ultra ses geçiş hızının %3.4 oranında arttığını ayrıca bu külün %15 kadarda çimento ikamesi kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Karahan (2006) yaptığı çalışmada, çelik ve polipropilen lif ile güçlendirilmiş normal ve uçucu kül katkılı betonların özelliklerini incelemişlerdir. Bu amaçla hacimce %0,05, %0,1, %0,2 oranında polipropilen lif, %0,25, %0,5, %1, %1,5 oranında çelik lif, ve %0, %15 ve %30 uçucu kül ilaveli numuneler elde etmiştir. Numuneler üzerinde yaptığı testlerde polipropilen lifin %0,05 oranından sonra beton dayanımına etki etmediğini, çelik liflerin betonun tokluk aşınma dayanımı, çekme dayanımı, eğilme dayanımına olumlu yönde etkilediğini ve uçucu külün, katkısız ve lifler ile güçlendirilmiş betonda mineral katkı olarak kullanılabileceği tespit etmiştir.

Ünal ve Uygunoğlu (2004) yaptıkları çalışmada uçucu kül agrega ve PKÇ32.5 çimentosunu kullanarak ürettikleri betona, uçucu kül ikamesinin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla çimento miktarının ağırlıkça %10, %20, %30, %40 oranlarında uçucu kül ikame edilmiş numuneler üretmişlerdir. Numuneler üzerinde yapılan incelemelerde referans katkısız betona göre %10-%20 uçucu kül katkılı betonun dayanım değerleri artmasına rağmen, uçucu kül miktarının daha fazla artması durumunda ise beton dayanımını olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir.

2.3.1.2. Yüksek Fırın Cürufu

Yüksek fırın cürufu (YFC), pik demir üretiminde yüksek fırınlarda demir filizinin içerdiği safsızlıklar, yakıt olarak kullanılan kokun külü ve filizin demire indirgenmesini

kolaylaştırmak üzere kullanılan kalkerin yanma sonrası kalıntılarından oluşur ve 1400-1600°C’de eriyik halde elde edilir (Tokyay, 2014).

Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimleri, hammaddelerin beslenmesine ve ergitme işlemlerine bağlıdır. Cüruf miktarı ise malzemeye bağlıdır. 1 ton sıcak metalden yaklaşık 200-600 kg cüruf elde edilmektedir (Uysal, 2018). Şekil 2.24.’de yüksek fırın cürufu görülmektedir.



Şekil 2.24. Yüksek fırın cürufu

Yüksek fırın cürufu, inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Binici vd. (2012) yaptıkları çalışmada, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis kumu ve pomzanın, NaOH ile aktive edilerek geopolimer beton üretiminde kullanılmasını amaçlamışlardır. Sonuç olarak, yüksek fırın cürufu ile elde edilen geopolimerin su emme oranı diğer numunelere göre daha düşük ve bu numunelerin eğilme ve basınç dayanımları diğerlerine göre çok daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Mahmut ve Emiroğlu (2016) yaptıkları çalışmada, Elazığ ferrokrom cürufunu çimento inceliğinde öğütürerek, NaOH-Na₂SiO₃’ ile 40’, 65’ ve 90’C de alkali aktive edilmiş harç üretilme potansiyeli üzerine çalışmışlardır. Hazırladıkları harç numunelerindeki incelemelerinde 15MPa dayanım değeri üstünde harç üretebileceklerini tespit etmişlerdir.

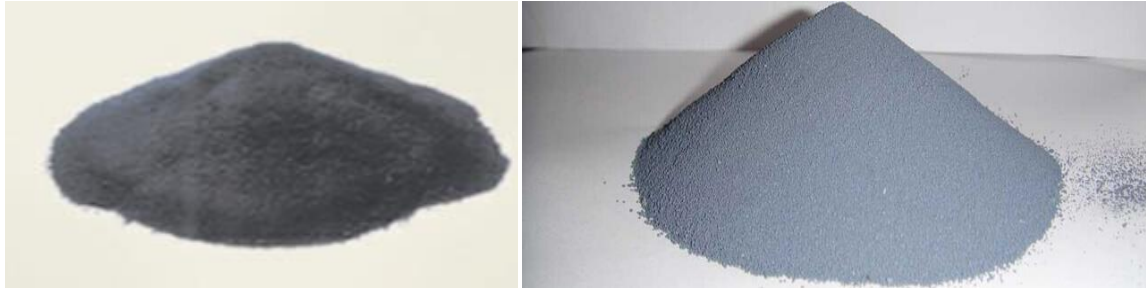
Öner ve Yıldırım (2005) yaptıkları çalışmalarında, öğütülmüş yüksek fırın cürufu (ÖYFC) içeren ve içermeyen betonlar ile doğal kum ve kırma taş kumunun belli oranlarda yer değiştirmesiyle elde ettikleri betonların donma-çözülme dayanımı ile eğilme ve basınç dayanımına etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla bağlayıcı miktarının tamamı çimento olan bir grup, bağlayıcı oranı %30 ÖYFC olan bir grup, kırma kum miktarı ile ince agrega ile oranı %0, %25, %50, %75, %100 olacak şekilde numuneler üretmişlerdir. Numuneler üzerinde yapılan testlerde, kırma taş kum miktarının artmasıyla eğilme basınç

dayanımlarında artmanın olduğu, ÖYFC ilaveli betonlarında referans katkısız betona göre erken yaşlardaki donma-çözülme dayanıklılığının azaldığını tespit etmişlerdir.

2.3.1.3. Silis Dumanı

Silis dumanı (SD), yüksek saflıkta kuvarsitin silisyum veya ferrosilisyum alaşım endüstrisinin bir yan ürünüdür ve elektrik ark fırınlarında kok kömürü ile indirgenmesi sonucu elde edilen gri renkli bir tozdur. SiO gazı fırının düşük sıcaklıktaki üst bölümlerinde hava ile temas ederek hızlı okside olur ve amorf silis olarak yoğunlaşarak silis dumanı bileşiminin hemen tamamını oluşturur (Topçu, 2001).

Baca gazı ile fırın dışına çıkan silis dumanı torba flitrelerde toplanır. Ülkemizde silis dumanı Antalya Ferrokrom tesislerinde elde edilmekte olup yıllık üretim miktarı 500-1000 ton civarındadır (Tokyay, 2014). Şekil 2.25.'de silis dumanı görülmektedir.



Şekil 2.25. Silis dumanı

Silis dumanı, inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Kara ve Yazıcıoğlu (2016) yaptıkları çalışmada, %10 silis dumanı (SD) ile çeşitli oranlarda mermer tozu (MT) atığı ile ürettikleri beton numunelerinde karbonatlaşma ile meydana gelen mekanik ve fiziksel değişimleri incelemişlerdir. Bu amaçla katkısız referans bir numune, %5, %10, %15 mermer tozu ikameli numune, %10 silis dumanı ikameli numune, %10 SD+%5 MT'li numune, %10SD+%10MT'li numune ve %10SD+%15 MT ikameli C30 sınıfı numuneler üretmişlerdir. Daha sonra numunelere 28 gün boyunca standart kür uygulanmış, 56 gün boyunca da karbonatlaşma tankında bekletmişlerdir. Sonuçta numuneler üzerinde yapılan testlerde farklı oranlarda MT ve SD içeren numunelerin referans numuneye göre karbonatlaşma derinliği arttıkça aşınma

miktarının düştüğünü, basınç dayanımının arttığını ve kapilarite katsayılarının azaldığını tespit etmişleridir.

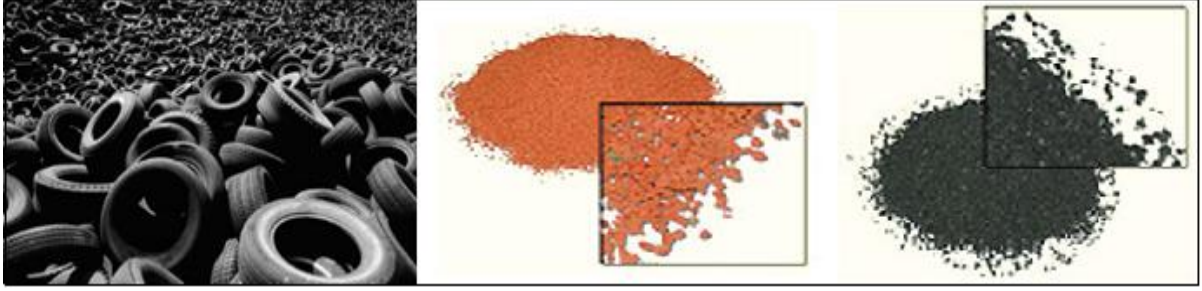
Tokyay (2014) yaptığı çalışmada, betondaki önemli mineral katkı olan silis dumanı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun özellikleri, üretimleri ve betonda kullanılmaları halinde, betonun taze ve sertleşmiş haldeki dayanım özelliklerine etkilerini araştırmaya çalışmıştır. Ayrıca bu minerallerin betonda kullanımı ile ilgili uluslararası standartları gözden geçirmiştir.

Yıldız ve Yalınbaş (2006) yaptıkları çalışmada, yapı alçılarının belirli oranlarda silis dumanı ile yer değiştirilerek kullanılması durumunda basınç dayanımında meydana gelen değişim araştırmışlardır. Yapı alçısı olarak kullanılan kartonpiyer alçısının silis dumanı ile hacimce %5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında yer değiştirmesi neticesinde elde edilen numunelerin, birim ağırlık, hacimce su emme oranı ve basınç dayanımı açısından iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

2.3.1.4. Lastik Atıklar

Ömrünü tamamlamış lastik (ÖTL), faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılamayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastiklere denir (Resmi gazete, 2016).

ÖTL haline gelmiş tonlarca atık lastik öğütücü makinelerde kırılarak kauçuk ve çelik parçalara ayrılır. Çelik teller mıknatıs özelliğı olan bantlarda kauçuktan ayrıştırılır. Parçalanmış malzemeler mikron seviyesinden muhtelif büyüklüklerde granül haline getirilir. Bu ürünler sanayide ve çevre ile ilgili faaliyetlerde hammadde olarak değerlendirilir. Özellikle bu lastikler günümüzde inşaat sektöründe geri dönüştürülebilir veya geri kazanılabilir malzeme olarak yalıtım katsı olarak ta kullanılabilmektedir (URL-13). Şekil 2.26.'de lastik atıklar görölmektedir.



Şekil 2.26. Lastik atık

Lastik atıklar, inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Koçak ve Alpaslan (2011) yaptıkları çalışmada, atık lastiklerin çimento ve beton sektöründe kullanım potansiyellerini incelemiş, bu göre betonda ince öğütülmüş atık lastik kullanımı ile her ne kadar betonun çekme ve basınç dayanımı bakımından istenen sonuçlara ulaşılmassa da, sıcaklıktan kaynaklanan büzülme çatlaklarının büyük ölçüde azalması, titreşim ve darbelere karşı dayanım kazanması, daha düşük birim ağırlık ve yüksek tokluk kazanması gibi avantajlara sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Yeşilata ve Turgut (2005) yaptıkları çalışmada, ileri yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılarının ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntemleri irdelemişlerdir. Mevcut teknikler kullanarak farklı miktar ve dizilişte hurda lastik içeren betonların yalıtım özelliklerine yönelik sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır.

Memiş (2007) yaptığı çalışmada, plastik atıkların tekrar değerlendirilmesini amaçlamış, bu sebeple plastik atık alanlarından toplanan atıkların laboratuvar ortamında 4mm çapında öğütülerek bina dış sıvalarında agregaya yerine kullanmıştır. Dış sıvadaki %0, %2.5, %5, %7.5, %10 ağırlığındaki agregaya miktarının yerine öğütülmüş plastik atıklar katılmış ve hazırlanan sıva numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda plastik atıklı sıvalarda; eğilme, basınç dayanımları ile özgül ve birim ağırlığının düştüğü, ısı iletkenliğinin azaldığı, su emme oranının arttığı, çatlak oluşumunun azaldığı tespit etmiştir.

2.3.1.5. Tekstil Atıklar

Tekstil atıkları; lif, tekstil ve hazır giyim üretim sanayii, tüketiciler, ticari ve hizmet endüstrilerine ilişkin çok sayıda süreçten ortaya çıkan atıklardır. Bu atıklardan birincisi suni iplik fabrikalarından çıkan atıklar, ikincisi tekstil imalatı atıkları, üçüncüsü ise

tüketicilerin tekstil atıklarıdır. Bu atıklar; parça kumaş, iplik atıkları, şilte (pamuk balyalarında kullanılan kanaviçe), elyaf atığı, pamuk tozu, üstübü ve kadife tozu gibi endüstriyel katı atıklardan oluşmaktadır (Eser, 2016). Şekil 2.27.'de tekstil atıklar görülmektedir.



Şekil 2.27. Tekstil atıkları

Tekstil atıkları, inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Üçgül ve Turak (2015) yaptıkları çalışmada, tekstil katı atıklarının geri dönüşümü ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi konusunda çalışmışlar ve çimento-ince kum karışımı içerisine yün ve pamuk elyaf atıkları, pamuk ipliği ve kâğıt atıkları eklenerek blok numuneler hazırlamışlardır. Hazırlanan bloklardan bir tanesi sade olmak üzere 4 tane çimentodan oluşan bloklar hazırlamışlardır. Pamuk, yün, kâğıt ve kumaş atıkları beton bloklar arasına şilte halinde konulup ölçüm yapıldığında ısı iletim katsayısını oldukça düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Kalkan (2017) yaptığı çalışmada, tekstil sektöründe büyük miktarda oluşan atık maddelerin tekrar kullanımı, ekonomiye katkıda bulunulması ve kirliliğin önlenmesini temel amaç edinerek tekstil atıklarının lif katkıları olarak harç üretiminde ve hafif yapı malzemesi üretimindeki potansiyelini incelemiştir. Bu bağlamda dört farklı türdeki tekstil atık lifleri ile elde edilen sıvaların binalarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2.3.1.6. Tarımsal Atıklar

Tarımsal atık, her türlü bitkisel ve hayvansal ürün elde edilirken, ürünün işlenmesi sırasında veya sonrasında ortaya çıkan atıklardır. Bu atıklar, göl kamışı, ayçiçeği çekirdeği, keten kenevir sapı, şeker kamışı, fındık kabuğu, yerfıstığı kabuğu, antepfıstığı kabuğu, buğday sapları, pirinç sapları, ayçiçeği sapları, tütün sapları, pamuk çekirdeği, çay

fabrikası atıkları olarak sayılabilir (Çolakoğlu, 2018). Şekil 2.28.'de tarımsal atıklar görülmektedir.



Şekil 2.28. Tarımsal atıklar

Tarımsal atıklar, inşaat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılmakla beraber, konu hakkında yapılan çalışmalara ait literatür araştırmaları aşağıdaki belirtilmiştir.

Binici (2014) yaptıkları çalışmada, mısır koçanı katkılı ısı yalıtım malzemesi üretimi üzerine çalışmış ve mısır koçanı katkılı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısının 0.075 W/mK 'e kadar düştüğünü tespit etmişlerdir.

Kara (2018) yaptığı çalışmada, Artvin de bulunan bir çay fabrikasından tedarik edilen çay atığının (CA) doğal lif olarak kullanılması durumunda betonun özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu sebeple C20/25 sınıfı 1 m³ beton karışıma 0, 1, 3, 5, 7 ve 9 kg çay atığı eklenerek 6 farklı beton numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde yapılan testlerde çay atığı (CA) takviyesinin betondaki boşlukları doldurduğu, su ihtiyacını artırdığı, 1 m³ betonda 7kg'a kadar kullanımı, basınç ve eğilme dayanımı ve ultrases geçiş hızını artırdığını tespit etmiştir.

2.4. Çalışmanı Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel bir atık olan uçucu kül'ün son yıllarda yalıtım sektöründe sıkça kullanılan, daha çevreci ve işçilik maliyeti düşük olan ısı yalıtım sıvasına,

%10, %20, %30, %40 oranında ikame edilmesi durumunda, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini incelemektir. Böylece hem endüstriyel bir atık olan uçucu külün, yalıtım sektöründe de kullanılması böylece çevresel etkilerinin azaltılması ayrıca ısı yalıtım sıvasına ısı direnç konusunda katkıda bulunarak konutlarda ısıtma giderlerini azaltılıp, ülke ekonomisine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında;

- Isı iletim katsayısı tespiti için Referans, %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikameli 3x3x10 cm ebatında sıva numuneleri üretilmiştir.
- Eğilme dayanımı, Basınç dayanımı, Yoğunluk ve Su emme deneyleri için Referans, %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikameli 4x4x16 cm ebatında kırış numuneleri üretilmiştir.

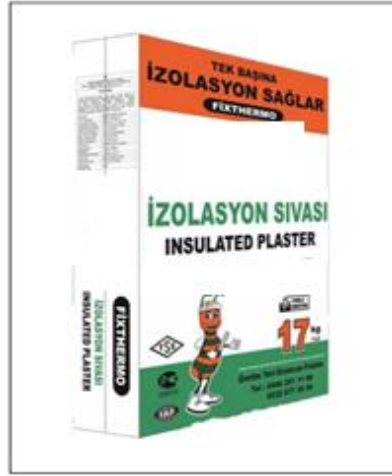
Üretilen numuneler ile ısı iletim katsayısı (λ), eğilme dayanımı, basınç dayanımı, yoğunluk ve su emme değerleri tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Yalıtım Sıvası

Çalışmamızda materyal olarak, 2016 yılından beri üretim yapmakta olan bir firmanın izolasyon sıvası kullanılmıştır. Şekil 3.1.'de izolasyon sıvası görülmektedir.



Şekil 3.1. İzolasyon sıvası

Isı yalıtımı yapılacak binalarda tuğla, birket, gazbeton, bürüt beton vb. gibi yüzeylere direkt uygulanan doğal perlit esaslı, kalsiyum, organik ve inorganik bağlayıcılar içeren ısı yalıtım sıvasıdır. Tablo 3.1.'de izolasyon sıvasına ait teknik özellikler görülmektedir.

Tablo 3.1. İzolasyon sıvasına ait teknik değerler

Malzeme yapısı	Doğal perlit, kalsiyum organik ve inorganik bağlayıcılar .	Isı iletkenlik (λ)	0.054 W/mK
Renk	Doğal rengi beyazdır. (İsteğe bağlı renklendirilebilir)	Kuru yoğunluk	300±50Kg
Uygulama kalınlığı	Bir seferde 0.5-9.5 cm'ye kadar uygulanabilir.	Yangın Dayanımı	A1
Tüketim	5.0kg/m ² (1cm kalınlık için)	Kılcal su emme	W1
Uygulama sıcaklığı	3-45 °C arasında olmalıdır.	Ses geçirgenlik seviyesi(db)	68.3dB(350 Hz 3 cm kalınlık için)
Ambalaj	17 ±1 Kg Kraft torba	Bağ dayanımı	0.286 N/mm ²
Raf ömrü	Kuru ortamda 12 aydır.	Basınç dayanımı	CSI

3.1.2. Uçucu Kül

Yapılan çalışmada Afşin Elbistan Termik santralinden alınmış uçucu kül kullanılmıştır. Bu kül koyu kahve renkte olup ara ara yanmamış karbon taneleri içermektedir. Şekil 3.2.'de örnek uçucu kül görülmektedir.



Şekil 3.2. Afşin Elbistan uçucu külüne ait bir görünüm

Afşin Elbistan termik santrali ülkemizdeki en yüksek enerji üretme kapasitesine sahip tesislerden biridir ve en çok uçucu kül ortaya çıkaran santraldir (URL-14). Örnek aldığımız uçucu küle ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Afşin Elbistan uçucu külüne ait fiziksel ve kimyasal özellikler

Kimyasal Analiz		Fiziksel Testler	
Bileşen (%)	Uçucu Kül	Fiziksel Özellikler	Bileşenler
SiO ₂	29.24	İncelik (45 µ elek üstü %)	50.68
Al ₂ O ₃	11.49		
Fe ₂ O ₃	6.67	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.54
CaO	37.84		
MgO	1.86	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	1834
Na ₂ O	0.38		
K ₂ O	0.69	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2 saat-30 dk
SO ₃	4.70		
Cr ₂ O ₃	0.054	Priz Sonu(saat-dk)	3 saat-15 dk
Mn ₂ O ₃	0.059		
P ₂ O ₅	0.494	Hacim Genişlemesi(mm)	0
TiO ₂	0.49		
ZnO	0.001	Su İhtiyacı (%)	27.4
KK	2.31		
Toplam	96.27	Su miktarı (gr)	137
SCaO	4.51		

3.2. Metod

3.2.1. Isı İletim Katsayısı Tayini

Çalışma Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Isı iletkenlik deneyi için, numune olarak örnek yalıtım sıvasından ve uçucu külden Tablo 3.3. belirtilen karışım oranlarında, ikame edilmiş ve Referans, %10, %20, %30, %40 uçucu kül katkılı numuneler elde edilmiştir. Numuneler Şekil 3.3.'te görülen 10x10x3cm ebatındaki ahşap kalıp kullanılarak üretilmiştir.

Tablo 3.3. Numunelerin karışım miktarları

NUMUNE	Isı yalıtım sıvası (g)	Uçucu kül (g)	Su (ml)
Referans	300	0	300
%10 katkılı	270	30	300
%20 katkılı	240	60	300
%30 katkılı	210	90	300
%40 katkılı	180	120	300



Şekil 3.3. Isı iletim katsayısı tespiti için numune kalıbı

İlk olarak Tablo 3.3. belirtilen miktarlarda yalıtım sıvası, uçucu kül ve su Şekil 3.4.'te görülen bir kabın içerisine konulmuş ve el mikseri ile homojen bir karışım oluşturacak şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra ahşap kalıp, numunelerin kalıptan kolay çıkarılması için yağlandıktan sonra karışım kalıba dökülerek 3 gün katılaşması beklenmiştir. Her karışım oranından 3 adet olacak şekilde Şekil 3.5.'te görüldüğü gibi deney numuneleri üretilmiştir.



Şekil 3.4. Numune karışımlarının hazırlanışı



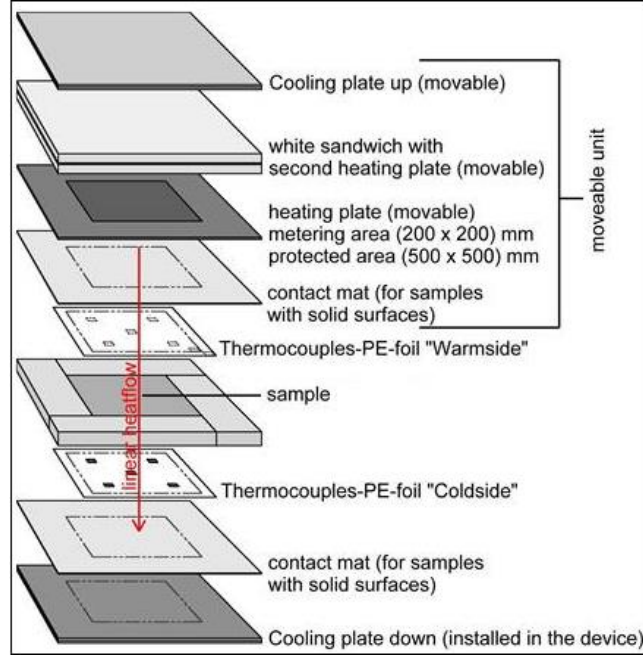
Şekil 3.5. Numune karışımlarının kalıba dökülmesi

Isı iletkenlik deneyi için Şekil 3.6.'de gösterilen Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarındaki Taurus TLP 300 tipi, ısı iletim katsayısı tespit cihazı kullanılmıştır.



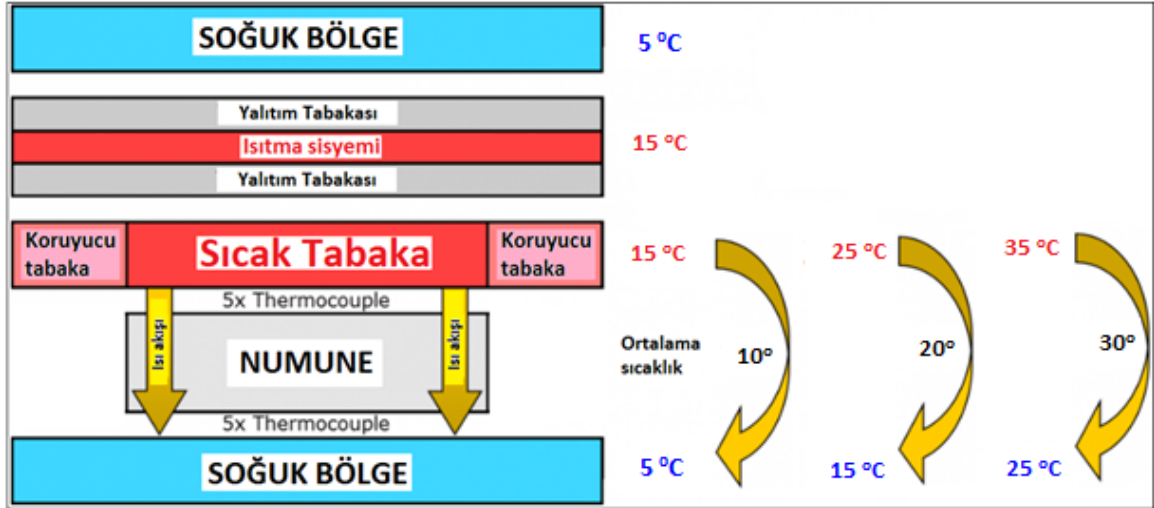
Şekil 3.6. Taurus TLP 300 Isı iletim katsayısı tespit cihazı

Cihaz, TS EN 12664, TS EN 12667, TS EN 12939 standartları esas alınarak ölçüm yapmaktadır. Cihazın ölçüm yapan iç aksamı Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Taurus TLP 300 cihazın iç aksamı

İlk olarak cihaz çalıştırılmadan önce sistemin dengeye getirilmesi gereken ortalama sıcaklık değerleri olarak 10°C, 20°C ve 30°C girilmiştir. Cihazın çalışma prensibi Şekil 3.8.'de gösterildiği üzere, üst tarafta ısıtıcı sensör ve alt tarafta bulunan soğuk yüzeydeki sensör ile kademeli olarak ısı artırılarak ölçüm yapılır. 1.kademede yaklaşık 7 saatlik bir peryotta numunenin üst kısmı 15°C, alt kısmı 5°C ve ortalama sıcaklık 10°C olacak şekilde sistemin rejime girmesi sonucu 3 adet λ (lamda) değeri tespit edilir. 2.kademede yaklaşık 7 saatlik bir peryotta numunenin üst kısmı 25°C, alt kısmı 15°C ve ortalama sıcaklık 20°C olacak şekilde sistemin rejime girmesi sonucu 3 adet λ (lamda) değeri tespit edilir. 3.kademede yine yaklaşık 7 saatlik bir peryotta numunenin üst kısmı 35°C, alt kısmı 25°C ve ortalama sıcaklık 30°C olacak şekilde sistemin rejime girmesi sonucu 3 adet λ (lamda) değeri tespit edilir. Cihaz 7 saatlik peryotdaki 3 farklı sıcaklık testi sonucunda 21 saat sonra, çıkan λ değerleri ve sıcaklık arasında bir bağlantı kurarak numuneye ait λ değerini tespit etmektedir.



Şekil 3.8. Taurus TLP 300 çalışma şeması

Isı iletim katsayısı tespiti için Şekil 3.9.'da ürettiğimiz numuneler, Taurus TLP 300 cihazının Şekil 3.10.'da görülen soğuk tarafta bulunan sensör üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra üzerine sıcak taraftaki ısıtıcı sensör yerleştirildikten sonra numune, ısıtıcı sensörler arasında 200 N'luk bir kuvvetle sıkıştırılmıştır. Cihaz çalıştırılarak yaklaşık 21 saat sonra numunenin ısı iletim katsayısı tespit edilmiştir.



Şekil 3.9. Isı iletim katsayısı tespit edilen numune örnekleri



Şekil 3.10. Numune örneklerinin Taurus TLP 300 cihazına yerleştirilmesi ve ısı iletim katsayıları λ (lamda) değerlerinin tespiti

3.2.2. Eğilme Dayanımı Tayini

Eğilme dayanımı deneyi için, numune olarak Tablo 3.3. belirtilen karışım oranlarında, yalıtım sıvası ve uçucu kül karışımları, Şekil 3.11.'de görülen 4x4x16cm ebatındaki kalıp kullanılarak üretilmiştir.



Şekil 3.11. Eğilme ve basınç deneyi için numune kalıbı

Şekil 3.12.'de görülen sıva karışımları, kalıp yağlanıp kalıba dökülerek 3 gün katılaşması beklendikten sonra kalıptan çıkarılmıştır. Böylece, eğilme ve basınç deneyi için Referans, %10, %20, %30, %40 uçucu kül katkılı karışımların her birinden 6 adet olmak üzere toplam 30 adet numune üretilmiştir.



Şekil 3.12. Üretilen eğilme ve basınç deneyi numuneleri

Eğilme dayanımı deneyi, 4x4x16 cm ebadında her karışım oranına ait 6 adet yalıtım sıvası numunesi üzerinde TS EN 191-1’de belirtilen esaslara göre yapılarak, kırılma yükleri tespit edilmiş, Eğilme dayanımı hesaplamasında kullanılan denklem aşağıda gösterilmiştir (TS EN 191-1).

Eğilme dayanımının hesaplanmasında;

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times L}{b^3}$$

eşitliği kullanılmıştır.

R_f = Eğilme dayanımı, (MPa),

b = Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu, (mm),

F_f = Prizmanın kırıldığı anda uygulanan kuvvet, (N),

L = Mesnet silindirler arasındaki uzaklık, (mm)

ifade etmektedir (TS EN 191-1).

Eğilme dayanımı deneyi için Şekil 3.13.’de görülen eğilme dayanımı test cihazı ve eğilme kuvveti tespitinde, numunelerin yerleştirildiği aparat kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Eğilme dayanım deneyi testinde kullanılan makine ve aparat

Eğilme dayanımı deneyi için Şekil 3.14.’de görüldüğü gibi 4x4x16cm ebatındaki numuneler aparat içerisine yerleştirilerek eğilme dayanımı test cihazında, numune kırılincaya kadar yüke maruz bırakılmış ve kırılma anındaki yük, test cihazından ölçülmüştür.



Şekil 3.14. Eğilme dayanım deneyinde kullanılan numunenin yük ile kırılması

3.2.3. Basınç Dayanımı Tayini

Basınç dayanımı deneyinde, 4x4x16 cm ebadında her karışım oranına ait 12 adet yalıtım sıvası numunesi üzerinde TS EN 191-1’de belirtilen esaslara göre yapılarak, kırılma yükleri tespit edilmiş, Basınç dayanımı hesaplamasında kullanılan denklem aşağıda gösterilmiştir (TS EN 191-1).

Basınç dayanımının hesaplanmasında;

$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

eşitliği kullanılmıştır.

R_c = Basınç dayanımı, (MPa),

F_c = Kırılmadaki en büyük yük, (N),

A = Numune alanı, (1600 mm²)

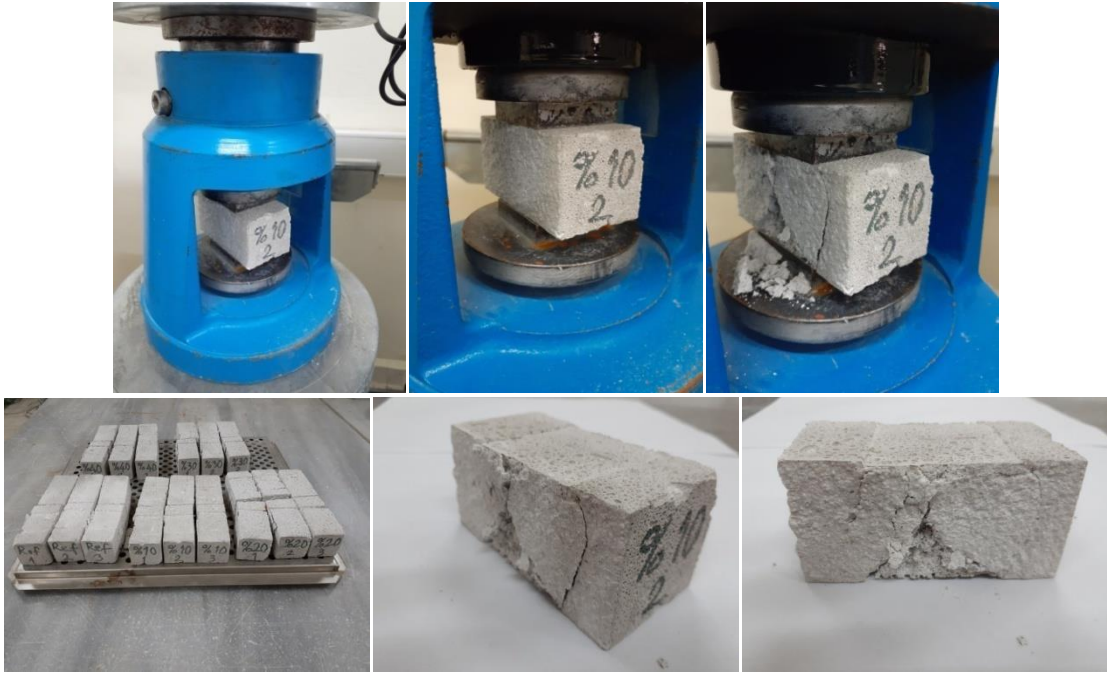
ifade etmektedir (TS EN 191-1).

Basınç dayanımı deneyi için, eğilme dayanım testinde kırılan kiriş örnek parçaları, Şekil 3.15.’de görülen, basınç dayanımı test cihazı ve aparat kullanılarak kırılmıştır.



Şekil 3.15. Basınç dayanım deneyi testinde kullanılan makine ve aparat

Şekil 3.16.'da görüldüğü gibi eğilme dayanım testinde kırılan, 4x4x16cm ebatındaki her bir karışıma oranına ait 12 adet kiriş numune parçasından elde edilen 60 adet numune üzerine basınç dayanımı testi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.16. Basınç dayanım deneyinde kullanılan numunenin yük ile kırılması

3.2.4. Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayin deneyi için, 4x4x16cm ebatlarındaki numuneler, Şekil 3.17.'de gösterilen havuzda 2 gün bekletildikten sonra alınarak su dolu bir kaba bırakılıp taşıdığı su miktarı ml (cm³) olarak ölçülmüştür. Daha sonra numunelerin, hassas terazi ile kütlesi ölçülmüştür. Numune kütlesinin, taşıdığı su hacmine bölünmesiyle g/cm³ olarak numune yoğunlukları tespit edilmiştir.

Yoğunluk tayini hesaplanmasında;

$$d = \frac{M}{V}$$

eşitliği kullanılmıştır.

d= Yoğunluk, (g/cm³),

M= Kütle, (g),

V = Hacim, (cm³), ifade etmektedir.



Şekil 3.17. Numuneleri havuzda bekletilmesi ve yoğunluk tayini

3.2.5. Su Emme Tayini

Su emme tayin deneyi için, 4x4x16cm ebatlarındaki numuneler, Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarında bulunan ve Şekil 3.17.'de gösterilen havuzda 2 gün bekletildikten sonra alınarak, Şekil 3.18.'de gösterilen hassas terazide suya doymun ağırlığı gr olarak ölçülmüştür. Daha sonra numuneler Şekil 3.18.'de gösterilen etüvde, 110°C'de yaklaşık 24 saat kurutulduktan sonra hassas terazide kuru ağırlığı ölçülmüş ve su emme oranları tespit edilmiştir.



Şekil 3.18. Numunelerin etüvde kurutulması ve ağırlıklarının ölçülmesi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Isı İletim Katsayısı

Çalışmamızda hazırladığımız, Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli 10x10x3cm ebatındaki numuneler her karışım oranı için 3 adet olmak üzere toplam 15 adet numune, Taurus TLP 300 cihazında analiz edilmiştir. Cihaz yaklaşık her numune analizini, yaklaşık 21 saatte yapmış ve 7 saat aralıkla, numunenin üst ve alt kısımlarındaki sıcaklık ile ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 15-5-10 °C, 25-15-20 °C, 35-25-30 °C olacak şekilde numuneye ısı vermiş ve Ekler kısmındaki analiz raporları ile elde edilen veriler doğrultusunda her bir karışım oranlarına ait ortalama ısı iletim katsayıları (λ)'na ilişkin istatistiksel veriler Tablo 4.1.' de görülmektedir.

Tablo 4.1. Isı iletim katsayısına ait veriler

İkame Oranı	Numune Sayısı	Aritmetik Ortalama (W/mK)	Standart Sapma	En Küçük Değer	En Büyük Değer	Referansa Göre Değişim
Referans	3	0.1063	0.0004	0.1059	0.1067	-----
% 10	3	0.0834	0.0006	0.0815	0.0853	- %21.54
%20	3	0.0762	0.0011	0.0750	0.0771	- %28.32
%30	3	0.0791	0.0006	0.0784	0.0796	- %25.59
%40	3	0.0962	0.0028	0.0942	0.0994	- %9.50

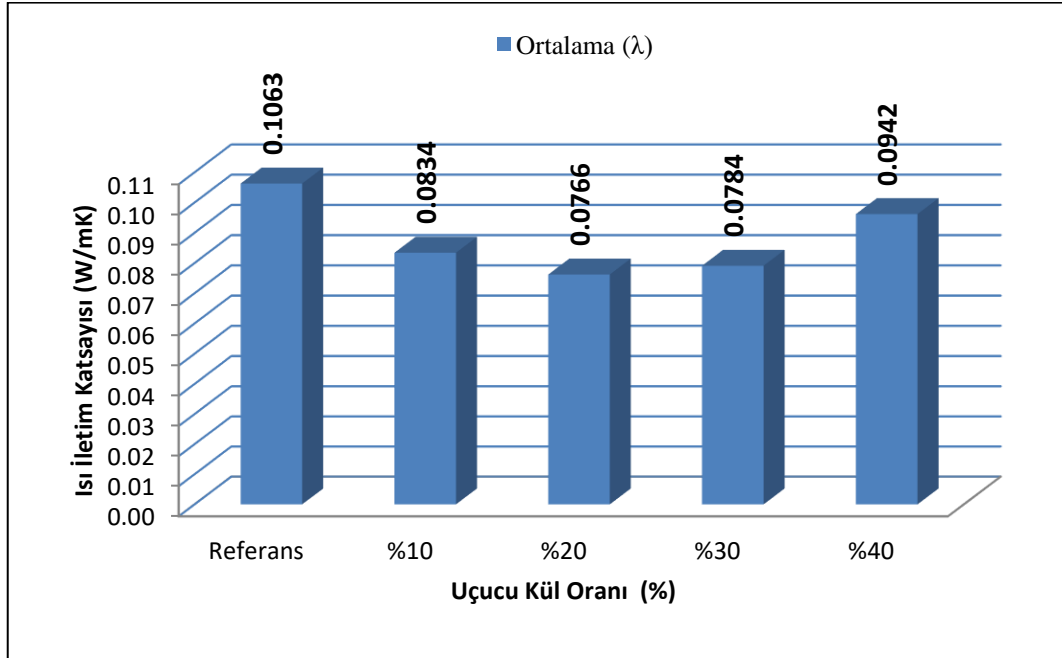
Hazırlanan her sıva karışım oranına ait ısı iletim katsayıları (λ) değerlendirildiğinde;

- Referans ısı yalıtım sıvasına ait numunelerin, sırasıyla $\lambda_1=0.1063$ W/mK, $\lambda_2=0.1059$ W/mK, $\lambda_3=0.1067$ W/mK ısı iletim katsayısına sahip olduğu, karışım oranının ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{ort}=0.1063$ W/mK olduğu,
- %10 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunelerin, sırasıyla $\lambda_1=0.0834$ W/mK, $\lambda_2=0.0815$ W/mK, $\lambda_3=0.0853$ W/mK ısı iletim katsayısına sahip olduğu, karışım oranlarına ait ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{ort}=0.0834$ W/mK olduğu,
- %20 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunelerin, sırasıyla $\lambda_1=0.0766$ W/mK, $\lambda_2=0.0771$ W/mK, $\lambda_3=0.0750$ W/mK ısı iletim katsayısına

sahip olduğu, karışım oranlarına ait ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{\text{ort}}=0.0762$ W/mK olduğu,

- %30 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunelerin, sırasıyla $\lambda_1=0.0784$ W/mK, $\lambda_2=0.0793$ W/mK, $\lambda_3=0.0796$ W/mK ısı iletim katsayısına sahip olduğu, karışım oranlarına ait ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{\text{ort}}=0.0791$ W/mK olduğu,
- %40 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunelerin, sırasıyla $\lambda_1=0.0942$ W/mK, $\lambda_2=0.0994$ W/mK, $\lambda_3=0.0951$ W/mK ısı iletim katsayısına sahip olduğu, karışım oranlarına ait ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{\text{ort}}=0.0962$ W/mK olduğu,
- Yalıtım sıvasına %10, %20, %30, %40 oranında uçucu kül ikamesinin, referans yalıtım sıvasına göre, sırasıyla ortalama ısı iletim katsayısını %21.54, %28.32, %25.59, %9.50 oranında azaldığı görülmüştür.

Tespit edilen her karışım oranı ait ortalama ısı iletim katsayıları Şekil 4.1. grafikte görülmektedir.



Şekil 4.1. Ortalama ısı iletkenlik katsayıları (λ)

4.2. Eğilme Dayanımı

Hazırlanan, 28 günlük 4x4x16cm ebatındaki, Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli sıva numuneleri, her karışım oranından 6 adet olmak üzere toplamda 30 adet olacak şekilde, eğilme dayanımı test cihazında test edilerek, eğilme dayanımına ait veriler Tablo 4.2.'de görüldüğü gibi tespit edilmiştir.

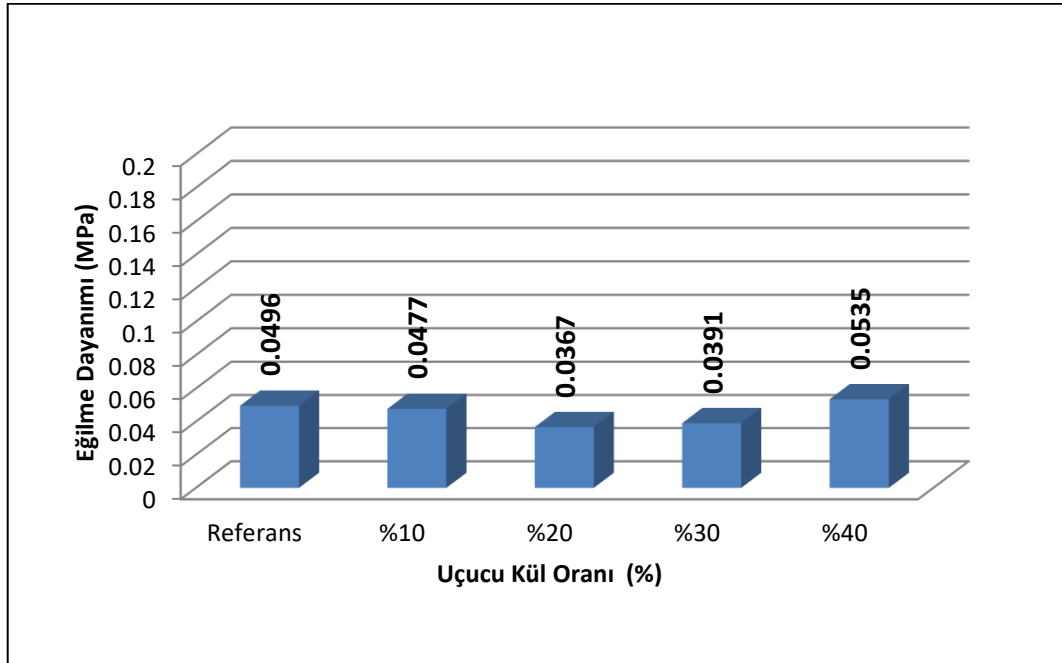
Tablo 4.2. Eğilme dayanımına ait veriler

İkame Oranı	Numune Sayısı	Aritmetik Ortalama (MPa)	Standart Sapma	En küçük Değer	En Büyük Değer	Referansa Göre Değişim
Referans	6	0.0496	0.0034	0.0469	0.0539	-----
%10	6	0.0477	0.0062	0.0422	0.0563	- %3.83
%20	6	0.0367	0.0102	0.0258	0.0539	- %26
%30	6	0.0391	0.0072	0.0258	0.0469	- %21.16
%40	6	0.0535	0.0048	0.0469	0.0586	+ %7.86

Hazırlanan her sıva karışım oranına ait eğilme dayanımı (R_f) değerlendirildiğinde;

- Referans ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_f=0.0496$ MPa olduğu,
- %10 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_f=0.0477$ MPa olduğu,
- %20 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_f=0.0367$ MPa olduğu,
- %30 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_f=0.0391$ MPa olduğu,
- %40 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_f=0.0535$ MPa olduğu,
- Yalıtım sıvasına %10, %20, %30 oranında uçucu kül ikamesinin, Referans yalıtım sıvasına göre, sırasıyla ortalama eğilme dayanımını %3.83, %26, %25.59, %21,16 oranında azaldığı, %40 oranında uçucu kül ikamesinin ise %7,86 oranında artırdığı görülmüştür.

Tablo 4.2.'de tespit edilen veriler doğrultusunda, Şekil 4.2.'de Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli yalıtım sıvası numunelerinin eğilme dayanımları (R_f) gösterilmiştir.



Şekil 4.2. 28 günlük yalıtım sıvası karışımlarına ait ortalama eğilme dayanım değerleri

4.3. Basınç Dayanımı

Eğilme testinden çıkan, 28 günlük 4x4x16cm ebatındaki, Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikmeli sıva numuneleri, her karışım oranına ait 12 adet olmak üzere toplamda 60 adet olacak şekilde, basınç dayanımı test cihazında test edilerek, basınç dayanımına ait veriler Tablo 4.3.'de görüldüğü gibi tespit edilmiştir.

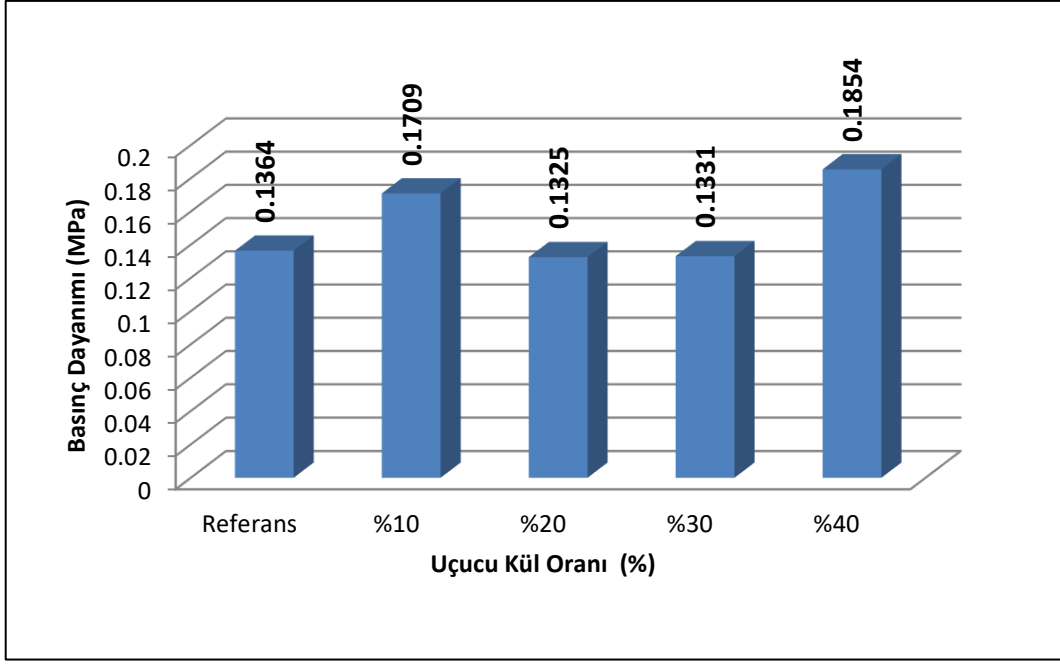
Tablo 4.3. Basınç dayanımına ait veriler

İkame Oranı	Numune Sayısı	Aritmetik Ortalama (MPa)	Standart Sapma	En küçük Değer	En Büyük Değer	Referansa Göre Değişim
Referans	12	0.1364	0.0128	0.1194	0.1644	-----
%10	12	0.1709	0.0178	0.1425	0.1975	+ %25.29
%20	12	0.1325	0.0139	0.1006	0.1500	- %2.86
%30	12	0.1331	0.0049	0.1256	0.1400	- %2.42
%40	12	0.1854	0.0065	0.1794	0.1994	+ %35.92

Hazırlanan her sıva karışım oranına ait basınç dayanımı (R_c) değerlendirildiğinde;

- Referans ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama basınç dayanımı, $R_c=0.1364$ MPa olduğu,
- %10 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama basınç dayanımı, $R_c=0.1709$ MPa olduğu,
- %20 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama basınç dayanımı, $R_c=0.1325$ MPa olduğu,
- %30 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama basınç dayanımı, $R_c=0.1331$ MPa olduğu,
- %40 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama eğilme dayanımı, $R_c=0.1854$ MPa olduğu,
- Yalıtım sıvasına %10 oranında uçucu kül ikamesinin, Referans yalıtım sıvasına göre, ortalama basınç dayanımını %25.29 oranında artırdığı, %20, %30 oranında uçucu kül ikamesinin referans numuneye göre ortalama basınç dayanımını sırasıyla, %2.86, %2.42 oranında azalttığı, %40 oranında uçucu kül ikamesinin ise %35.92 oranında artırdığı görülmüştür.

Tablo 4.3.'de tespit edilen veriler doğrultusunda, Şekil 4.3.'te Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli yalıtım sıvası numunelerinin basınç dayanımları (R_c) gösterilmiştir.



Şekil 4.3. 28 günlük yalıtım sıvası karışımlarına ait ortalama basınç dayanım değerleri

4.4. Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayininde, 4x4x16cm ebatındaki, Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli sıva numuneleri, her karışım oranına ait 3 adet olmak üzere toplamda 15 adet olacak şekilde, numune havuzunda 2 gün bekletildikten sonra, dışarı alınarak ıslak ağırlıkları ölçülmüş, daha sonra numuneler su dolu bir kaba bırakılarak taşıdığı su hacimleri tespit edilmiş, böylece numune yoğunlukları ölçülmüştür. Tablo 4.4.'de numune yoğunluklarına ait veriler görülmektedir.

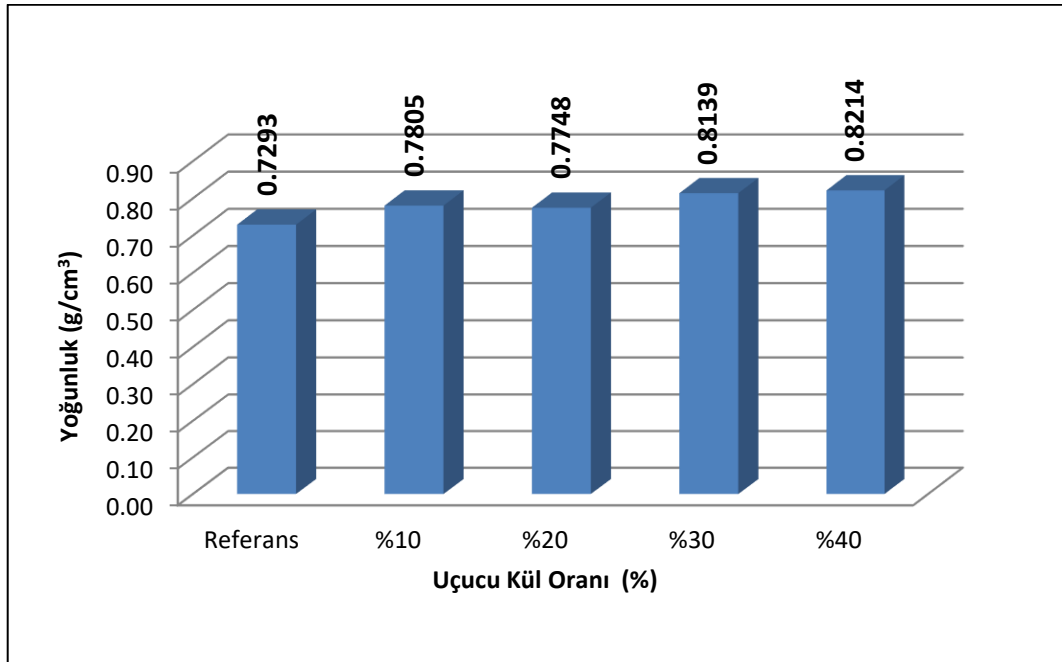
Tablo 4.4. Yoğunluk değerlerine ait veriler

İkame Oranı	Numune Sayısı	Aritmetik Ortalama (g/cm ³)	Standart Sapma	En küçük Değer	En Büyük Değer	Referansa Göre Değişim
Referans	3	0.7293	0.0094	0.7219	0.7398	-----
%10	3	0.7805	0.0035	0.7767	0.7836	+ %7.02
%20	3	0.7748	0.0028	0.7726	0.778	+ %6.24
%30	3	0.8139	0.0023	0.8119	0.8165	+ %11.60
%40	3	0.8214	0.0011	0.8202	0.8224	+ %12.63

Hazırlanan her sıva karışım oranına ait yoğunluk değişimleri değerlendirildiğinde;

- Referans ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama yoğunluğu, 0.7293 g/cm^3 olduğu,
- %10 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama yoğunluğunun, 0.7805 g/cm^3 olduğu,
- %20 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama yoğunluğunun, 0.7748 g/cm^3 olduğu,
- %30 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama yoğunluğunun, 0.8139 g/cm^3 olduğu,
- %40 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama yoğunluğunun, 0.8214 g/cm^3 olduğu,
- Yalıtım sıvasına %10, %20, %30, %40 oranında uçucu kül ikamesinin, Referans yalıtım sıvasına göre, sırasıyla ortalama yoğunluğu %7.02, %6.24, %11.60, %12.63 oranında artırdığı görülmüştür.

Tablo 4.4.'de tespit edilen veriler doğrultusunda, Şekil 4.4.'te Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli yalıtım sıvası numunelerinin yoğunluk değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Numunelerin ortalama yoğunluk değerleri

4.5. Su Emme

Su emme tayininde, 4x4x16cm ebatındaki, Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli sıva numuneleri, her karışım oranına ait 3 adet ve toplamda 15 adet olacak şekilde, numune havuzunda 2 gün bekletildikten sonra, dışarı alınarak suya doygun kütleleri ölçülmüş, daha sonra numuneler etüvde, 110 °C’de 24 saat boyunca kurumaya bırakılmış, daha sonra kuru kütleleri ölçülmüş, böylece numune su emme oranları tespit edilmiştir. Tablo 4.5.’de her karışım oranına ait su emme oranı verileri görülmektedir.

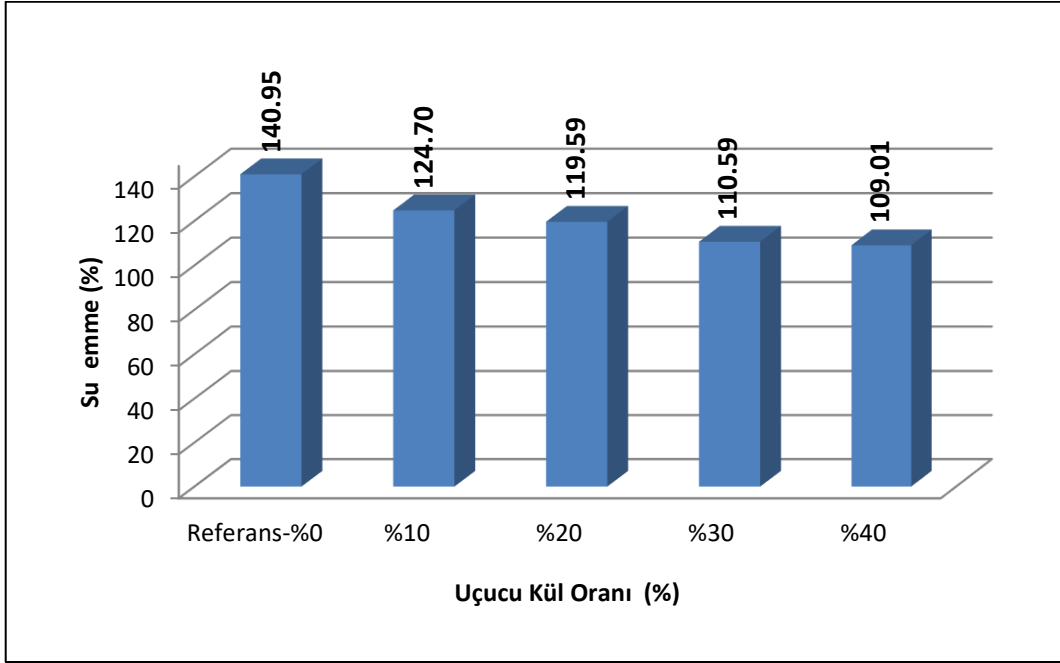
Tablo 4.5. Su emme oranlarına ait veriler

İkame Oranı	Numune Sayısı	Aritmetik Ortalama (%)	Standart Sapma	En küçük Değer	En Büyük Değer	Referansa Göre Değişim
Referans	3	140.95	0.2822	140.63	141.15	-----
%10	3	124.70	2.0441	123.00	126.97	- %11.53
%20	3	119.59	0.8953	118.63	120.40	- %15.15
%30	3	110.59	0.1873	110.38	110.74	- %21.54
%40	3	109.01	0.1589	108.91	109.19	- %22.66

Hazırlanan her sıva karışım oranına ait su emme değişimleri değerlendirildiğinde;

- Referans ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama su emme yüzdesinin, %140.95 olduğu,
- %10 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama su emme yüzdesinin, %124.70 olduğu,
- %20 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama su emme yüzdesi, %119.59 olduğu,
- %30 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama su emme yüzdesi, %110.59 olduğu,
- %40 uçucu kül ikameli ısı yalıtım sıvasına ait numunenin, ortalama su emme yüzdesi, %109.01 olduğu,
- Yalıtım sıvasına %10, %20, %30, %40 oranında uçucu kül ikamesinin, Referans yalıtım sıvasına göre, sırasıyla ortalama su emme miktarını, %11.53, %15.15, %21.54, %22.66 oranında azaldığı görülmüştür.

Tablo 4.5.'de tespit edilen veriler doğrultusunda, Şekil 4.5.'te Referans, %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikameli yalıtım sıvası numunelerinin su emme değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Numunelerin ortalama su emme değerleri (%)

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan yalıtım sıvalarına, endüstriyel bir atık olan uçucu kül ikamesi ile ısı iletim katsayısı ve mekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla örnek ısı yalıtım sıvasına, Referans, %10, %20, %30 ve %40 olacak şekilde uçucu kül ikame edilerek elde edilen numunelerdeki, ısı iletim katsayısı ve mekanik özelliklerdeki değişimler araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Isı iletim katsayısı değerlendirildiğinde, yalıtım sıvasından elde edilen katkısız referans numunelerin, sırasıyla ısı iletim katsayıları $\lambda_1=0.1063$ W/mK, $\lambda_2=0.1059$ W/mK, $\lambda_3=0.1067$ W/mK olduğu, ortalama ısı iletim katsayısının ise $\lambda_{ort}=0.1063$ W/mK olduğu görülmüştür.

Iso ve Ce standartlarına göre;

- λ (ısı iletkenlik katsayısı) $> 0,065$ W/mK ise ‘‘Yapı malzemesi’’
- λ (ısı iletkenlik katsayısı) $< 0,065$ W/mK ise ‘‘Isı yalıtım malzemesi’’ olarak değerlendirilmektedir(İmo, 2015).

Yine, 27291 sayılı 17 Temmuz 2009 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan tebliğ gereği, ısı yalıtım sıvalarının, ısı iletim katsayısı, 0.070W/mK, 0.080W/mK, 0.090 W/mK, 0.100W/mK olan sıvalar şeklinde sınıflandırması mevcuttur (Resmi Gazete, 2009).

Bu haliyle örnek alınan yalıtım sıvasının $\lambda_{%0}=0.1063$ W/mK, ortalama ısı iletim katsayısı ile, mevcut standartlar ve tebliğler göz önünde bulundurulduğunda, yapı malzemesi olarak, 0.100 W/mK civarında bir ısı iletim katsayısına sahip olduğundan, TS EN 998-1 standardına uygun olarak ısı iletkenlik grubu 100 olan ısı yalıtım sıvaları grubuna girmektedir.

Örnek alınan yalıtım sıvasına, sırasıyla %10, %20, %30 ve %40 uçucu kül ikamesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde, ortalama ısı iletim katsayılarının sırasıyla $\lambda_{%10}=0.0834$ W/mK, $\lambda_{%20}=0.0762$ W/mK, $\lambda_{%30}=0.0791$ W/mK, $\lambda_{%40}=0.0962$ W/mK’ye düştüğü bunda sırası ile ısı iletim katsayılarında, %21.54, %28.32, %25.59, %9.50

oranında düşüş sağladığı görülmüştür. Yani ısı yalıtım sıvasına uçucu kül ikamesinin ısı iletim katsayısının düşürdüğü, en fazla düşüşün ise %20 uçucu kül ikamesi ile sağlandığı tespit edilmiştir. %20 uçucu kül ikamesi ile $\lambda_{\%20}=0.0762$ W/mK, ısı iletim katsayısına sahip olan ısı yalıtım sıvasında yalıtım özelliğinde kayda değer bir artış olduğu fakat $\lambda=0,065$ W/mK sınır değerinin üstünde olduğu için halen yapı malzemesi olarak nitelendirilebileceği, 0.070 W/mK civarında bir ısı iletim katsayısına düştüğü içinse, TS EN 998-1 standardına uygun olarak ısı iletkenlik gurubu 70 olan ısı yalıtım sıvaları grubuna girebileceği sonucuna varılmıştır.

Eğilme dayanımı değerlendirildiğinde, yalıtım sıvasından elde edilen katkısız referans numunelerin, ortalama eğilme dayanımının, $R_f=0.0496$ MPa tespit edilmiştir. Örnek yalıtım sıvasına, sırasıyla %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikamesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde, ortalama eğilme dayanımlarının sırasıyla, $R_{f\%10}=0.0477$ MPa, $R_{f\%20}=0.0367$ MPa, $R_{f\%30}=0.0391$ MPa, $R_{f\%40}=0.0535$ MPa olduğu görülmüştür. Buda uçucu kül ikamesinin eğilme dayanımını düşürerek %20 uçucu kül ikamesinde en kötü eğilme dayanımı performansı göstermesine sebep olmakla birlikte, %40 uçucu kül ikamesinin ise referans numuneye göre eğilme dayanımını %7.89 oranında eğilme dayanımını artırdığı sonucuna varılmıştır.

Basınç dayanımı değerlendirildiğinde, yalıtım sıvasından elde edilen katkısız referans numunelerin, ortalama basınç dayanımının, $R_c=0.1364$ MPa tespit edilmiştir. Örnek yalıtım sıvasına, sırasıyla %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikamesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde, ortalama basınç dayanımlarının sırasıyla, $R_{c\%10}=0.1709$ MPa, $R_{c\%20}=0.1325$ MPa, $R_{c\%30}=0.1331$ MPa, $R_{c\%40}=0.1854$ MPa olduğu görülmüştür. Buda uçucu kül ikamesinin basınç dayanımını, %10 uçucu kül katkısında %25.29 oranında artırmakta, %20 ile %30 uçucu kül ikamesinde referans numuneye göre basınç dayanımında fazla bir değişikliğe sebep olmamakta, %40 uçucu kül ikamesinde ise basınç dayanımına en yüksek katkıyı sağlayarak %35.92 oranında artırdığı sonucuna varılmıştır.

Yoğunluk değerlendirildiğinde, yalıtım sıvasından elde edilen katkısız referans numunelerin, ortalama yoğunluk değerleri, 0.7293 g/cm^3 tespit edilmiştir. Örnek yalıtım sıvasına, sırasıyla %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikamesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde, ortalama yoğunluk değerlerinin sırasıyla, 0.7805 g/cm^3 , 0.7748 g/cm^3 , 0.8139 g/cm^3 , 0.8214 g/cm^3 olduğu görülmüştür. Buda uçucu kül ikamesinin artmasıyla, yoğunluğunda referans numuneye göre artışı görülmüştür. Yoğunluk, %40 uçucu kül ikamesinde referans numunenin, %12.63 üzerine çıkarak en yüksek artışın olduğu sonucuna varılmıştır.

Su emme oranı değerlendirildiğinde, Örnek alınan yalıtım sıvasından elde edilen katkısız referans numunelerin, ortalama su emme oranı, %140.95 tespit edilmiştir. Örnek yalıtım sıvasına, sırasıyla %10, %20, %30, %40 uçucu kül ikamesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde, ortalama su emme oranları sırasıyla, %124.70, %119.59, %110.59, %109.01 olduğu görülmüştür. Buda uçucu kül ikamesinin artmasıyla, su emme oranının referans numuneye göre gittikçe düştüğünü, uçucu kül ikamesinin malzemeye su emmeye karşı direnç kazandırdığı sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Altınışıık, K., 2006. Isı Yalıtımı, Nobel Basımevi, Ankara
- Aruntaş, H.Y., 2006. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(1), 193-203.
- Aşkar, R., 2010. Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemlerindeki Yüzey Sıcaklığının Yalıtım Levhaları Birleşim Düzleminde Meydana Gelen Sıva Çatlari Oluşumuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 77s.
- Binici, H., Eken M. ve Aksoğan, A., 2012. Cüruf, Uçucu Kül, Silis Kumu ve Pomza Esaslı Geopolimerlerin Fiziksel, Mekanik ve Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2(2), 12-25.
- Binici, H., Gemici, R., Küçüköner, A. ve Solak, H.H., 2012. Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1), 16-25.
- Binici, H., Görür, E.B. ve Durgun M.Y., 2001. Afşin - Elbistan Uçucu Külü ve Tekstil Fabrikaları Atık Küllerinin Betonda Puzolanik Katkı Olarak Kullanılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12(1), 10-19.
- Binici, H., Sevinç, A.H., Eken, M., ve Demirhan, C., 2014. Mısır Koçanı Katkılı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(2), 13-26.
- Çakallı, H., 2013. Trc2 Bölgesi (Diyarbakır-Şanlıurfa) Yalıtım Sektörü Raporu, Karacadağ Kalkınma Ajansı, Şanlıurfa.
- Çiçek, T. ve Tanrıverdi M., 2004. Kömüre Dayalı Termik Santral Uçucu Küllerinden Otoklav Yöntemi ile Hafif Tuğla Üretimi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Mayıs, İzmir, 76-82. Sempozyum
- Çolakoğlu, A., 2004. Binalarda Isı Yalıtımlı Dış Sıva Yapılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 142s.
- Çolakoğlu, B., 2018. Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 107s.
- Çorakçı, B., 2007. Hazır Sıvaların Farklı Yüzeyler Üzerindeki Performansının Deneyssel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 56s.

- Dağsöz, A.K., 1995. Isı Geçişi, Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Eken, M., 2012. Yalıtım Malzemesi Üretiminde Atık Malzemelerin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 94s.
- Eser, B., Çelik, P., Çay, A. ve Akgümüş, D., 2016. Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları, Tekstil ve Mühendis Dergisi, 23(101), 44-60.
- Etemoğlu, A.B. ve İşman, M.K., 2014. Enerji Kullanımının Teknik ve Ekonomik Analizi, Mühendis Makine Dergisi, 529(45), 19-23.
- Gökdemir, A., 2010. İklim Parametreleri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Dış Düz Sıva Performansının Tahmini, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 172s.
- Görhan, G., Kahraman, E., Başpınar, M.S. ve Demir, İ., 2009. Uçucu Kül Bölüm II: Kimyasal, Mineralojik ve Morfolojik Özellikler, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(2), 33-42.
- Güler, G., Güler, E., İpekoğlu, Ü. ve Mordoğan, H., 2005. Uçucu Küllerin Özellikleri ve Kullanım Alanları, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı (IMCET 2005), 09-12 Haziran 2005, İzmir.
- Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği [İzoder]., 2005. Türkiye' de Yalıtım Gerçeği, Modernart Reklam ve Tanıtım Hizmetleri, İstanbul.
- İmo yapı malzemeleri komisyonu, 2015. Yapılarda Isı Yalıtımı ve Isı yalıtım Malzemeleri, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 467(60), 62-75.
- Kalkan, Ş.O., 2017. Yeni Nesil Kompozit Sıva Harçlarında Tekstil Atığı Türleri Kullanımının Teknik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 180s.
- Kara, C., 2018. Çay Atığının Doğal Lif Olarak Betonda Kullanılabilirliği, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(2), 156-165.
- Kara, C. ve Bekem İ., 2018. Endüstriyel Atıkların Beton Dayanımına Etkisi Üzerine Bir Çalışma: Çay Fabrikası Kömür Külü Örneği, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7(2), 75-85.
- Kara, C. ve Yazıcıoğlu, S., 2016. Mermer Tozu Atığı ve Silis Dumanının Betonun Karbonatlaşma Özelliğine Etkisi, Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 5(2), 191-202.
- Karahan, O., 2006. Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 256s.

- Kılıçarslan, Ş. ve Tuzak, F., 2018. Uçucu Kül Katkılı Köpük Betonların Dayanım ve Isı İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi, Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 2(1), 1-5.
- Kılınç, F., Buyruk, E., Fertelli, A. ve Karabulut, K., 2013. Farklı Yalıtım Uygulamalarının Isı Kaybına Olan Etkilerinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 136, 53-64.
- Koçak, Y. ve Alpaslan L., 2011. Atık Lastiklerin Çimento ve Beton Sektöründe Kullanım Potansiyelleri, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Mayıs, Elazığ, 118-122.
- Kotan, T., İlker, F., Kaya, M. ve Usulu, İ., 2018. Binalarda Kullanılan Farklı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenlik Katsayılarının Erzincan İli Şartlarında Termokupl ve Termal Kamera ile İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2(23), 367-382.
- Kut, U., 2018. Yapılarda ısı yalıtımı için geopolimer malzeme üretimi ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 208s.
- Mahmut, O. ve Emiroğlu, M., 2016. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Alkali Aktive Edilmiş Harç Üretiminde Kullanım Potansiyelinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(1), 23-34.
- Memiş, S., 2007. Öğütülmüş Atık Plastik (PET) Katkılı Sıvaların Tarımsal Yapılarda Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 128s.
- Odabaş, E., 2012. Fosfojips ve Perlit Katkılı Sıvaların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Tasarım Yöntemi ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 109s.
- Öner, A. ve Yıldırım S.T., 2005. Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu İçeren ve İçermeyen Betonlarda Kırmataş Kumu İçeriğinin Beton Özelliklerine Etkisi, Deprem Sempozyumu, Mart, Kocaeli, 800-811.
- Pehlivan, E., Yazıcı, M. ve Güner G., 2014. Endüstriyel Katı Atıklar ve Geri Kazanım, Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu, Ekim, Adıyaman, ISEM 2014 Bildiriler Kitabı: 1489-1497.
- Resmi Gazete., Kasım 2006. Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği, Sayı:26357, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Seven, A., 2011. Baritli Hazır Sıva Kaplamalarının Radyasyon Zırh Elemanı Olarak Kullanılabilirliğinin Görüntü İşleme Yöntemi ile Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 87s.

- Subaşı, S., İşbilir, B. ve Ercan, İ., 2011. Uçucu Kül İkameli Çimento Numunelerinin Mekanik Özekliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi, Politeknik Dergisi, 14(2), 141-148.
- Tokyay, M., 2014. Betonda UK, GYFC ve SD 'nin Rolü: Mevcut Bilgi Birikimi, Hazır Beton Dergisi, 121(1), 64-84.
- Topçu, İ.B. ve Boğa, A.R., 2005. Uçucu Kül Ve Çelik Liflerin Beton ve Beton Borularda Kullanımı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(2), 1-14.
- Topçu, İ.B. ve Canbaz, M., 2001. Uçucu Kül Kullanımının Betondaki Etkileri, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(2), 141-148.
- Topçu, İ.B. ve Kaval, M., 2001. Betonda Silis Dumanı Kullanımının Ekonomik Analizi, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(1), 18-32.
- TS EN 197-1, 2002, 'Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri', Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 91.100.10.
- TS EN 12664, 2009, 'Yapı malzemeleri ve mamulleri - Isıl direncin, korumalı tablalı ısıtıcı ve ısı akı ölçerin kullanıldığı metotlarla tayini - Isıl direnci orta ve düşük seviyede olan kuru ve rutubetli mamuller', Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12667, 2003. Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısıl performansı Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısıl direncin tayini Yüksek ve orta ısıl dirençli mamuller', Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkmen, M., 2016. Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Yapısal Performansı ve Etkinliğinin İstanbul'da Bir Alan Çalışması ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 227s.
- URL-1, <http://www.tasit.com>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-2, <http://www.izolasyon-maeket.com>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-3, <http://www.ravatherm.com>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-4, <http://www.malzembilimi.net>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-5, <http://www.xpsturkiye.org>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-6, <http://www.misyondekor.com>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-7, <http://www.gnyapi.com.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-8, <http://www.kiltas.com.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.
- URL-9, <http://www.vizyonakustik.com.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.

URL-10, <http://www.msmadencilik.com.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.

URL-11, <http://www.termobor.com.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.

URL-12, <http://www.muhandisbeyinler.net>, Türkiye, Aralık, 2020

URL-13, <http://www.kayakaucuk.com>, Türkiye, Aralık, 2020.

URL-14, <http://www.maden.org.tr>, Türkiye, Aralık, 2020.

Uysal, F. ve Bahar, S., 2018. Cüruf Çeşitleri ve Kullanım Alanları, Trakya University Journal of Engineering Sciences, 19(1), 37-52.

Üçgül, İ. ve Turak, B., 2015. Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 3(3), 39-48

Ünal, O. ve Uygunoğlu T., 2004. Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu Kül Katkılı Betonların Donma - Çözülme Özellikleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Mayıs, İzmir, 73-88.

Ünal, O. ve Uygunoğlu T., 2004. Soma Termik Santral Atığı Uçucu Külün İnşaat Sektöründe Değerlendirilmesi, Türkiye 14. Kömür Kongresi, 02-04 Haziran 2004, Zonguldak, Bildiriler Kitabı: 311-321.

Yanık, R., 2017. Farklı Karışım İçeriklerine Sahip Sıvaların Duvar Isı İletimine Etkisinin Hot Box Yöntemiyle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 101s.

Yeşilata, B. ve Turgut, P., 2005. Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği, Politeknik Dergisi, 8(2), 173-177.

Yıldız, S., Yalınbaş, M. ve Keleştemur, O., 2006. Silis Dumanı Katkılı Yapı Alçılarında Basınç Dayanımının Araştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11(2), 15-21.

7. EKLER

Ek-1. Isı iletim katsayısı analiz raporları.

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Güm Mü İnşaa Tel.:+90 451			tes si lümü ili:6-1136)				
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		1					
Numune 1 Boyut		Referans-%0 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 1 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		10.09.2020 / 03:52					
End of measurement		11.09.2020 / 00:54					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	04:52:28	0.010	-0.004	17.17	14.30	-0.0009	100.00
1/02	05:52:32	0.014	0.163	10.21	9.38	0.0556	100.00
1/03	06:52:37	-0.001	0.274	9.89	8.83	0.0932	40.36
1/04	07:52:42	-0.000	0.276	9.89	8.84	0.0936	0.50
1/05	08:52:47	-0.000	0.277	9.90	8.84	0.0939	0.26
1/06	09:52:51	-0.000	0.277	9.89	8.84	0.0941	0.20
1/07	10:52:57	0.000	0.278	9.89	8.84	0.0942	0.17
2/01	11:53:01	-0.342	0.952	19.16	8.78	0.3528	73.29
2/02	12:53:06	0.001	0.289	19.84	8.83	0.0980	100.00
2/03	13:53:11	0.000	0.289	19.84	8.83	0.0981	0.12
2/04	14:53:16	0.000	0.289	19.84	8.83	0.0982	0.06
2/05	15:53:21	0.000	0.289	19.84	8.83	0.0982	0.07
2/06	16:53:26	0.000	0.290	19.84	8.83	0.0984	0.13
2/07	17:53:31	0.000	0.290	19.84	8.83	0.0985	0.09
3/01	18:53:35	-0.400	1.028	28.89	8.73	0.3731	73.61
3/02	19:53:40	0.001	0.319	29.60	8.77	0.1089	100.00
3/03	20:53:46	0.000	0.315	29.63	8.75	0.1079	0.93
3/04	21:53:50	0.000	0.314	29.64	8.75	0.1077	0.19
3/05	22:53:55	-0.000	0.313	29.64	8.74	0.1074	0.26
3/06	23:54:00	0.000	0.311	29.64	8.73	0.1069	0.45
3/07	00:54:05	-0.000	0.309	29.65	8.73	0.1063	0.63

<p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı</p> <p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)</p>							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		2					
Numune 2 Boyut		Referans-%0 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 2 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		11.09.2020 / 06:39					
End of measurement		12.09.2020 / 03:41					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m*K]	Stability [%]
1/01	07:39:53	0.010	-0.003	14.57	10.32	-0.0012	100.00
1/02	08:39:58	-0.010	0.256	9.91	8.85	0.0871	100.00
1/03	09:40:03	-0.001	0.279	9.90	8.84	0.0947	8.10
1/04	10:40:07	-0.000	0.280	9.90	8.84	0.0950	0.23
1/05	11:40:12	0.000	0.280	9.90	8.84	0.0951	0.18
1/06	12:40:17	0.000	0.281	9.90	8.84	0.0953	0.20
1/07	13:40:22	0.000	0.281	9.90	8.83	0.0955	0.17
2/01	14:40:27	-0.342	0.957	19.17	8.79	0.3529	72.94
2/02	15:40:31	0.001	0.292	19.84	8.83	0.0992	100.00
2/03	16:40:36	0.000	0.292	19.84	8.83	0.0993	0.12
2/04	17:40:41	0.000	0.292	19.84	8.83	0.0994	0.08
2/05	18:40:46	0.000	0.293	19.84	8.83	0.0995	0.12
2/06	19:40:52	0.000	0.293	19.84	8.83	0.0996	0.10
2/07	20:40:56	0.000	0.294	19.84	8.83	0.0997	0.14
3/01	21:41:01	-0.399	1.033	28.87	8.81	0.3695	73.01
3/02	22:41:06	0.001	0.323	29.55	8.83	0.1096	100.00
3/03	23:41:11	0.000	0.318	29.60	8.79	0.1084	1.12
3/04	00:41:16	0.000	0.314	29.62	8.77	0.1075	0.86
3/05	01:41:20	-0.000	0.313	29.64	8.76	0.1071	0.41
3/06	02:41:25	0.000	0.311	29.65	8.76	0.1063	0.68
3/07	03:41:30	0.000	0.309	29.65	8.76	0.1059	0.44

<p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı</p> <p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)</p>							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		3					
Numune 3 Boyut		Referans-%0 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 3 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		12.09.2020 / 04:06					
End of measurement		13.09.2020 / 01:07					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	05:06:01	0.043	-0.004	16.75	13.24	-0.0010	100.00
1/02	06:06:06	0.019	0.168	10.15	9.30	0.0573	100.00
1/03	07:06:11	-0.001	0.273	9.88	8.84	0.0927	38.22
1/04	08:06:17	-0.000	0.276	9.89	8.84	0.0935	0.84
1/05	09:06:21	-0.000	0.277	9.89	8.84	0.0940	0.53
1/06	10:06:26	-0.000	0.278	9.89	8.83	0.0944	0.38
1/07	11:06:31	0.000	0.279	9.89	8.83	0.0946	0.26
2/01	12:06:36	-0.339	0.948	19.17	8.78	0.3516	73.08
2/02	13:06:40	0.001	0.292	19.83	8.83	0.0994	100.00
2/03	14:06:45	0.000	0.293	19.83	8.83	0.0996	0.23
2/04	15:06:51	0.000	0.294	19.83	8.83	0.0997	0.11
2/05	16:06:55	0.000	0.293	19.83	8.83	0.0996	0.12
2/06	17:07:00	0.000	0.294	19.82	8.84	0.0999	0.26
2/07	18:07:05	0.000	0.295	19.82	8.84	0.1000	0.19
3/01	19:07:10	-0.399	1.031	28.84	8.75	0.3715	73.07
3/02	20:07:15	0.001	0.324	29.56	8.76	0.1109	100.00
3/03	21:07:19	0.000	0.319	29.62	8.72	0.1096	1.16
3/04	22:07:24	0.000	0.316	29.62	8.72	0.1086	0.95
3/05	23:07:30	0.000	0.314	29.59	8.71	0.1081	0.47
3/06	00:07:34	0.000	0.312	29.58	8.71	0.1075	0.54
3/07	01:07:39	-0.000	0.312	29.60	8.76	0.1067	0.74

<p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı</p> <p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel: +90 456 233 74 25 (Dahili: 6-1136)</p>							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		4					
Numune 4 Boyut		%10 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 1 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		13.09.2020 / 04:53					
End of measurement		14.09.2020 / 01:55					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	05:53:29	0.033	-0.003	14.78	11.23	-0.0012	100.00
1/02	06:53:34	-0.016	0.186	9.97	9.20	0.0615	100.00
1/03	07:53:39	-0.001	0.222	9.90	9.08	0.0735	16.31
1/04	08:53:44	-0.000	0.223	9.90	9.08	0.0736	0.14
1/05	09:53:48	-0.000	0.223	9.91	9.08	0.0737	0.21
1/06	10:53:54	-0.000	0.223	9.91	9.07	0.0739	0.17
1/07	11:53:59	-0.000	0.224	9.91	9.08	0.0739	0.11
2/01	12:54:03	-0.349	0.869	19.24	9.04	0.3157	76.58
2/02	13:54:08	0.001	0.233	19.86	9.07	0.0769	100.00
2/03	14:54:13	0.000	0.233	19.85	9.07	0.0771	0.26
2/04	15:54:18	0.000	0.234	19.85	9.07	0.0773	0.16
2/05	16:54:22	0.000	0.234	19.85	9.07	0.0773	0.09
2/06	17:54:28	-0.000	0.234	19.84	9.07	0.0775	0.17
2/07	18:54:32	-0.000	0.235	19.84	9.07	0.0776	0.19
3/01	19:54:37	-0.406	0.939	28.95	9.04	0.3316	76.59
3/02	20:54:42	0.001	0.259	29.60	9.04	0.0859	100.00
3/03	21:54:47	0.000	0.256	29.66	9.01	0.0852	0.81
3/04	22:54:52	0.000	0.254	29.67	9.00	0.0847	0.66
3/05	23:54:57	0.000	0.253	29.68	9.00	0.0842	0.54
3/06	00:55:02	-0.000	0.251	29.69	8.99	0.0838	0.52
3/07	01:55:06	-0.000	0.250	29.69	9.00	0.0834	0.45

<p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı</p> <p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)</p>							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		5					
Numune 5 Boyut		%10 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 2 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		06.10.2020 / 03:40					
End of measurement		07.10.2020 / 00:42					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m*K]	Stability [%]
1/01	04:40:36	-0.006	-0.000	12.99	9.89	-0.0003	100.00
1/02	05:40:41	-0.019	0.231	9.91	9.05	0.0768	100.00
1/03	06:40:46	-0.000	0.216	9.93	9.07	0.0714	7.43
1/04	07:40:51	0.000	0.216	9.93	9.07	0.0715	0.08
1/05	08:40:56	0.000	0.216	9.93	9.07	0.0716	0.12
1/06	09:41:01	0.000	0.216	9.93	9.07	0.0717	0.17
1/07	10:41:05	0.000	0.217	9.92	9.06	0.0718	0.14
2/01	11:41:10	-0.347	0.860	19.22	9.01	0.3131	77.07
2/02	12:41:15	0.001	0.229	19.84	9.04	0.0761	100.00
2/03	13:41:20	0.000	0.229	19.84	9.04	0.0760	0.18
2/04	14:41:25	0.000	0.229	19.83	9.04	0.0760	0.01
2/05	15:41:29	-0.000	0.229	19.83	9.04	0.0761	0.14
2/06	16:41:34	-0.000	0.230	19.83	9.04	0.0765	0.51
2/07	17:41:40	-0.000	0.231	19.82	9.04	0.0768	0.45
3/01	18:41:44	-0.410	0.942	28.87	8.87	0.3365	77.17
3/02	19:41:49	0.001	0.257	29.52	8.96	0.0861	100.00
3/03	20:41:54	0.000	0.251	29.57	9.00	0.0837	2.97
3/04	21:41:58	0.000	0.248	29.59	8.99	0.0829	0.94
3/05	22:42:04	-0.000	0.247	29.60	8.95	0.0830	0.19
3/06	23:42:09	0.000	0.245	29.60	8.99	0.0818	1.46
3/07	00:42:14	-0.000	0.244	29.60	8.99	0.0815	0.44

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		6					
Numune 6 Boyut		%10 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 3 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		08.10.2020 / 09:04					
End of measurement		09.10.2020 / 06:05					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m*K]	Stability [%]
1/01	10:04:03	0.038	-0.003	13.27	10.13	-0.0011	100.00
1/02	11:04:08	-0.021	0.236	9.90	9.06	0.0784	100.00
1/03	12:04:13	-0.000	0.227	9.91	9.08	0.0750	4.53
1/04	13:04:17	-0.000	0.227	9.92	9.08	0.0751	0.18
1/05	14:04:23	-0.000	0.227	9.92	9.08	0.0753	0.21
1/06	15:04:27	-0.000	0.228	9.92	9.07	0.0755	0.22
1/07	16:04:32	-0.000	0.228	9.93	9.07	0.0756	0.17
2/01	17:04:37	-0.350	0.867	19.23	9.03	0.3118	75.76
2/02	18:04:42	0.001	0.241	19.84	9.05	0.0801	100.00
2/03	19:04:46	0.000	0.242	19.84	9.05	0.0803	0.22
2/04	20:04:52	0.000	0.243	19.83	9.06	0.0805	0.18
2/05	21:04:56	0.000	0.243	19.83	9.06	0.0805	0.03
2/06	22:05:02	0.000	0.242	19.83	9.06	0.0804	0.04
2/07	23:05:06	0.000	0.242	19.83	9.06	0.0804	0.03
3/01	00:05:12	-0.416	0.948	28.91	8.90	0.3370	76.14
3/02	01:05:16	0.001	0.266	29.58	8.90	0.0899	100.00
3/03	02:05:21	0.000	0.261	29.60	8.93	0.0880	2.17
3/04	03:05:26	0.000	0.259	29.61	8.93	0.0870	1.11
3/05	04:05:30	0.000	0.257	29.61	8.94	0.0862	0.86
3/06	05:05:36	0.000	0.256	29.62	8.94	0.0861	0.14
3/07	06:05:40	0.000	0.254	29.63	8.95	0.0853	0.98

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		7					
Numune 7 Boyut		%20 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 1 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		19.11.2020 / 08:08					
End of measurement		20.11.2020 / 05:10					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	09:08:58	-0.026	0.070	11.69	8.97	0.0230	100.00
1/02	10:09:03	0.000	0.207	9.94	9.13	0.0682	66.31
1/03	11:09:08	-0.000	0.208	9.94	9.13	0.0683	0.25
1/04	12:09:12	-0.000	0.208	9.94	9.13	0.0683	0.04
1/05	13:09:18	0.000	0.208	9.94	9.13	0.0683	0.01
1/06	14:09:23	0.000	0.208	9.94	9.13	0.0683	0.04
1/07	15:09:28	0.000	0.208	9.94	9.14	0.0684	0.04
2/01	16:09:32	-0.359	0.854	19.21	9.08	0.3048	77.57
2/02	17:09:38	0.001	0.223	19.83	9.11	0.0736	100.00
2/03	18:09:42	0.000	0.222	19.84	9.11	0.0732	0.64
2/04	19:09:47	0.000	0.221	19.84	9.11	0.0729	0.39
2/05	20:09:52	0.000	0.221	19.83	9.11	0.0726	0.40
2/06	21:09:56	0.000	0.220	19.84	9.11	0.0724	0.27
2/07	22:10:01	0.000	0.220	19.84	9.11	0.0723	0.18
3/01	23:10:06	-0.425	0.921	28.91	8.96	0.3253	77.78
3/02	00:10:11	0.001	0.239	29.64	8.99	0.0798	100.00
3/03	01:10:16	0.000	0.234	29.66	8.99	0.0781	2.12
3/04	02:10:21	0.000	0.232	29.68	8.99	0.0774	0.91
3/05	03:10:26	0.000	0.231	29.67	8.98	0.0770	0.52
3/06	04:10:31	0.000	0.230	29.68	8.98	0.0768	0.34
3/07	05:10:36	0.000	0.229	29.68	8.98	0.0766	0.29

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		8					
Numune 8 Boyut		%20 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 2 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		20.11.2020 / 08:41					
End of measurement		21.11.2020 / 05:42					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	09:41:13	0.031	0.015	12.53	9.78	0.0042	100.00
1/02	10:41:19	-0.015	0.223	9.92	9.16	0.0730	94.31
1/03	11:41:23	-0.000	0.209	9.93	9.17	0.0683	6.96
1/04	12:41:29	-0.000	0.209	9.93	9.17	0.0684	0.14
1/05	13:41:33	-0.000	0.209	9.93	9.17	0.0684	0.11
1/06	14:41:38	-0.000	0.210	9.93	9.17	0.0685	0.12
1/07	15:41:43	-0.000	0.210	9.93	9.17	0.0687	0.18
2/01	16:41:47	-0.357	0.851	19.21	9.12	0.3027	77.32
2/02	17:41:52	0.001	0.225	19.82	9.15	0.0737	100.00
2/03	18:41:57	0.000	0.223	19.83	9.15	0.0733	0.59
2/04	19:42:02	0.000	0.223	19.83	9.14	0.0730	0.40
2/05	20:42:07	0.000	0.222	19.83	9.15	0.0728	0.31
2/06	21:42:12	0.000	0.221	19.84	9.15	0.0726	0.21
2/07	22:42:17	0.000	0.221	19.84	9.15	0.0725	0.17
3/01	23:42:22	-0.429	0.920	28.89	8.99	0.3258	77.74
3/02	00:42:27	0.001	0.239	29.58	9.00	0.0796	100.00
3/03	01:42:31	0.000	0.236	29.61	9.00	0.0786	1.29
3/04	02:42:37	0.000	0.234	29.63	8.99	0.0781	0.68
3/05	03:42:41	0.000	0.233	29.64	8.99	0.0777	0.46
3/06	04:42:46	0.000	0.232	29.64	8.98	0.0774	0.42
3/07	05:42:51	0.000	0.231	29.64	8.99	0.0771	0.36

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel: +90 456 233 74 25 (Dahili: 6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		9					
Numune 9 Boyut		%20 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 3 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		21.11.2020 / 07:29					
End of measurement		22.11.2020 / 04:31					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	08:29:36	0.005	-0.003	12.97	10.40	-0.0012	100.00
1/02	09:29:42	-0.016	0.203	9.91	9.14	0.0666	100.00
1/03	10:29:46	-0.001	0.199	9.92	9.16	0.0653	2.05
1/04	11:29:51	-0.000	0.200	9.93	9.16	0.0656	0.50
1/05	12:29:56	-0.000	0.201	9.93	9.16	0.0657	0.09
1/06	13:30:01	-0.000	0.201	9.93	9.16	0.0657	0.00
1/07	14:30:06	0.000	0.201	9.94	9.16	0.0657	0.06
2/01	15:30:11	-0.351	0.849	19.18	9.08	0.3084	78.69
2/02	16:30:16	0.001	0.217	19.81	9.14	0.0713	100.00
2/03	17:30:20	0.000	0.215	19.82	9.13	0.0706	0.91
2/04	18:30:25	0.000	0.214	19.82	9.13	0.0703	0.51
2/05	19:30:30	0.000	0.213	19.83	9.13	0.0700	0.39
2/06	20:30:35	0.000	0.212	19.83	9.13	0.0698	0.29
2/07	21:30:40	0.000	0.212	19.82	9.13	0.0697	0.19
3/01	22:30:45	-0.429	0.921	28.81	9.02	0.3291	78.84
3/02	23:30:50	0.001	0.233	29.54	9.02	0.0775	100.00
3/03	00:30:54	0.000	0.229	29.60	8.96	0.0766	1.10
3/04	01:31:00	0.000	0.227	29.61	8.96	0.0759	1.00
3/05	02:31:05	0.000	0.226	29.61	8.98	0.0754	0.55
3/06	03:31:09	0.000	0.225	29.62	8.97	0.0752	0.29
3/07	04:31:14	0.000	0.224	29.63	8.97	0.0750	0.28

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel: +90 456 233 74 25 (Dahili: 6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		10					
Numune 10 Boyut		%30 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 1 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		22.11.2020 / 09:19					
End of measurement		23.11.2020 / 06:20					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	10:19:12	0.028	0.024	12.42	9.62	0.0075	100.00
1/02	11:19:17	-0.013	0.224	9.92	9.17	0.0734	89.74
1/03	12:19:22	-0.000	0.212	9.93	9.17	0.0694	5.67
1/04	13:19:27	-0.000	0.213	9.94	9.18	0.0695	0.15
1/05	14:19:31	-0.000	0.213	9.94	9.18	0.0696	0.09
1/06	15:19:37	-0.000	0.213	9.94	9.18	0.0697	0.14
1/07	16:19:41	0.000	0.214	9.94	9.18	0.0698	0.13
2/01	17:19:46	-0.355	0.859	19.19	9.11	0.3075	77.31
2/02	18:19:51	0.001	0.231	19.82	9.15	0.0756	100.00
2/03	19:19:56	0.000	0.229	19.82	9.15	0.0749	0.91
2/04	20:20:01	0.000	0.227	19.83	9.15	0.0745	0.54
2/05	21:20:06	0.000	0.227	19.84	9.15	0.0742	0.37
2/06	22:20:11	0.000	0.226	19.83	9.15	0.0741	0.22
2/07	23:20:15	0.000	0.226	19.83	9.15	0.0741	0.04
3/01	00:20:21	-0.426	0.933	28.86	9.00	0.3298	77.53
3/02	01:20:25	0.001	0.248	29.57	9.04	0.0824	100.00
3/03	02:20:30	0.000	0.244	29.57	9.09	0.0805	2.36
3/04	03:20:35	0.000	0.241	29.57	9.10	0.0795	1.20
3/05	04:20:41	0.000	0.240	29.57	9.10	0.0790	0.66
3/06	05:20:45	0.000	0.238	29.58	9.10	0.0786	0.53
3/07	06:20:50	-0.000	0.238	29.61	9.09	0.0784	0.17

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		11					
11 Boyut		%30 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 2 100 x100 x 30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		23.11.2020 / 07:08					
End of measurement		24.11.2020 / 04:10					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	08:08:57	0.032	-0.003	14.44	12.11	-0.0010	100.00
1/02	09:09:02	-0.015	0.172	10.00	9.26	0.0565	100.00
1/03	10:09:07	-0.001	0.212	9.94	9.14	0.0695	18.75
1/04	11:09:12	-0.000	0.213	9.94	9.15	0.0698	0.34
1/05	12:09:16	-0.000	0.213	9.94	9.15	0.0699	0.16
1/06	13:09:21	-0.000	0.213	9.94	9.15	0.0700	0.13
1/07	14:09:26	0.000	0.214	9.94	9.15	0.0701	0.15
2/01	15:09:31	-0.356	0.861	19.18	9.07	0.3117	77.52
2/02	16:09:36	0.001	0.231	19.82	9.10	0.0762	100.00
2/03	17:09:41	0.000	0.230	19.83	9.11	0.0756	0.72
2/04	18:09:46	0.000	0.228	19.86	9.13	0.0750	0.90
2/05	19:09:51	0.000	0.227	19.86	9.13	0.0747	0.38
2/06	20:09:56	-0.000	0.227	19.86	9.13	0.0745	0.22
2/07	21:10:01	-0.000	0.227	19.86	9.13	0.0744	0.10
3/01	22:10:05	-0.429	0.938	28.86	8.90	0.3359	77.84
3/02	23:10:10	0.001	0.253	29.57	8.93	0.0848	100.00
3/03	00:10:15	0.000	0.245	29.63	8.96	0.0819	3.58
3/04	01:10:20	0.000	0.242	29.65	8.97	0.0808	1.34
3/05	02:10:25	-0.000	0.239	29.67	8.98	0.0800	1.08
3/06	03:10:30	0.000	0.239	29.63	8.99	0.0796	0.42
3/07	04:10:35	0.000	0.238	29.63	9.01	0.0793	0.42

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		12					
Numune 12 Boyut		%30 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 3 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		24.11.2020 / 04:57					
End of measurement		25.11.2020 / 01:58					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	05:57:14	0.035	-0.003	13.64	11.50	-0.0010	100.00
1/02	06:57:19	-0.016	0.201	9.93	9.18	0.0659	100.00
1/03	07:57:24	-0.001	0.214	9.93	9.18	0.0700	5.81
1/04	08:57:29	-0.000	0.214	9.93	9.18	0.0699	0.11
1/05	09:57:33	-0.000	0.214	9.93	9.18	0.0699	0.06
1/06	10:57:39	-0.000	0.214	9.93	9.18	0.0699	0.04
1/07	11:57:43	-0.000	0.214	9.93	9.18	0.0699	0.03
2/01	12:57:48	-0.352	0.858	19.18	9.11	0.3066	77.20
2/02	13:57:53	0.001	0.231	19.81	9.15	0.0759	100.00
2/03	14:57:58	0.000	0.230	19.82	9.14	0.0754	0.73
2/04	15:58:03	0.000	0.228	19.82	9.14	0.0750	0.50
2/05	16:58:07	0.000	0.228	19.83	9.14	0.0747	0.37
2/06	17:58:13	-0.000	0.227	19.83	9.14	0.0745	0.29
2/07	18:58:18	-0.000	0.227	19.83	9.14	0.0743	0.20
3/01	19:58:23	-0.426	0.933	28.84	8.97	0.3325	77.64
3/02	20:58:27	0.001	0.250	29.55	9.02	0.0831	100.00
3/03	21:58:32	0.000	0.245	29.58	9.07	0.0812	2.36
3/04	22:58:37	0.000	0.243	29.61	9.05	0.0806	0.79
3/05	23:58:42	0.000	0.242	29.61	9.05	0.0801	0.57
3/06	00:58:46	0.000	0.241	29.61	9.05	0.0798	0.44
3/07	01:58:52	-0.000	0.240	29.62	9.04	0.0796	0.18

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı

Gümüşhane Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)

Heatconductivity report (according to ISO 8302)**Report No.:** 13**Numune 13** %40 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 1
Boyut 100x100x30mm**Sample thickness** 0.0300 m
Start of measurement 25.11.2020 / 04:01
End of measurement 26.11.2020 / 01:03

Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m*K]	Stability [%]
1/01	05:01:58	0.059	0.059	12.08	9.29	0.0190	100.00
1/02	06:02:03	-0.009	0.260	9.92	9.01	0.0867	78.06
1/03	07:02:09	-0.000	0.252	9.93	9.02	0.0839	3.25
1/04	08:02:13	-0.000	0.252	9.92	9.02	0.0839	0.04
1/05	09:02:18	0.000	0.252	9.92	9.03	0.0838	0.12
1/06	10:02:23	0.000	0.252	9.92	9.03	0.0837	0.13
1/07	11:02:27	0.000	0.252	9.92	9.03	0.0837	0.03
2/01	12:02:32	-0.339	0.923	19.11	8.95	0.3352	75.04
2/02	13:02:37	0.001	0.270	19.80	9.00	0.0898	100.00
2/03	14:02:43	0.000	0.268	19.81	9.00	0.0893	0.62
2/04	15:02:47	0.000	0.267	19.81	9.00	0.0889	0.37
2/05	16:02:52	0.000	0.266	19.81	9.00	0.0887	0.28
2/06	17:02:57	0.000	0.266	19.81	9.00	0.0885	0.17
2/07	18:03:01	0.000	0.265	19.82	9.00	0.0884	0.15
3/01	19:03:07	-0.425	1.009	28.72	8.88	0.3619	75.57
3/02	20:03:12	0.001	0.292	29.48	8.96	0.0977	100.00
3/03	21:03:17	0.000	0.287	29.51	8.96	0.0961	1.66
3/04	22:03:22	0.000	0.285	29.52	8.96	0.0953	0.83
3/05	23:03:26	0.000	0.283	29.52	8.96	0.0948	0.54
3/06	00:03:31	0.000	0.282	29.53	8.96	0.0945	0.40
3/07	01:03:36	0.000	0.281	29.54	8.96	0.0942	0.25

Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı							
Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel.:+90 456 233 74 25 (Dahili:6-1136)							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		14					
Numune 14 Boyut		%40 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 2 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		26.11.2020 / 05:25					
End of measurement		27.11.2020 / 02:27					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m*K]	Stability [%]
1/01	06:25:42	0.045	0.100	11.67	8.66	0.0321	100.00
1/02	07:25:47	0.000	0.260	9.91	8.98	0.0868	63.03
1/03	08:25:51	-0.000	0.259	9.92	8.98	0.0866	0.22
1/04	09:25:57	-0.000	0.259	9.92	8.99	0.0864	0.26
1/05	10:26:02	-0.000	0.259	9.92	8.99	0.0863	0.05
1/06	11:26:06	-0.000	0.259	9.92	8.99	0.0864	0.03
1/07	12:26:11	-0.000	0.259	9.92	8.99	0.0864	0.05
2/01	13:26:16	-0.341	0.929	19.10	8.91	0.3380	74.44
2/02	14:26:21	0.001	0.278	19.79	8.97	0.0931	100.00
2/03	15:26:26	0.000	0.276	19.80	8.97	0.0924	0.76
2/04	16:26:31	0.000	0.275	19.81	8.97	0.0921	0.36
2/05	17:26:36	0.000	0.275	19.81	8.97	0.0918	0.27
2/06	18:26:41	0.000	0.274	19.82	8.97	0.0916	0.21
2/07	19:26:45	0.000	0.273	19.82	8.97	0.0914	0.24
3/01	20:26:50	-0.425	1.014	28.77	8.80	0.3644	74.91
3/02	21:26:55	0.001	0.301	29.53	8.81	0.1024	100.00
3/03	22:27:00	0.000	0.296	29.56	8.80	0.1008	1.55
3/04	23:27:04	0.000	0.293	29.58	8.80	0.0999	0.93
3/05	00:27:09	-0.000	0.292	29.59	8.80	0.0997	0.19
3/06	01:27:14	0.000	0.293	29.58	8.81	0.0996	0.09
3/07	02:27:19	-0.000	0.292	29.59	8.80	0.0994	0.19

<p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı</p> <p style="text-align: center;">Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tel: +90 456 233 74 25 (Dahili: 6-1136)</p>							
Heatconductivity report (according to ISO 8302)							
Report No.:		15					
Numune 15 Boyut		%40 Uçucu Kül Katkılı Yalıtım Sıvası 3 100x100x30mm					
Sample thickness		0.0300 m					
Start of measurement		10.10.2020 / 08:51					
End of measurement		11.10.2020 / 05:52					
Nb.	Time [h:m:s]	Contr.dev. [K]	Heat.power [W]	Meantmp. [°C]	Tempdiff. [K]	Lambda [W/m²K]	Stability [%]
1/01	09:51:01	0.039	-0.003	13.90	10.80	-0.0011	100.00
1/02	10:51:05	-0.018	0.229	9.92	8.98	0.0768	100.00
1/03	11:51:10	-0.001	0.248	9.90	8.96	0.0831	7.54
1/04	12:51:15	-0.000	0.249	9.91	8.96	0.0834	0.35
1/05	13:51:20	-0.000	0.250	9.91	8.96	0.0836	0.23
1/06	14:51:25	0.000	0.250	9.91	8.96	0.0837	0.17
1/07	15:51:29	0.000	0.250	9.91	8.96	0.0838	0.19
2/01	16:51:34	-0.341	0.930	19.13	8.86	0.3449	75.69
2/02	17:51:39	0.001	0.268	19.82	8.93	0.0900	100.00
2/03	18:51:44	0.000	0.267	19.82	8.93	0.0898	0.23
2/04	19:51:49	0.000	0.267	19.82	8.93	0.0896	0.16
2/05	20:51:55	0.000	0.267	19.82	8.93	0.0896	0.06
2/06	21:51:59	0.000	0.266	19.82	8.93	0.0895	0.04
2/07	22:52:04	-0.000	0.266	19.82	8.93	0.0895	0.01
3/01	23:52:09	-0.415	1.011	28.78	8.82	0.3667	75.59
3/02	00:52:14	0.001	0.290	29.56	8.86	0.0982	100.00
3/03	01:52:19	0.000	0.286	29.60	8.87	0.0969	1.33
3/04	02:52:24	0.000	0.285	29.61	8.86	0.0964	0.51
3/05	03:52:28	0.000	0.283	29.60	8.87	0.0956	0.84
3/06	04:52:33	0.000	0.282	29.62	8.86	0.0955	0.07
3/07	05:52:38	0.000	0.282	29.61	8.88	0.0951	0.44

ÖZGEÇMİŞ

İlkokul, ortaokul ve liseyi Trabzon’da bitirdi. 1999 ‘da Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne girdi, 2003 yılında mezun oldu. 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans eğitime başladı. 2007’den beri Gümüşhane Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü’nde Makine Mühendisi olarak çalışmakta olup, evli ve 2 çocuk babasıdır.