



**FARKLI KARIŞIM İÇERİKLERİNE SAHİP
SIVALARIN DUVAR ISI İLETİMİNE ETKİSİNİN
HOT BOX YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

Recep YANIK

Doktora Tezi

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tarımsal Yapılar ve Sulama Bilim Dalı

Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

2017

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI KARIŞIM İÇERİKLERİNE SAHİP SIVALARIN DUVAR
ISI İLETİMİNE ETKİSİNİN HOT BOX YÖNTEMİYLE
BELİRLENMESİ**

EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Recep YANIK

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA BİLİM DALI**

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



TEZ ONAY FORMU

**FARKLI KARIŞIM İÇERİKLERİNE SAHİP SIVALARIN DUVAR ISI İLETİMİNE
ETKİSİNİN HOT BOX YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU danışmanlığında, Recep YANIK tarafından hazırlanan bu çalışma, 24/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Tarımsal Yapılar ve Sulama** Anabilim Dalı **Tarımsal Yapılar ve Sulama** Bilim Dalı'nda **Doktora** tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu** (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

Üye : Prof. Dr. Abdulvahap YAĞANOĞLU

Üye : Prof. Dr. Yücel ERKMEN

Üye : Prof. Dr. Sedat KARAMAN

Üye : Doç. Dr. Sultan KIYMAZ

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 03.08/2017 tarih ve 31/.../15 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma (BAP) kapsamında desteklenmiştir.
Proje No:2012/409

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI KARIŞIM İÇERİKLERİNE SAHİP SIVALARIN DUVAR ISI İLETİMİNE ETKİSİNİN HOT BOX YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Recep YANIK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

Enerjinin tüketildiği alanlardan birisi de ısınma olup, harcanan enerji, toplam enerji gereksinimi içerisinde önemli bir paya sahiptir. Yapılarda uygulanacak yalıtım, ısı kayıplarını azaltılacağı gibi önemli ölçüde enerji tasarrufu da sağlamış olacaktır. Yalıtım için çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Atık malzemelerin yalıtım amacıyla yeniden kullanımı, enerji tüketimi ve çevre kirliliğini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı; öğütülmüş ayçiçeği sapı, hızar talaşı, saman, yaprak, plastik ve perlitin tekrar ekonomiye kazandırılması, çevreye zararlı etkilerinin azaltılması ve yalıtım amacıyla belirli oranda sıva karışımına katılarak özellikle tarımsal yapılarda duvar ısı iletkenliğine etkisini belirlemektir. Normal agrega (kum), pomza (ponza) ve kum-pomza ile hazırlanan sıva karışımlarına çimento veya kireç ağırlığının %10'u yerine bu atıkların katılmasıyla ısı iletimindeki değişimler araştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar, 1x1 m boyutlarında ve normal duvar harcıyla örülen duvar örneklerine iç ve dış sıva olarak uygulanmıştır. Duvar örneklerinin 39 tanesi 13 cm kalınlığında yatay delikli tuğla ile, her birinden 3'er adet olmak üzere toplam 15 adet örnek de 2 sıra boşluklu bims, 3 sıra boşluklu bims, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğladan örülmüştür. Örülen 39 örneğin; 3 adedi normal sıva ile (kontrol grubu), 36 adedi de atık katkılı sıvalarla sıvanmıştır. Diğer 15 örnek hiç sıvanmamıştır. Duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri hot box cihazı yardımıyla belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar; çeşitli atıklar katılarak hazırlanan sıvalarla sıvanan duvar örneklerinin büyük çoğunluğunun kontrol grubu örneklerine göre daha düşük ısı iletkenlik değerlerine sahip olduğunu ve tarımsal yapılarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Tüm duvar örneklerinde ısı iletkenliği (λ) değerleri 0,1636-0,4923 W/mK arasında değişmiş; en küçük değer sıvasız olarak örülen gaz beton (ytong) duvardan, en yüksek değer ise sıvasız olarak düşey delikli tuğla ile örülen duvardan elde edilmiştir. Kontrol grubu için ortalama ısı iletkenliği 0,4243 W/mK olarak hesaplanmıştır.

2017, 89 sayfa

Anahtar kelimeler: Sıva, atık, ısı iletkenlik, hot box

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

INVESTIGATION EFFECT OF PLASTERS, HAVING DIFFERENT MIXTURES, ON THERMAL CONDUCTIVITY OF THE WALLS BY USING HOT BOX METHOD

Recep YANIK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Development of Agricultural Buildings and Irrigation
Department of Agricultural Buildings and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

Heating is one of the way that of consumption energy and energy being used for heating has a great percent in total energy consumption. By the way of using isolation materials in buildings; both the lose of heat will decrease and additionally great energy saving will be provided. For isolation so many materials can be used. By the way that reusing of waste materials, make energy consumption and environmental pollution decrease.

The main purpose of this study is; to reinstatement to economy, reduce the harmful effects and invastigate the effect to wall heat conductivity, especially in farm buildings, by the way that adding to plaster mixtures at the given ratios, of the wastes like ground sunflower stalk, sawdust, straw, leaf, plastic and perlite. By adding to these wastes to plaster mixtures preparing with normal (sand), pumice and sand-pumice aggregate at the ratio of 10 % replacement of cement or lime by weight and then the effect of changes in heat conductivity invastigated. The prepared mixtures were applied as iner and outer plaster to 1 x 1 m sized wall specimens preparing with normal wall mortar. 39 of the wall specimens were made of 13 cm thick horizontal perforated bricks and additionally in total 15 of wall had built, per group have 3 specimens, with 2 row spaced pumice blocks, 3 row spaced pumice blocks, gas concrete (ytong), vertical perforated bricks and horizontally perforated bricks. The 3 ones of these 39 wall specimens were plastered with normal plaster, rest 36 were also plastered with plaster having wastes. Rest 15 wall specimens were not plastered. The thermal conductivity values of the wall specimens were determined by using hot box device.

Results obtained from this study shows that the majority of the plastered wall specimens prepared by adding various wastes have lower thermal conductivity values than the control group specimens and can be used for thermal insulation in agricultural structures. In all wall samples, the thermal conductivity (λ) values ranged from 0.1636-0.4923 W/mK; The lowest value is obtained from the gas concrete (ytong) wall made without plaster, and the highest value is obtained from the wall made with vertical perforated brick without plaster. The average thermal conductivity for the control group was calculated as 0,4243 W/mK.

2017, 89 pages

Keywords: Plaster, waste, thermal conductivity, hot box

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU'na, katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Abdulvahap YAĞANOĞLU'na, Sayın Prof. Dr. Yücel ERKMEN'e Sayın Prof. Dr. Mazhar KARA'ya, Sayın Prof. Dr. Sırrı ŞAHİN'e teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında ve tezin hazırlanmasında yardımcı olan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü akademik ve idari personeli ile kardeşlerim Nevzat Hafız YANIK'a, Muhammet YANIK'a, Ramazan YANIK'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmam esnasında göstermiş oldukları manevi destekten dolayı aileme sevgi ve saygılarımı sunarım.

Recep YANIK

Temmuz, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1. Sıva ve Yapıda Kullanımı	7
2.2. Sıva Harcı Yapımında Kullanılan Malzemeler	14
2.3. Mineral Bağlayıcılı Sıvalar	19
2.4. Isı İletkenliği ve Atık Maddeler	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal.....	28
3.2. Yöntem	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	44
4.1. Agregal birim ağırlık deney sonuçları.....	44
4.2. Isı İletkenlik Değerleri ve Diğer Isıl Verilere İlişkin Sonuçlar	45
4.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	68
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	90

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

B_g	Gevşek birim ağırlık
B_s	Sıkı birim ağırlık
C	Isı iletimi
h_c	Soğuk yüzey katsayısı
h_h	Sıcak yüzey katsayısı
L	Örneğin kesit kalınlığı
PET	Polietilentereftalat
PVC	Polivinilklorid
Q	Deney cihazının ölçüm alanındaki tek boyutlu ısı akış miktarı
R	Isı direnci
R_c	Soğuk kenar yüzey direnci
R_h	Sıcak kenar yüzey direnci
R_U	Toplam ısı direnci
T₁	Sıcak yüzeyin ortalama sıcaklığı
T₂	Soğuk yüzeyin ortalama sıcaklığı
T_c	Soğuk yüzeyden 75 mm veya daha uzaklıktaki ortamın sıcaklığı
T_h	Sıcak yüzeyden 75 mm veya daha uzaklıktaki ortamın sıcaklığı
U	Isı geçişi (ısı geçirgenliği)
V	Örnek hacmi
W	Watt
W₁	Örnek ağırlığı
W_{2g}	Örneğin gevşek ağırlığı
W_{2s}	Örneğin sıkışık ağırlığı
λ	Isı iletkenliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Plastik kırma makinası.....	31
Şekil 3.2. Kaldırma düzeneği.....	31
Şekil 3.3. Duvar örneklerini taşımada kullanılan tekerlekli sehpa	32
Şekil 3.4. Korumalı hot box cihazı ve şematik görünüşü	32
Şekil 3.5. Hot box cihazı için örülmüş duvar örnekleri	37
Şekil 3.6. Sıvaları tamamlanmış duvar örneklerinin görünümü	37
Şekil 3.7. Duvar örneğinin kaldırma düzeneği ile sehpaye alınması.....	40
Şekil 3.8. Duvarın örnek bölmesine yerleştirilmesi.....	40
Şekil 3.9. Duvar örneğinin ısı iletkenliğinin ölçümü.....	41
Şekil 3.10. Ölçümü tamamlanan duvar örneğinin kırılması	41
Şekil 3.11. Hot box cihazından elde edilen sıcaklık değerlerinin ekran görüntüsü.....	42
Şekil 4.1. Isı iletkenlik değerleri	59
Şekil 4.2. Isı geçişi (U) değerleri	60
Şekil 4.3. Isı iletimi (C) değerleri	61
Şekil 4.4. Toplam ısı direnci (R_U) değerleri	62
Şekil 4.5. Soğuk kenar yüzey direnci (R_c) değerleri	63
Şekil 4.6. Sıcak kenar yüzey direnci (R_h) değerleri	64
Şekil 4.7. Isı direnci (R) değerleri.....	65
Şekil 4.8. Sıcak yüzey katsayısı h_h değerleri	66
Şekil 4.9. Soğuk yüzey katsayısı (h_c) değerleri	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bina elemanlarını etkileyen faktörler	8
Çizelge 2.2. Çeşitli sıva zeminleri için uygun sıva cinsleri	11
Çizelge 2.3. Sıva tabakalarının kalınlıkları.....	12
Çizelge 2.4. Zemine uygulanacak sıva katı sayıları.....	12
Çizelge 2.5. Türkiye’de kullanılan çimento tipleri, sembolleri ve ilgili standart numarası.....	17
Çizelge 2.6. Farklı bölgelerde bulunan doğal puzolonların kimyasal yapısı.....	18
Çizelge 2.7. Çimento takviyeli kireç harçları	21
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.2. Kirecin kimyasal özellikleri.....	30
Çizelge 3.3. Araştırma deseni	35
Çizelge 4.1. Agregaların tane birim ağırlıkları	44
Çizelge 4.2. Duvar örneklerine ilişkin ısı verileri.....	46
Çizelge 4.2. Duvar örneklerine ilişkin ısı verileri (devamı).....	47
Çizelge 4.3. Çeşitli sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarlara ilişkin ısı iletkenlik değerleri	52
Çizelge 4.4. Isıl özelliklere ilişkin Şekil 4.1-Şekil 4.9 arasındaki grafiklerde numaraların gösterdiği duvar kombinasyonları	58
Çizelge 4.5. Gri ilişkisel analizde kullanılan deney sonuçları.....	69
Çizelge 4.6. Karşılaştırma veri seti ile referans veri seti arasındaki fark değerleri	70
Çizelge 4.7. Katsayı matrisi değerleri.....	71
Çizelge 4.8. Gri ilişkisel derece değerleri.....	72
Çizelge 4.9. Tüm örneklerle ilişkin regresyon analizi sonuçları.....	74
Çizelge 4.10. Tüm örneklerle ilişkin korelasyon analizi sonuçları	75
Çizelge 4.11. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin regresyon analizi sonuçları	75

Çizelge 4.12. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları	76
Çizelge 4.13. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçları	76



1. GİRİŞ

Dünyada birçok ülkede sanayi açısından görülen hızlı ve büyük gelişim, insanlık açısından da önem arz etmektedir. Sanayideki gelişimin yararlarının yanında bazı zararlı etkileri de bulunmaktadır. Bu etkilerin başında üretim sonucu ortaya çıkan, insanlık ve çevre açısından olumsuz olan atık maddeler gelmektedir. Atık maddelerin faydalı geri dönüşüm yöntemleri ya da yolları ile yeniden kullanıma kazandırılması hem çevre koruma yönünden hem de enerji tasarrufu ve ekonomik kazanç yönünden büyük öneme sahiptir (Beycioğlu vd 2008).

Türkiye'nin genel enerji talebi, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren ekonomik büyüme ve nüfus artışına bağlı olarak hızla yükselmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'nce yapılan öngörüye göre birincil enerji üretimi 2020 yılına kadar artarak 66,1 milyon ton petrol eşdeğeri (mtep) olacakken birincil enerji talebi de 222,4 milyon ton petrol eşdeğerine ulaşacaktır. Ancak birincil enerji üretiminin, 1970'li yıllardan itibaren artan talebi karşılamadığı, önümüzdeki yıllarda da enerji açığının hızla artarak 2020 yılında 156,3 mtep'e ulaşacağı ve 2020 yılındaki enerji gereksiniminin %30'unun yerli üretimle, %70'inin de dış alımdan sağlanabileceği beklenmektedir (Narin 2008). Bu yüzden kalkınma ve sanayileşmede engellerle karşılaşmamak açısından enerjinin etkin kullanımı büyük önem kazanmıştır.

Günümüzde nüfusun hızla artışı ve var olan kaynakların tükenmeye yüz tutmasıyla, mevcut atıkların potansiyel bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi ve kullanılmış hammaddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır (Akbulut ve Gürer 2006).

Yapı malzemesi üretiminde sanayi katı atıklarının değerlendirilmesi yoluyla ham madde ve enerji maliyetleri azalmakta, yüksek dayanımlı inşaat malzemesi üretilmekte ve çevre kirliliğiyle mücadeleye katkı sağlanmaktadır (Çelik 2004).

Yapı; insanların kendilerini ve varlıklarını uygunsuz çevre koşullarından, dış etkenlerden, deprem, fırtına vb doğal afetlerden korumak amacıyla değişik malzeme kullanarak ve tekniğine uygun olarak yapılan bir barınak veya örtüdür. Yapı yalnızca barınma ve korunma gereksinimini karşılamakla yetinmeyip, aynı zamanda içinde yaşayanların konforunu ve verimini en yüksek düzeye ulaştıracak uygun yaşam ortamını da sağlamalıdır (Ekmekyapar 1997).

Tarımsal yapılar; tarım işletmelerinde çeşitli amaçlara hizmet eden konut, depo ve koruma yapıları, hayvan barınakları ve ürün değerlendirme tesisleri olarak adlandırılır. Bu yapıların fonksiyonel olabilmesi için yöresel çevre koşulları, işletme tipi ve yapım amacı, yapı malzemesi ve işçilik ekonomisi gibi etkenlerin araştırılmasına gereksinim vardır (Balaban ve Şen 1988).

Yapıların kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmeleri ya da fonksiyonel olabilmesi, değişik malzeme kullanılarak tekniğine uygun bir şekilde yapılmalarıyla olasıdır. Yapının fonksiyonel kullanımı için; çağın ileri teknik bilgi, teknik donanım ve malzemelerinden yararlanılması gerektiği göz ardı edilmemelidir. Ayrıca, uygun olmayan çevre koşullarına, istenmeyen canlı ve cansızlara karşı bir koruma sağlaması yanında sağlam ve dayanıklı olması gerekmektedir. Bunların yanı sıra en önemli etkenlerden birisi de yapının olanaklar ölçüsünde ekonomik bir şekilde yapılmasıdır (Ekmekyapar 1997).

Türkiye'de enerjinin %35'i konutlarda, %40'ı sanayi ve imalat, %20'si ulaşırmada, %5'i diğer alanlarda tüketilmektedir (Anonim 2015a). Çok katlı binalardaki ısı kaybının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden, %17'si hava sızıntılarından, %7'si çatılardan, %6'sı ise bodrum kattan; tek katlı konutlarda ısı kaybının %25'i dış duvarlardan, %22'si çatıdan, %20'si pencerelerden, %20'si bodrumdan ve %13'ü de hava sızıntılarından ortaya çıkmaktadır (Altınışik 2006). Ülkemizde 2000 yılından sonra TS 825'e göre binaların dış duvarlarında yalıtımın zorunlu hale getirilmesi ve yalıtımı devletin teşviki sonucu 2012 yılında konut ve hizmet binalarında tüketilen enerji miktarı 2007 yılına göre %4 düşmüştür (Ertürk vd 2016).

Yapı elemanlarının planlanmasında ve yalıtımında kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletkenlik özellikleri çok önemlidir. Yapı malzemelerinin ısı iletkenlikleri; malzemenin özelliğine, birim ağırlığına, moleküllerin dizilişine, hava ve nem içeriğine göre değişir. Yapı elemanlarının projelenmesi ve yapılarda ısı ve nem dengesinin sağlanabilmesi açısından yapıda kullanılan yapı malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin bilinmesi gereklidir (Kakaç 1982).

Yeterli düzeyde ısı yalıtımıyla yapı elemanlarından kaybolan ısı miktarı azalacak, ısınma ve yaz aylarındaki soğutma giderleri düşecek, daha az yakıt kullanımı ile hava kirliliği önemli ölçüde azalacak, enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

Enerji kayıplarını azaltması nedeniyle ısı yalıtım özelliği iyi olan plastik, pomza, perlit gibi hafif yapı malzemelerinin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Hafif yapı malzemelerinin temel görevi yapılarda ve kullanıldıkları ortamda ısı yalıtımı sağlamaktır (Pehlivanlı 2009). Uçucu kül, silis dumanı, cüruf gibi sanayi atıkları, atık plastikler ve çeşitli bitkisel atıklar binalarda ısı yalıtımına katkı sağlama amacıyla kullanılmaktadır.

Plastiklerin, ekonomik oluşları, uygulama kolaylıkları ve özelliklerinin her geçen gün geliştirilmelerinden dolayı kullanım alanları ve miktarları giderek artmaktadır. Elektrikli ev aletlerinde, otomobil sektöründe, mutfak eşyasında, park-bahçe alanlarında, plastiğe dayalı yapı malzemesinde, gıda maddesi ambalajında, kozmetik, temizlik malzemesi, narenciye, tarım ürünleri, tekstil, konfeksiyon ambalajında, sağlık vb alanlarda plastiğe dayalı araç gereç kullanımı ile karşılaşmaktadır.

Dünyada gelişmişliğin bir göstergesi olan kişi başına plastik tüketimi 2010 yılı için Kuzey Amerika'da 133 kg, Batı Avrupa'da 126 kg, Doğu Avrupa'da 24 kg, Japonya'da 105 kg, Latin Amerika'da 28 kg, Orta Doğu'da 11 kg, Güney Amerika'da 25 kg, Dünya'da 37 kg olarak öngörülmüştür. Türk plastik sanayisinin dünya plastik sektörü içindeki payı ise %1,6 düzeyindedir (Anonim 2017a).

PET (Polietilentereftalat)ler; sağlam, gaz geçişine, parçalanmaya ve dağılmaya dayanıklıdır. Paketleme, ambalajlama ve şişeleme amacıyla kullanılır. Kullanım alanları arasında video teyp bantları, fotoğraf filmleri, meşrubat şişeleri, gıda ambalajı sayılabilir. Bütün plastiklerin %2,3'ünü oluşturmaktadır. Toplaması kolaydır ve yeniden kullanım amacıyla toplayanlarca tercih edilmektedir. Yeniden kullanımda halı, fiber dolgu maddesi, şişe ve kapların yapımında yararlanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Pomza; volkanik olaylar sonucunda oluşmuş silikat esaslı, gözenekleri birbiriyle bağlantısız amorf, camsı ve doğal bir kayadır. Dilimizde sünger taşı, hışır taşı, topuk taşı diye adlandırılan pomza, İngilizce'de pumice, Almanca'da ise naturbims olarak bilinmekte (Köse vd 1997), Türk Dil Kurumu'nda ise ponza olarak anılmaktadır.

Pomza volkanik olaylar sonucu oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere dayanıklı, süngerimsi, ani soğuma ve gazların yapıyı ani terk etmesinden dolayı oldukça gözenekli olan ve suda yüzen, camsı volkanik bir kayadır. Gözenekler arası bağlantısız olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı yüksektir. Amorf yapılı, bünyesinde kristal suyu bulunmayan pomza, kimyasal olarak %75'e varan oranda silis içeriklidir ve birim ağırlığı 1 g/cm^3 ten az olup, sertliği Mohs skalasına göre 6 dolayındadır (Güzel 1993; Çevikbaş ve İlgin 1997).

Pomza ağırlıkça %60-75 SiO_2 , %13-15 Al_2O_3 , %1-4 Fe_2O_3 , %2-5 Na_2O , %3-4 K_2O , %1-2 CaO , %1-2 MgO içermektedir (Okucu 1992).

Isı geçirgenlik direncinin düşüklüğü, hafifliği, kullanılabilme ve işlenebilme kolaylığı, ısıya dayanımı, asit ve bazlara dayanıklılığı, bakteri barındırmaması gibi birçok üstünlüklere sahip olan perlit inşaat sektöründe kullanılabilir bir yapı malzemesidir. Alüminyum silikat yapıya sahip olan, bünyesinde %2-5 oranında su bulunan perlitin; nitrat, sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermeyişi nedeniyle kimyasal olarak saflık derecesi yüksektir. Ham perlit $800-1200^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, tıkalı cevherinde olduğu gibi, bünyesinde bulunan suyun

uzaklaşması sonucu hacmi 10-35 katına kadar genişlemektedir. Genleşmiş perlit beyaz renkli, gözenekli ve hafif bir malzemedir. Doğal bir yalıtım malzemesi olup, ısı iletkenlik katsayısı $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Bu özelliklerinden dolayı ülkemizde üretilen perlitin %80'i inşaat sektöründe ısı ve ses yalıtımı alanında kullanılmaktadır (Batar vd 2009).

Perlitin kullanım alanları inşaat, tarım ve sanayi olarak üç ana grupta incelenebilir. Perlit inşaat sektöründe çok farklı şekillerde yalıtım amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Önceleri iç sıvalarda harç katkısı olarak ve sandviç duvarlarda yalıtım dolgusu olarak kullanılmakta iken son yıllarda kuvars kumu katılmaksızın sadece genleşmiş perlitli beton bloklar ve briketler üretilmeye başlanmıştır (Anonim 2010a).

Tarımsal yapılarda bitkisel atık olarak sap, saman, ot, ağaç yaprağı, ayçiçeği sapı, çeltik kavuzu, ayçiçeği kabuğu; agrega veya bağlayıcı yerine belli oranlarda kullanılarak daha ekonomik, hafif, ısı ve ses yalıtım özelliği düşük yapı elemanları ve beton örnekleri üretilmektedir. Bu malzemelerin hafif, ısı iletkenlik değerlerinin düşük olmaları, bol miktarda bulunmaları nedeniyle ve atık değerlendirmesi yoluyla çevreye sağlayacakları katkıdan dolayı tercih edilmektedir.

Yapı malzemelerinin ve yapı elemanlarının ısı iletkenliği ve diğer ısı özelliklerinin belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır. Bunların en önemlileri de amprik eşitliklerle yapı elemanının ısı iletkenliğinin belirlenmesi yöntemi ve laboratuvar koşullarında doğrudan uygulanan deneysel yöntemlerdir (Anonymous 2007; Escudero *et al.* 2013). Yapı elemanlarının doğrudan ısı iletkenliği ve diğer ısı özelliklerinin saptanmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de laboratuvar koşullarında hot box (sıcak kutu) yöntemidir. Hot box yönteminde yapı elemanlarının karşılaştığı doğal koşullara en yakın ortam sağlandığından, amprik eşitliklere göre ısı iletkenlik ölçümlerinde gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilmektedir (Escudero *et al.* 2013).

Bu çalışmanın amacı; ısı iletkenlik değeri düşük olan öğütölmüş ayçiçeği sapı, hızar talaşı, saman, ağaç yaprağı, öğütölmüş atık plastik gibi atıklar ile genleştörilmiş perlitin katılmasıyla kum, pomza ve kum-pomza kombinasyonu şeklinde hazırlanan sıvaların duvar ısı iletkenliğine etkisini hot box (sıcak kutu) yöntemiyle belirlemek ve ısı kayıplarını en aza indirecek duvar konstrüksiyonunu elde etmek, elde edilen sonuçların tarımsal yapılarda kullanılabılme olanaklarını araştırmaktır. Bu amaçla; normal örgü harcı kullanılarak yatay delikli fabrika tuğlalarıyla 1 m x 1 m boyutlarında örölen duvar örneklerinin iç ve dış yüzeylerine sırasıyla 2 cm ve 3 cm kalınlığında, kaba sıvalarına çimento veya kireç ağırlığının %10'u yerine ayçiçeği sapı, talaş, saman, ağaç yaprağı, plastik gibi atık katkı malzemesi ve perlit katılmasıyla elde edilen sıvalar uygulanmış, elde edilen duvarların ısı iletkenlikleri hot box (sıcak kutu) yöntemiyle belirlenmiştir. Hot box yöntemi bir yapı elemanı olan duvarın ısı iletkenlik değeri doğrudan ve gerçeğe daha yakın belirlenmesinde kullanılan yöntem olması nedeniyle seçilmiştir.

Duvar örneklerinin 39 tanesi 13 cm kalınlığında yatay delikli tuğla ile, her birinden 3'er adet olmak üzere toplam 15 adet örnek de 2 sıra boşluklu bims, 3 sıra boşluklu bims, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğladan örölmüştür. Örölen 39 örneğın; 3 adedi normal sıva ile (kontrol grubu), 36 adedi de atık katkılı sıvalarla sıvanmıştır. Diğer 15 örnek hiç sıvanmamıştır.

Katkılı sıvaların uygulandığı duvarlar ile normal sıva harcıyla sıvanan duvarlar (kontrol grubu) ve sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey ve yatay delikli tuğla ile örölen duvarların ısı iletkenlik değeri belirlenip birbirleriyle karşılaştırılarak değeriendirilmiştir. Çalışma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Faköltesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Mukavemet laboratuarında yürütölmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde; sıva ve yapıda kullanımı, mineral bağlayıcılar, sıva yapım kuralları, sıvalarda bulunması gereken özellikler, ısı yalıtımı ve ısı iletkenliği konularında gerekli literatür bilgileri verilmiştir.

2.1. Sıva ve Yapıda Kullanımı

Sıva, yapıda duvarların iç ve dış yüzeylerine ve tavanlara belirli kalınlıkta uygulanan harç esaslı sürekli kaplama olarak tanımlanır (Eriç 1992).

Bir veya daha fazla sayıda inorganik bağlayıcı, agrega ve suyun, bazı durumlarda mineral ve/veya kimyasal katkıları da eklenerek karıştırılmasıyla hazırlanan harç sıva harcı, bu harçla yapılan yüzey kaplaması da sıva olarak adlandırılır (Anonim 2017b).

Sıva, yapıyı oluşturan yapı elemanlarının yüzeylerini örten, yapıda düzgün bir yüzey oluşturacak biçimde hataları ortadan kaldıran ve genel olarak 1 cm üzerinde kalınlığa sahip, çimento-kireç-kum karıştırılarak inşaat alanında yapılan malzemeye verilen isimdir (Anonim 2006).

Sıvalar; duvar yüzeylerini dış etkilerinden korumak ve istenilen görüntüyü sağlamak için yapılırlar (Taymaz 1977).

Sıva; yapı elemanı yüzeyini düzgünleştirmek, güzel görünüm sağlamak ve dış etkilerden korumak amacıyla uygulanan malzemedir (Ekmekyapar ve Örüng 2012).

Sıvalar, uygulandıkları yapı elemanlarının yüzeylerini örtmeleri ve düzgün görünmelerinin yanı sıra, kaplamış oldukları kısımları, dolayısıyla yapının tümünü atmosfer koşullarından ve çevre faktörlerinden kaynaklanan olumsuz etkilerden korumak veya bu etkileri en aza indirmek (Çizelge 2.1) amacıyla yapının iç ve dış

yüzeylerine uygulanan koruyucu bir tabakadır (Anonim 2007a).

Bağlayıcılar (çimento, kireç, alçı, sentetikler), dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar (kum, kırma taş, pomza vb), su ve boya maddeleri karışımından elde edilen, duvar yüzeyine mala veya püskürtme aracıyla uygulanan yapı bileşenine sıva harcı denir. Sıvayı oluşturan malzemeler yapıldığı amaca göre uygun oranlarda karıştırılırlar. Bu harçlar, katılan malzemelerin cinsi, miktarı ve yapıda kullanım yerleriyle duvarın oluşmasında yüklendikleri işlev açısından farklı şekilde adlandırılırlar ve iç ve dış yüzeylerde uygulanan sıvalar, kaba ve ince sıva olmak üzere iki tabaka şeklinde yapılır (Tuna 1998; Toydemir vd 2000).

Sıvalar iç sıva ve dış sıva olmak üzere iki şekilde yapılabilir. İçte uygulanan sıvalarda koruyuculuk amacının yanında düzgün, duvar gövdesini gizleyen, toz ve kir tutmayan dekoratif bir yüzey oluşturmaları da beklenirken, dış sıvalar ise duvar elemanlarını atmosfer etkilerinden korumak ve yapıya estetik bir görünüş kazandırmak amacıyla yapılmaktadır (Mavi 2000).

Çizelge 2.1. Bina elemanlarını etkileyen faktörler

Bina cephelerini etkileyen meteorolojik faktörler	Yağışlar (kar, yağmur, dolu vb.)
	Rüzgâr, hava hareketleri
	Güneş radyasyonu (ısı, kızılötesi ve mor ötesi ışınlar)
Bina cephelerini etkileyen mekanik faktörler	Deprem
	Mekanik aşınmalar (Kum, toz, su, vb.)
	Gazlar (SO ₂ , H ₂ SO ₄ , vb.)
	Karbon monoksit
	Sanayisel faktörler
Bina cephelerini etkileyen kimyasal faktörler	Duman
	Hava kirliliği
Bina cephelerini etkileyen biyolojik faktörler	Canlı varlıklar (hayvanlar, insanlar)
	Bitkiler (ağaç, ot, vb.)

Kaba sıvanın kalınlığı normal koşullarda bina dış yüzeyinde 20 mm olmalıdır. Kaba kum, bağlayıcı ve su karışımından elde edilir. Sıvayı etkileyecek öncelikli işlemler

tamamlandıktan sonra kaba sıva uygulamasına geçilmelidir. Kaba sıva yapımı aşağıdaki işlem sırasına göre gerçekleştirilir (Anonim 2007b; Anonim 2007c).

-Taş, tuğla veya bloklarla yapılan duvar yüzeylerindeki derzlerden taşan harçlar ve beton yüzeylerindeki çapaklar alınır. Sıvanacak yüzeyde toz ve kir bırakılmayacak şekilde temizlenir.

-Kargir veya beton yüzeylere sıva yapılırken harcın içindeki suyu emmesini önlemek için yüzey önceden ıslatılmalıdır.

-Islatılmış kargir veya beton yüzeylere sulu kıvamdaki harç serpmeye şeklinde uygulanır.

-Sıvanacak yüzeyin düzgünlüğü master ile kontrol edilir. Pencere ve kapı kasalarının alınları sıva ile aynı düzlemde olmalıdır. Bu nedenle kasaların yerleştirilmesi kontrol edilmeli, hatalı uygulama varsa düzeltilmelidir.

-Kaba sıva yapımı tamamlandıktan sonra ince sıvanın kolaylıkla yapışmasını sağlamak için yüzey mala ucuyla çizilerek taranmalıdır. Tarama çizgileri 5-15 cm aralıklarla ve yatayla 45 derecelik açı yapacak şekilde 3-5 mm derinliğinde yapılır.

İnce sıva, kaba sıva üzerine ikinci kat olarak uygulanan katmandır. Kalınlığı 4-6 mm arasında değişmekte olup, iç ve dış sıvalar için normal koşullarda 5 mm kalınlığında uygulanır. Genellikle ince sıva harcı, kaba sıva yapımında kullanılan çimento, kireç gibi bağlayıcılarla 1 mm'lik elekten elenmiş ince kum karıştırılarak yapılır (Taymaz 1977).

İnce sıva uygulanırken aşağıda belirtilen noktalar göz önüne alınmalıdır (Anonim 2007b; Anonim 2007c).

-Kaba sıva yüzeyi temizlenmeli ve kurumuş ise ıslatılmalıdır. Asıl olarak kaba sıva tamamen kurumadan ince sıvanın yapılması tercih edilmelidir.

-İnce sıva harcı, büyük tahta mala veya sıvacı küreği ile aynı kalınlığı verecek şekilde aşağıdan yukarıya doğru yüzeyde çekilmelidir.

-İskelenin duvara bağlantıları varsa çıkartılmalı ve yerleri sıvanmalıdır.

-Havanın durumuna ve kullanılan harcın cinsine göre düz yerlerde 4-8 m² alan tamamlandığında master çekilmelidir. Duvar ve tavanlarda düz master, kavisli

yüzeylerde kavisin durumuna göre özel olarak hazırlanmış şablon master kullanılmalıdır.

-Master çekildikten sonra, yüzeyde boş kalan kısımlar tekrar ince sıva harcı ile sıvanmalı, yeniden master çekilmelidir. Master çekilirken sıva kalınlığının aynı olmasının sağlanmasına ve iz bırakmamasına özen gösterilmelidir.

-Master çekilen sıva yüzeyi kurumaya başlamadan önce küçük tahta mala-trifil ile perdahlanmalıdır. Kurumaya başlayan yüzeylere fırça ile su serpilerek yüzey düzelinceye kadar perdah yapılmalıdır.

-Kolon, giriş, kapı ve pencere boşluklarının köşeleri keskin ve perdahlı ise her iki şekilde de köşelerin düzgün olması için master kullanılmalı ve perdah yapılmalıdır.

Sıva yapımında göz önüne alınması gereken bazı noktalar vardır (Anonim 2007b; Anonim 2007c). Bunlar:

-Sıva yapılacak zemin yüzeylerine uygun sıva harcı (Çizelge 2.2) hazırlanarak sıva yapılmalıdır.

-Sıva karışım oranları hacimce belirlenir. Bu nedenle uygun ölçü kapları kullanılarak karışım hazırlanmalı, kürek hesabı ölçü kullanılmamalıdır.

-Düzgün ve homojen bir yüzey elde etmek amacıyla yüzeyler için gerekli sıva tabakası kalınlıkları (Çizelge 2.3) seçilmeli ve uygulanmalıdır.

-Sıva tabakaları uygulanırken her yerde aynı olması gerektiğinden sıva yüzeylerinde sıva tabaka sayıları (Çizelge 2.4) aynı olmalıdır.

Çizelge 2.2. Çeşitli sıva zeminleri için uygun sıva cinsleri

Sıva Zemin Cinsi	İnce Sıva Cinsi	İnce Sıva Zeminine Uygun Kaba Sıva Cinsi
Klinker tuğlalar (TS 4562) Yoğun beton (TS 500) Düşey delikli tuğla (TS 705) Kireç silisli malzemedan bloklar (TS 808) Beton bloklar (TS 406) Moloz taş	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum Çimento: kum III. Çimento : kireç : kum IV. Alçılı hafif hazır sıva	I. Katkılı alçı : kum II. Katkılı alçı : kum Çimento : kireç : kum III. Çimento : kum Çimento : kireç : kum Harç çimentosu : kum IV. Alçılı hafif hazır sıva
Yatay delikli tuğla (TS 4563) Düşey delikli hafif tuğla (TS 4377) Harman tuğlası (TS 704)	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum III. Çimento : kireç : kum IV. Alçılı hafif hazır sıva	I. Katkılı alçı : kum Harç çimentosu : kum II. Katkılı alçı : kum Katkılı alçı : kireç : kum Çimento : kireç : kum Harç çimentosu : kum III. Çimento : kireç : kum Harç çimentosu : kum IV. Alçılı hafif hazır sıva Çimentolu hafif hazır sıva
Beton bloklar (TS 2823 – TS 406) Hafif beton (TS 3234) Hava katkılı beton Gaz beton (TS 453)	I. Katkılı alçı : kum II.Kireç : kum III. Alçılı hafif hazır sıva	I. Katkılı alçı : kum II. Katkılı alçı : kum III.Alçılı hafif hazır sıva Çimentolu hafif hazır sıva
Odun talaşı levha (TS 305) Mantar levha (TS 304)	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum
Alçı blok	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum	I. Katkılı alçı : kum II. Kireç : kum

-Düzgün ve homojen bir yüzey elde etmek amacıyla yüzeyler için gerekli sıva tabakası kalınlıkları (Çizelge 2.3) seçilmeli ve uygulanmalıdır.

-Sıva tabakaları uygulanırken her yerde aynı olması gerektiğinden sıva yüzeylerinde sıva tabaka sayıları (Çizelge 2.4) aynı olmalıdır.

Çizelge 2.3. Sıva tabakalarının kalınlıkları

Sıva Uygulama Yüzeyi		Kaba Sıvada (mm olarak)	İnce Sıvada (mm olarak)
a. Moloz taş yüzeylerde		10-15	5-7
b. Tuğla yüzeylerde		10-15	5-7
c. Beton yüzeylerde		5-10	5-7
d. Alçı bölme blokları, ahşap rende talaşı veya mantar levha yüzeylerde:	Alçı Sıva	-	5-7
	Diğer Sıva Çeşitleri	Kaba ve ince sıva tabakalarının kalınlıkları 10 mm'yi geçmemelidir.	Kaba ve ince sıva tabakalarının kalınlıkları 10 mm'yi geçmemelidir.

Çizelge 2.4. Zemine uygulanacak sıva katı sayıları

Zemin Cinsi		Sıva Katı
Moloz taşından veya TS 704'e uygun tuğladan yüzeylerde		3 kat
TS 537'ye uygun çimento kerpiç blokları, TS 406'ya uygun briketker, TS 2823'e uygun bims betondan yapılmış yapı elemanları, TS 808'e uygun kireç ve silisli bloklar ile TS 705, TS 4377, TS 4563'e uygun çeşitli fabrika tuğlaları ve TS 500'e göre yapılan beton yüzeylerde		2 kat
Metal depluvayye ve örgü tel üzerine		3 kat
Bağdadı üzerine		3 kat
TS 451' göre alçı bölme bloklarından yapılmış yüzeylerde	Katkılı alçı sıva ile	1 kat
	Diğer sıva çeşitlerinde	2 kat
TS 305'e uygun odun talaşı veya mantar levha üzerine		2 kat

-Çarpmaya ve sürtünmeye dayanıklı yerlerde sıva, çimento veya alçı harçları ile yapılmalı, köşeler korniyer veya yuvarlatılmış galvanizli saç köşebentler ile sağlamlaştırılmalıdır.

-Yapıda en çok kullanılan koridor, merdiven yuvası gibi yerlerdeki sıva, çarpmaya ve sürtünmeye dayanıklı olmalı, genel olarak kaba sıvanın sağlam ve kolayca dağılmaz,

ince sıvanın basınca dayanıklı olması koşulu unutulmamalıdır.

-Çimento ve alçı hiçbir zaman aynı karışımında bulunmamalıdır.

-Dış kaba sıva yüzeye 45°'lik açıyla yapılmalı ve iki yönde taranarak yüzey pürüzlendirilmelidir.

-Mozaik, yapay taş, mermer sıva gibi bazı sıvaların altına sadece çimento harçlı kaba sıva yapılmalıdır.

-Sıvada ilk katların duvara daha iyi yapışması için sıva sulu serpmeye olarak yapılmalıdır.

-Bitmiş yüzeyler birkaç gün süreyle ıslatılmalıdır.

-Başlanan cephe bir gün içerisinde bitirilecek şekilde sıva yapılmalıdır. Bitmeyecek ise dilatasyon derzlerinde girinti çıkıntı olan kısımlarda veya pencere boşluklarının fazla olduğu sıva kalınlığının en az olacağı yerlerde, sıva kalınlığında çita çakılarak kesilmelidir. İkinci gün bu çita sökülüp, ilk yapılan yere sıratmamak, kırletmemek için üzeri maskelendikten sonra sıva yapımına devam edilmelidir.

-Dış sıvada kullanılan kireç en az 3-4 hafta kuyuda beklemeli ve kullanılırken 1 mm-3 mm'lik eleklerden geçirilmelidir.

-Sıvanacak yüzeylere işçinin boyu yetişemeyecek ise iskele yapılmalıdır. İskele, üzerinde kolaylıkla ve güvenle çalışılabilecek şekil ve sağlamlıkta yapılmalı ve sıvanacak yüzeyle ilişkisi olmamalıdır.

-Çimento ve kireç harcıyla yapılan sıvalar, sıcak havalarda prizini normal koşullarda yapabilmesi için ıslatılmalıdır.

-Özellikle duvar sıvasına duvar işlendikten ve prizini aldıktan sonra başlanmalı, önce iç sıva sonra dış sıva uygulanmasına geçilmelidir.

-Uygulanacak her yeni sıva tabakası bir öncekisinden daha küçük dozajda olmalı ve yeterli sertleşme sağlanması için uygulanan her yeni tabaka en az 24 saat beklenmelidir.

Yüzeydeki taşmış harçlar, olası kil ve tozlar temizlenip, yüzey ıslatılmalı, farklı cins malzemelerin birleşme yerlerinde veya yapının farklılık gösterebilecek derzlerinde sıva teli kullanılarak sıvaya başlanmalıdır.

-Yapının bütün işleri bittikten sonra sıvaya geçilmeli, sıva yapıldıktan sonra malzeme çekmek için duvar yıkılmamalı, içte yapılacak sulu harç, döşeme tesviyesi gibi

işlemlerle malzemenin duvarı ıslatması önlenmelidir.

-Bir cepheye yetecek harç, bir kerede harman halinde hazırlanmalı, sıvalar yağmur altında veya yağmur tehlikesi olan günlerde yapılmamalıdır. Bu nedenle sıva yapılan yerde çevre sıcaklığı 5°C'nin altına düşmemeli, 35°C'nin üzerine çıkmamalıdır.

-Dış sıvalar tamir kabul etmeyeceğinden sıva yukarıdan aşağıya doğru yapılmalıdır.

-Sıva öncelikle temiz yüzeye, yeterli bilgi ve nitelikli işçilik koşulları altında uygulanmalıdır.

-Uygulandığı yüzeyi tesviye edilebilir şekilde yapılmalıdır.

-Sıva, yapının bütününe uygun estetik görünüm kazandırmak veya bu amaca uygun bir bitirme malzemesine zemin hazırlayabilecek nitelikte olmalıdır.

Sıvaların bazı özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bunlar (Anonim 2007c);

-Geçirimsiz olmalıdır.

-Gözeneksiz olmalıdır.

-Duvarı, iç, dış ve kendi yapısındaki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerden korumalıdır.

-Aderansı iyi olmalıdır. Katmanlar arası sürtünme kuvveti fazla olmalı, tutunma yeteneği yüksek olmalıdır. Uygulanan yüzeye yapışmalı ama çok kalın ve sert olmamalıdır.

-Yüzeyi kaygan olmalı, gelen suyu duvar içerisine geçirmemeli, kısa sürede ve kolayca aşınmamalıdır.

-Yeteri kadar mukavemetli ancak hacim değişikliklerinde çatlamaları önleyecek kadar elastik, duvarın hava ve nem alışverişini sağlayacak kadar gözenekli olmalıdır.

-Isı değişimleri sırasında genleşme, büzülme yapmamalı, çatlamalar olmamalıdır.

-Malzeme seçimleri istenen performansa uygun olmalı, akmamalıdır. Renkleri solmamalıdır, küfe ve neme dayanıklı olmalıdır.

2.2. Sıva Harcı Yapımında Kullanılan Malzemeler

Sıva yapımında kullanılan malzemeler bağlayıcılar, kum, katkı malzemeleri ve karma

suyu olmak üzere 4 başlık altında incelenebilir.

1. Bağlayıcılar

Su ile karıştırıldığında plastik bir hamur şeklini alan, belirli bir süre karıştırıldıktan sonra sertleşen ve bundan dolayı kendisine eklenen taneli malzemeleri birbirine bağlayan çimento, kireç, alçı gibi maddeler bağlayıcı olarak tarif edilmiştir (Ekmekyapar ve Örüng 2012).

İnce toz şeklinde olan ve su eklenmesi ile hamura dönüştükten sonra zamanla plastikliğini kaybedip sertleşen, bağlayıcı özelliği olan malzemelere bağlayıcı maddeler denir (Ün 2007).

Bağlayıcı maddeler kırma taş, tuğla kırıkları, çakıl, kum ve pomza gibi agrega adı verilen mineral taneli malzemeyi birbirine bağlayarak, yapay taş oluşumuna izin veren malzemelerin genel adıdır. Bağlayıcı maddeler genel olarak toz halindedir (Akman 1990).

-Alçı: En eski bağlayıcı maddelerden olup, günümüzde bağlayıcı madde olarak pek kullanılmamaktadır. İçine başka malzeme katılmadan tek başına değişik amaçlar için yapılarda alçıdan yararlanılmaktadır. Alçının hammaddesi doğadaki alçıtaşı veya jips ile anhidrittir. Alçı taşının ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çeşitli derecelerde pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında kısa süre içinde katılaşma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür (Ekmekyapar ve Örüng 2012).

-Kireç: Alçı gibi çok eski bir bağlayıcıdır. Kireç, kireç taşının (kalsiyum karbonat CaCO_3 -magnezyum karbonat MgCO_3) çeşitli sıcaklık derecelerinde pişirilmesiyle elde edilen, beyaz, inorganik bir bağlayıcı türüdür.

Kirecin hammaddesi kalker taşı, tebeşir vb gibi kalsiyum karbonat (CaCO_3) kökenli

kütleler veya dolomit gibi kalsiyum ve magnezyum karbonat (CaCO_3 , MgCO_3)’ten oluşan kütlelerdir. Birinci gruptan elde edilen kireç beyaz renklidir, ikinci gruptan elde edilen ise esmer renklidir ve dayanımı oldukça yüksektir (Şahin ve Ünal 2007).

-Çimento: Belirli oranlarda karıştırılan kil ve kalker karışımının çeşitli sıcaklık derecelerinde ($1250-1450^\circ\text{C}$) pişirilmesi sonucu elde edilen havada ve suda katılaşma özelliği gösteren gri ve beyaz renkli inorganik esaslı bağlayıcı türüdür.

Kalker sıcaklık etkisiyle ayrışarak kirece (CaO), kil ayrışarak silis ve alümine (SiO_2 ve Al_2O_3) dönüşür. Bu arada kilde ve katılan ergitici toprakta bulunan demir de demir oksit (Fe_2O_3) şeklinde ortaya çıkar (Uluata 1981; Akman 1990).

Çimentonun; içine katılan çeşitli katkı maddelerine ve kazandığı özelliklere göre Çizelge 2.5’te görüldüğü gibi farklı türleri vardır (Erdoğan 2003).

-Puzolanlar (traslar): Kimyasal olarak silis (SiO_2) ve az miktarda Alümin (Al_2O_3)’den oluşan maddeler puzolan olarak adlandırılır. Tek başlarına bağlayıcılık özelliği ya çok azdır, ya da hiç yoktur. Kireç, çimento gibi bağlayıcılarla karıştırıldıklarında bağlayıcılık kazanırlar (Ekmekyapar ve Örüng 2012).

Puzolanlar doğal ve yapay olmak üzere iki türdür. Doğal puzolanlar da kimyasal yapıları yönünden farklılık gösterebilmektedirler (Ün 2007).

Doğal puzolanlar volkanik kökenli ve ısı işlem görmüş diatomitler ve şeyller olarak iki grupta toplanır. Bunlar çoğunlukla İtalya’da, Yunanistan’ın Santorin adalarında, ülkemizde ise Kayseri-Nevşehir bölgesinde bulunur. Yapay puzolanlar içerisinde öğütülmüş tuğla dışında, termik santral baca külleri (uçucu kül) silis dumanı, yüksek fırın cürüfları da sayılabilir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.5. Türkiye’de kullanılan çimento tipleri, sembolleri ve ilgili standart numarası

Çimento Tipleri	Sembolü	Standart No
Portland çimentosu	PÇ	TS 19
Cüruflu çimento	CÇ	TS 20
Beyaz portland çimento	BPÇ	TS 21
Harç çimentosu	HÇ	TS 22
Traslı çimento	TÇ	TS 26
Uçucu küllü çimento	UÇK	TS 640
Süper sülfat çimentosu	SSÇ	TS 809
Erken dayanımı yüksek çimento	EYÇ	TS 3646
Katkılı çimento	KÇ	TS 10156
Sülfata dayanımlı çimento	SDÇ	TS 10157
Çimento-Portland cüruflu	PCÇ	TS 12139
Çimento-Portland kalkerli	PLÇ	TS 12140
Çimento-Portlandslikafime	PSFÇ	TS 12141
Çimento kompoze	KZÇ	TS 12142
Çimento-Portland kompoze	PKÇ	TS 12143
Çimento puzolonik	PZÇ	TS 12144

-Sentetik bağlayıcılar: Bağlayıcı özelliği olan çeşitli organik sentetik maddelerin kullanıldığı malzemeleridir. Sentetik bağlayıcıların kullanıldığı sıvalar bağlayıcılarına göre isimlendirilirler. Bu bağlayıcılar; Polivinilalkol (PVA), akrilik polimer, akrilik kopolimer, poliester, poliüretan ve epoksi gibi maddelerdir (Ersoy 1989).

2. İnce agrega

Agrega ya da kum; harç ve sıva yapımında bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılan, mineral kökenli, boyutları farklı malzemelerdir. Doğal veya yapay yollarla elde edilebilirler. Kum ve çakıllar doğal agregalar olup kırma taşlar, yüksek fırın cürufları,

kazan külleri, pişmiş killeri ve bunların geliştirilmesiyle elde edilen maddeler yapay agregaları oluşturur. Göz açıklığı 4 mm olan kare delikli elekten geçen agrega ince agrega olarak adlandırılır (Mavi 2000; Ekmekyapar ve Örüng 2012).

Çizelge 2.6. Farklı bölgelerde bulunan doğal puzolonların kimyasal yapısı

	Ren Trası (%)	Santorin(%)	Napoli(%)	Kayseri (%)	Kula Cürufu (%)
SiO₂	54,2	63,2	55,7	68,08	45,88
Fe₂O₃	3,8	4,9	4,6	5,58	2,87
Al₂O₃	16,4	13,2	19,0	18,3	16,3
CaO	3,8	4,0	5,0	5,07	9,73
MgO	1,9	2,1	1,3	1,55	6,90
Diğer Maddeler	19,9	12,6	14,4	1,09	18,09

3. Katkı malzemeleri

Harç veya sıvaya yeni özellikler kazandırmak için bağlayıcı ve dolgu malzemelerine eklenmek suretiyle kullanılan malzemelere katkı malzemesi denir (Ashurst 1983).

Günümüzde kullanılan katkı maddeleri; donmaya karşı olanlar (kalsiyum klorür), suya direnç gösterenler (kalsiyum stearat veya mineral yağlar), hava sürükleyicileri (kalsiyum lignosülfat), su emmeyi geciktirenler (naphto-sülfat, sodyum glukonat), renk vericiler (çeşitli pigmentler) şeklindedir. Harç yapımında kullanılan bu maddelerin prizi hızlandırıcı, plastikleştirici, geciktirici özellikleri vardır (Güleç 1992).

4. Karma suyu

Üretim aşamasında kullanılan suya karma, karışım ya da yoğurma suyu adı verilir. Karma suyunun görevi çimentonun hidrasyonunu sağlamak, agrega ve çimento tanelerini ıslatarak harca belirli bir kıvam vermektir. Karma suyu taze harcın özelliklerini olumsuz yönde etkilememelidir (Uluata 1981).

Karma suyunda organik maddeler, madensel ve organik yağlar, sanayi atıkları ile kullanılacak bağlayıcıya zararlı etkileri olabilecek miktarlarda bileşikler ve lağım suları bulunmamalıdır. Kullanılacak su içilebilecek özellikte veya zararlı maddelerden ayrılmış, TS 1247 ve TS 500’de belirtilen koşullara uygun olmalıdır.

2.3. Mineral Bağlayıcılı Sıvalar

Sıvalarda bağlayıcı olarak alçı, kireç veya çimentonun biri veya birkaçı bir arada kullanılabilir. Kullanılan bağlayıcılara göre sıva türleri oluşur.

Kireç bağlayıcılı sıva (kireçli sıva, kireç sıva) harcının yapımında, kireç hamuru veya sönmüş torba toz kireç kullanılır. Türk Standartları Enstitüsünün 1985 tarihli genel teknik şartnamesine göre kullanılan kireç, kuyuda söndürülerek en az üç hafta bekletilmiş iyi cins kireç olmalıdır. Kireç sıvalar iki tabaka şeklinde uygulanmaktadır. Birinci kat sıvada orta kum (1-2 mm çaplı), ikinci kat sıvada ise ince perdah kumu kullanılmaktadır (Güner ve Yüksel 2006).

Kireç bağlayıcı sıva; yapıdaki hareketlere bir noktaya kadar çatlamadan dayanan, aderansı yüksek, ancak sertliği ve dayanımı düşük bir sıva türüdür. Gözenekli ve hafif yapısı çevreden nem alış verişini kolaylaştırır. Özellikle iç mekânlarda rahatlıkla kullanılan, aderansı nedeni ile tavanda yeğlenen bir sıvadır. Nem geçirimsizliğinin yüksek oluşu nedeni ile nemli ortamlarda ve su buharının bulunduğu iç hacimlerde iyi sonuçlar verir. Donma-çözölmeye ve kötü hava koşullarına dayanıklıdır. İyi bir nem dengesi sağlar. Yapıda hareketlerin olduğu noktalarda, hafif yapı elemanları ile oluşturulmuş duvarların sıvanmasında da kullanılır. Gözenekli yapısı ve su emici özelliğe sahip olduğundan; su basman düzeyinin altındaki bodrum ve temel duvarlarında, aşırı yağışlı bölgelerde dış sıva olarak kullanılmaması, kullanılması gerekiyorsa su emmeyi önleyici katkı maddeleri ya da yüzey kaplaması ile birlikte uygulanması gerekir (Tuna 1998).

Alçı bağlayıcılı sıvalar; alçının bağlayıcı olarak kullanıldığı sıvalar ve saf alçı hamuru

ile yapılan sıvalar olarak iki ayrı biçimde uygulanmaktadır. Alçı, gözenekli yapısı nedeni ile nem alabilen ve iç mekân nemliliğini düzenleyen bir özelliğe sahiptir. Alçı sıva, kolay işlenip şekillendirilmesi ve çabuk çözünürlüklü olmasından dolayı iç sıva için uygundur. Kireç eklenmesi ile aderansı arttırılabilen alçı sıva, çok yüksek dayanım özelliğine sahip olmamasına karşın çatlamalara daha dayanıklıdır ve deformasyon yeteneği vardır. Alçının su etkisine yeterince dayanıklı olmaması ve suda bir ölçüde çözünebilmesi ıslak hacimlerde ve yağışlara maruz olan dış cephelerde kullanılmasını kısıtlamaktadır (Ersoy 1989).

Saf alçı hamuru, kullanılacak alçının ağırlığının en çok %80'i kadar harç teknesine su konup ve üzerine alçı eklenip karıştırılmasıyla oluşturulur. Hazırlanan bu harç kaba sıva üzerine 5-7 mm kalınlığında, düzgün tavan ve kolon beton yüzeylerine ise 1-2 cm kalınlığında uygulanır (Güner ve Yüksel 2006).

Kireç-alçı bağlayıcılı sıvaların bileşimi, kum, kireç ve alçıdan oluşmaktadır. Gözenekli, aderansı iyi, esneme özelliği olan sıvalardır. Kaba sıva için kaba kum, ince sıva için ince kum veya ince mil kumunun alçı ile kuru olarak karıştırılması, bu karışıma içerisinde belirli oranlarda kirecin eritildiği su, istenen kıvam sağlanıncaya kadar eklenerek yapılır. Dayanım yönünden Türk Standartları Enstitüsü şartnamelerinde su miktarının; alçı ağırlığının 80'ini, kum ağırlığının %25'ini geçmemesi istenmektedir. Bu tür hazırlanan kaba sıvalar, en fazla 15 mm kalınlığında yapılarak üzerine 5-7 mm kalınlığında ince sıva uygulanır (Ersoy 1989; Güner ve Yüksel 2006).

Çimento- kireç bağlayıcılı sıvalar, diğer sıvalara göre sahip olduğu üstün özellikler nedeniyle en fazla uygulanan bir sıva çeşididir. Deformasyondan etkilenmeyen, dayanımı yüksek, yeterince elastik, az nem alma ve nem atma özelliklerinin iyi olması nedeniyle her türlü duvar yüzeyinde iç ve dış sıva yapımında kullanılabilir. Çok yağışlı, hakim rüzgar yönlerinde dış sıva olarak uygulanıyorsa kılcallığı azaltıcı katkı maddeleri karışıma katılabilir. Su basman düzeyi altında, bodrum ve temel duvarlarında kullanılmamalıdır. Dış duvarlarda sıva uygulanmasından önce duvar yüzeyinin özelliği ve çevre koşulları göz önüne alınarak bir serpm tabakasının uygulanması genellikle iyi

sonuçlar vermektedir. Sıvanın suyunu hızla veya çok az emen yüzeyler ile sıva aderansına olanak vermeyen düzgün yüzeylerde 3 mm kalınlığında bir serpmme tabakasının uygulanması gerekir (Eriç 1987).

Çimento takviyeli kireç sıva harçları karışım oranları ve 1 m³ harç için gerekli bileşenleri Çizelge 2.7’de verilmiştir (Anonim 2015b):

Çizelge 2.7. Çimento takviyeli kireç harçları

Harcın Dayanım ve Sertliği	Karışımın Cins ve Oranı		
	Çimento	Kireç	Kum
Çok kuvvetli ve sert	1	0-1/4	3
Kuvvetli ve sert	1	1	6
Zayıf	1	2	9

Çimento bağlayıcılı kaba sıvalar 2 mm’lik elekten geçen kuma, çimento ve su eklenmesiyle elde edilir. Uygulama aşamasında duvar yüzeylerine ilk önce 2 cm kalınlıkta bir kaba sıva yapılır. Bunun üzerine 1 mm’lik elekten geçen perdah kumu, çimento ve su ile hazırlanan ince sıva uygulanır. Sıvanın kurumaya başlamasından sonra badana fırçası ile ıslatılan duvar yüzeyi ahşap mala ile perdahlanır (Özçelik 1965).

Yangına karşı dirençli, yüksek dayanıma ve su geçirimsizliğine sahip, buna karşın düşük elastiklikte olduklarından çimento sıvalar yapı kabuğunun ısısal ve mekanik hareketlerine karşı hassastırlar ve çatlamaya ve rötreye uğrayabilirler. Bu nedenle hafif yapı malzemeleriyle yapılmış duvarlarda kullanılması uygun değildir. Su basman altında, bodrum ve temel duvarlarında, mekanik etkilerin fazla olduğu yerlerde kullanılabilir. İşlenebilirlik ve aderanslarının artırılması amacı ile uygulamada bir miktar kireç de karışıma katılabilmektedir (Tuna 1998).

2.4. Isı İletkenliği ve Atık Maddeler

Isı iletkenliği (λ), homojen bir malzemenin kararlı rejim koşulları altında birbirine

paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu zaman, birim zamanda (1 saat), birim alandan (1 m^2) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m) geçen ısı miktarıdır. Birimi $\text{kcal/m}^{\circ}\text{C h}$ veya $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ 'dir (Ekmekyapar 1991).

Yapı elemanlarının ısı geçirme katsayısı ve ısı geçirme direnci yapı elemanlarında kullanılacak malzemelerin ısı geçirgenliklerine bağlıdır. Isı geçişi (ısı geçirgenliği); kararlı rejim koşulları altında homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu zaman, birim zamanda (1 saat), birim alandan (1 m^2) ve bu alana dik yöndeki herhangi bir 'L' kalınlığından geçen ısı miktarıdır. Birimi $\text{kcal/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C h}$ veya $\text{W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tır. Isı geçirgenliğinin tersi ısı direnci olup, birimi $\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C h/kcal}$ veya $\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/ W}$ 'tır (Ekmekyapar 1991).

Farklı sıcaklığa sahip iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak amacıyla gerçekleştirilen işlemlere ısı yalıtımı adı verilmektedir. Isı yalıtımı amacıyla; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında enerji tasarrufuna yönelik olarak düşük kalınlıklarda üretilmiş, yüksek ısıl dirence sahip özel yalıtım ürünleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin en temel özelliği düşük ısıl geçirgenlik direncine sahip olmalarıdır (Batar vd 2009).

Yapılarda aranılan en önemli özelliklerden birisi de iç kısmında ısıl konforun sağlanmasıdır. Günümüzde enerji sorunu göz önüne alındığında yapı kabuğunun, gerekli ısıl konforu minimum enerji kullanarak sağlaması büyük önem taşımaktadır. Isıtmada kullanılan enerjiye ilişkin harcamaların minimum düzeye indirilmesi için ısı kayıplarının olanaklar ölçüsünde azaltılması ve dolayısıyla ısı yalıtımı gereklidir (Köse vd 2006).

Malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları kuru birim hacim ağırlık ile doğru orantılıdır (Murdock *et al.* 1991; Genceli ve Özgüç 2000; Demirdağ ve Gündüz 2003). Belirli bir hacimdeki malzemenin nem oranı düştükçe kuru birim hacim ağırlığı düşmekte ve ısı iletkenlik değeri de azalmaktadır.

Birim ağırlık; doğrudan ısı akışı, ısı iletkenliği ve ısı direnci ölçümlerinde tanımlanması gerekli bir büyüklüktür. Bu bağlamda, birçok malzeme için kullanıma sunan kurum ve/veya kuruluşlarca birim ağırlık değerleri verilmediğinden malzemelerin ısı iletimi hususunda değerlendirilebilmesi zorlaşmaktadır (Strother and Turner 1990).

Betonun ısı iletkenliği artan nem içeriğiyle artar. Suyun ısı iletkenliğinin, havanın ısı iletkenliğine göre yaklaşık 25 kat fazla olması nedeniyle; malzemede gözeneklerdeki hava boşluklarının yerini kısmen suyun alması sonucunda beton daha büyük ısı iletkenlik değerine sahip olmaktadır (Short and Kinniburg 1978; Morabito 1989).

Steiger and Hurd (1978), betonun birim ağırlığı su emmesi sonucu %1 arttığında ısı iletkenlik katsayısının %5 kadar arttığını; Bouguerra *et al.* (1998), hafif agregalarla üretilen betonların ısı iletkenliklerinin porozite ile önemli derecede değiştiğini; Gül vd (1997), Blanco *et al.* (2000), betonun birim ağırlığının düşmesiyle ısı iletkenlik değerinin düştüğünü, Chen and Chung (1995), karışıma çimento ağırlığının %20-30'u oranında lateks, %0,4-0,8'i oranında metiselüloz, %15'i oranında silis dumanı eklenmesiyle çimento hamurunun ısı iletkenlik değerinin %46'ya kadar azaldığını belirtmişlerdir.

Demirboğa and Gül (2003), çimentonun ağırlıkça %30'unun yerine ayrı ayrı silis dumanı ve uçucu külün kullanılmasıyla hafif agrega ile üretilen betonun ısı iletkenlik değerinin %18.3 ve %18.6 oranında azalttığını bildirmişlerdir.

Demirdağ (2005), yaptığı çalışmada volkanik cüruf katkılı blokların ısı iletkenlik değerlerini hot box yöntemiyle belirlemiş, kuru durumdaki ısı iletkenlik değerlerinin 0,310- 0,330 kcal/m h°C veya 0,360-0,384 W/mK arasında değiştiğini gözlemlemiştir.

Tohumcu (2005), yaptığı çalışmada öğütülmüş atık plastik katkılı beton örneklerinin ısı iletkenlik değerlerinin 0,9033-1,1823 W/mK arasında değiştiğini, kontrol örneği

için bu değerin 1,2262 W/mK olduğunu, atık plastik katılmasıyla ısı iletkenlik değerlerinin %3.6- %26.3 arasında değişen oranlarda düşüş gösterdiğini vurgulamıştır.

Memiş (2007); öğütülmüş atık plastik (PET) katkılı sıvalara ilişkin ısı iletkenlik değerlerinin 0,430-0,819 kcal/ m°C h veya 0,504-0,952 W/mK arasında değiştiğini, bu değerin kontrol örneklerinde 0,820 kcal/ m°C h veya 0,954 W/mK olduğunu ve ısı iletkenlik değerlerinde %36.33'e kadar bir düşüş görüldüğünü saptamıştır.

Uğur vd (2003), mermer türlerinin ısı iletkenliklerini hot box yöntemiyle belirledikleri bir çalışmada çeşitli mermer türlerinin ısı iletkenlik değerlerinin 1,984-2,164 kcal/m°C h veya 2,308-2,517 W/mK arasında değiştiğini ve ortalama olarak 2,059 kcal/m°C h veya 2,395 W/mK olduğunu bulmuşlardır.

Demirboğa and Gül (2003), karışımda kullanılan çimento ağırlığının %10, %20, %30'u yerine silis dumanı ve uçucu kül eklenmesiyle elde edilen beton örneklerinin ısı iletkenlik değerlerinin %14'ile %18'i arasında azaldığını ortaya koymuşlardır.

Mahdi *et al.* (2007), atık plastik (PET) şişelerden elde edilen reçine kullanılarak oluşturulan polimer harçların fizikokimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada bağlayıcı olarak kullanılan reçineler ile oluşturulan örnekler benzoyl peroksit içerisinde kür edilmişlerdir. Kürü yapılan örneklerin karbon, hidrojen ve nitrojen analizleri yardımıyla fizikokimyasal özellikleri saptamış ve kızılötesi ışınlarla çalışan Spectroscop ve Thermogravimetric aletler ile termal analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda hazırlanan örneklerin ortalama basınç dayanımının 10 Mpa , eğilme dayanımının ise basınç dayanımının %18 - %23'ü arasında olduğu görülmüştür.

Choi *et al.* (2005), betonun özelliklerinde atık plastik (PET) şişelerinin öğütülüp agrega olarak kullanılmasının etkilerini incelemişlerdir. Öğütülmüş plastik (PET) şişeler hafif agrega ile karıştırılmış, bu karışıma yüksek fırın cürufu eklenerek elde

edilen betonun yüzey mikro yapısı, çökme değeri, yoğunluk, basınç dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülü araştırılmıştır. Su-çimento oranının %45 olduğu koşullarda, ince agreganın %75'i kadar plastik ve yüksek fırın cürufu içeren betonun 28 günlük basınç dayanımında kontrol betonlarına göre %33 oranında bir azalma görülmüştür. Atık plastik ve yüksek fırın cürufu katkılı hafif betonun birim ağırlığı 1940 ile 2260 kg/m³'e kadar değişim göstermiştir. Katkı maddesinin oranının artırılmasıyla atık plastik katkılı hafif betonun yapısal etkinliğinin azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca ince agreganın %75'i oranında plastik katkılı betonun işlenebilirliği, %123 düzeyinde iyileşmiştir.

Abolfazi *et al.* (2005), agrega yerine atık plastik (PET) kullanımının asfalt betonunun özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada hacim olarak agrega yerine farklı oranlarda karışıma atık plastik katılmıştır. Çalışmanın sonucunda %20 hacmine kadar karışıma katılan plastiğin birim ağırlıkta %2,8'lik bir azalmaya yol açtığı, Marshall dayanıklılık aleti kullanılarak belirlenen ve bu ad ile adlandırılan Marshall dayanıklılık değerlerinin ise kontrol grubuyla aynı olduğu görülmüştür.

Cerny *et al.* (2006), kireç sıvanın termal ve mekaniksel özelliklerine puzolan karışımının etkisi üzerine araştırma yapmışlardır. Kireç esaslı sıvaların termal özellikleri, nem yayılımı, spesifik yüzey kapasitesi ile basınç ve eğilme dayanımları belirlenmiştir. Örneklerin puzolan katılmamış kontrol gruplarıyla karşılaştırılması sonucu mekanik özelliklerinde önemli artışlar olmasına karşın termal özelliklerinde önemli bir artış gözlemlenememiştir.

Yağanoğlu (1994) yaptığı çalışmada, kırsal yörelerdeki tarımsal yapılarda işletme koşullarında kolayca sağlanabilen saman, sap, ot, hızar talaşı, hızar altı ve kömür cürufunun yalıtım özelliklerini incelemiş, bu atık malzemelerle bağlayıcı olarak çimento, sönmüş kireç ve alçı ile bunların karışımını kullanmış, karışımların cins ve karışım oranlarına göre 39 değişik levha örnek hazırlamış ve örneklerin ısı iletkenlikleri, birim ağırlıkları, nem içerikleri, su emme durumlarını belirlemiştir. Örneklerin ısı iletkenlik değerleri geçici rejim yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca

örneklerin delinme, taşınma, dağılma, yapışma gibi özelliklerini de incelemiştir. Hazırlanan ısı yalıtım levhalarının tarımsal yapıların duvar, çatı veya tavanında ısı yalıtım malzemesi olarak ekonomik bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Yağanoğlu vd (1999), yaptıkları çalışmada sap, saman, ot ve hızar talaşının değişik oranlarda çimento, sönmüş toz kireç, alçı, tutkal karışımlarıyla oluşturdukları levhaların ısı iletkenlik değerlerinin 0,055- 0,096 W/mK arasında değiştiğini belirlemişler, saman, ot ve sap ile hazırlanan karışımların tarımsal yapılarda ısı yalıtımı amacıyla en uygun ve ekonomik şekilde kullanılabileceğini saptamışlardır.

Karaman vd (2006a), ağaç yaprağı ve pomza katkılı alçı kompozitlerin ısı iletkenlik değerlerini 0,162-0,209 W/mK arasında bulmuşlar, katılan ağaç yaprağı miktarı arttıkça ısı iletkenlik değerinin düştüğünü belirlemişlerdir.

Sisman and Gezer (2011), çeltik atıklarını katarak ürettikleri briketlerin ısı iletkenlik değerlerini 0,639-0,694 W/mK olarak bulmuşlardır.

Karaman *et al.* (2006b), ayçiçeği sapı ve pomza katkılı kompozitlerin ısı iletkenlik değerlerinin 0,139-0,205 Kcal/m°C arasında değiştiğini belirlemişler, ayçiçeği sapı miktarı arttıkça ısı iletkenlik değerinin doğrusal olarak azaldığı sonucuna varmışlardır.

Karaman *et al.* (2006c), alçıya değişik büyüklüklerde ve oranlarda plastik (PET) şişe atıklarının katılmasıyla üretilen alçı kompozitlerin ısı iletkenliklerinin 0,201-0,310 W/ mK arasında değiştiğini ve atık PET oranının artışıyla ısı iletkenlik değerinin düştüğünü saptamışlardır.

Çeltik atıklarının katılmasıyla üretilen beton örneklerinin ısı iletkenlik değerleri 0,79-1,53 W/mK arasında değişmiştir (Sisman *et al.* 2011).

Escudero *et al.* (2013), yapıların yalıtımında kullanılmak üzere parlak bariyerlerin ısı

karakterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada guarded (korumalı) hot box cihazından duvarın toplam ısı direncini $0,834 \text{ m}^2\text{K/W}$ ölçmüşler, ISO 6946 (Anonymous 2007)'ye göre de $0,862 \text{ m}^2\text{K/W}$ olarak hesaplamışlardır. Hot box cihazının kullanılmasıyla elde edilen değer %3,25 oranında düşük olmasına karşın bu farkın korumalı hot box cihazı için ölçüm hata sınırı olan %5 değerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Hata *et al.* (2016), tropikal ahşap türlerinin ısı geçirgenlik değerlerini; hot box yöntemiyle belirlemeye yönelik çalışmalarında Chengal türü için $0,571 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$; Perubok türü için $0,0360 \text{ W/m}^2\text{K}$; Nyatoh türü için $0,0297 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve Pulai türü için $0,0347 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlemişlerdir.

Wakili and Tanner(2003), yaptıkları çalışmada boşluklu poroz kil bloklarla örülen duvarın ısı geçirgenlik katsayısını hot box yöntemiyle (U) $0,304 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak saptamışlardır.

Elmahdy and Haddad (2000), hot box yöntemiyle değişik kombinasyonlardaki çatı pencerelerine ilişkin ısı direnci değerlerini ölçmüşler ve değerlerin $0,109\text{-}0,705 \text{ m}^2\text{K/W}$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve kullanılan aletler hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmada; duvar örgü malzemesi olarak 2 ve 3 sıra boşluklu bims blok, düşey ve yatay delikli tuğla; gaz beton (ytong); duvar örgü harcında ve kontrol grubu sıva harcında normal agregası (kum), çimento, su; katkılı sıva harçlarında kum, pomza, kum ve pomza karışımı, su, çimento, kireç; sıva harçlarında katkı malzemesi olarak da çimento veya kirecin ağırlığının %10'u yerine öğütülmüş ayçiçeği sapı, hızar talaşı, saman, öğütülmüş ağaç yaprağı, öğütülmüş atık plastik (PET) ve perlit kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan agregalardan kum, Erzurum ili Horasan yöresindeki Aras Nehri kıyısından yıkanarak elde edilmiştir. Pomza ise Van-Erciş yöresinden sağlanmıştır. Çalışmada; kum duvar örgü ve sıva harçlarının yapımında, pomza ise sıva harcı yapımında kullanılmıştır. Duvar örneklerinin sıva harcı bazılarında kumla, bazılarında pomza ile ve bazılarında da %50 kum + %50 pomza karışımıyla hazırlanmıştır.

Duvarların örülmesinde 40,0x18,0x19,0 cm boyutlarına sahip 2 sıra boşluklu ve 3 sıra boşluklu bims blok; 50,0x24,7x9,8 cm boyutlarına sahip gaz beton (ytong); 27,6 x 12,5x 18,0 cm boyutlarında düşey delikli fabrika tuğlası, 18,0x 17,2x 13,0 cm boyutlarında yatay delikli fabrika tuğlası kullanılmıştır.

Beton karışımında kullanılacak olan suyun temiz olması ve olumsuz bir etki yapmaması gerekmektedir. İçilebilir sular beton karışım suyu olarak rahatlıkla kullanılabilir (Ekmekyapar ve Örüng 2012). Karışım suyu olarak Atatürk Üniversitesi içme suyu kullanılmıştır.

Çalışmada Aşkale Çimento Fabrikası ürünü olan TS EN 197-1 standardına uygun Portland Çimentosu kullanılmış olup, çimento duvar örülmesi için hazırlanan duvar harcında ve sıva harçlarının bazılarında kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Adıgüzel 2006).

Araştırmada kullanılan kireç, hazır söndürülmüş torba toz kireçtir. Kirecin genel kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir (Anonim 2012). Çalışmada kireç bazı sıva karışımlarında çimentonun yerine tek başına bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

İzmir yöresinden sağlanan genleştirilmiş perlit, bazı sıva harçlarında katkı malzemesi olarak kullanılmıştır.

Araştırmada bazı sıva harçlarında alternatif olarak birim ağırlığı $1,33-1,39 \text{ g/cm}^3$ olan (Choi *et al.* 2005) Polyethylene terephthalate (PET) tipindeki atık plastikler kullanılmıştır. Plastikler atık alanlarından toplanarak öğütme makinesinde 3 kez öğütülmüştür.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Analizler (%)		Fiziksel Analizler		
SiO ₂	26,14	İncelik	0.09 mm elek üstü 0,8	
Al ₂ O ₃	6,34			
Fe ₂ O ₃	4,08	Özgül Ağırlık (g/cm ³)		2,86
CaO	49,13	Özgül Yüzey (cm /g)		4592
MgO	2,99	Litre Ağırlığı (g)		953
SO ₃	2,26	Priz Başlangıcı (saat/dakika)		3sa-26 dk
Kızdırma Kaybı	6,80	Priz Sonu (saat/dakika)		4sa-27 dk
Na ₂ O	0,55	Hacim Genleşmesi(mm)		1
K ₂ O	0,67	Basınç Dayanımı (N/ mm ²)	2. gün	15,3
C1	0,01		7.gün	27,7
Ölçülemeyen	1,05		28.gün	42,2
Toplam	100	Eğilme Dayanım 1 (N/mm ²)	2-gün	3,4
s.CaO ^(x)	0,012		7. gün	5
Katkı	32,02		28.gün	7

x: Birim hacimdeki CaO miktarı

Çalışmada kullanılan öğütülmüş ayçiçeği sapı, saman ve yaprak gibi bitkisel atıklar yöresel olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Kirecin kimyasal özellikleri

Özellikler	Kalker kireçleri (Toz ve Parça)	Dolomit kireçleri (Toz ve Parça)
(CaO+MgO) %, en az	85	85
MgO %, en çok	10	30
MgO %, en az	-	10
CO ₂ %, en çok (fabrikada)	5	5
CO ₂ %, en çok (fabrika dışında)	7	7
SO ₃ %, en çok	1,5	1,5
Aktif kireç %, en az	70	70

Ağaç atölyelerinden alınan hızar talaşı da öğütülerek çalışmada bazı sıvalara katılmıştır.

Deneylerde katkı maddesi olarak kullanılan ayçiçeği sapı, hızar talaşı, ağaç yaprağı ve atık plastiklerin öğütülmesinde plastik kırma makinası (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Duvar örneklerinin kaldırılmasında kaldırma düzeneği (calaska) (Şekil 3.2), duvarların hot box ısı iletkenlik cihazına taşınmasında ve yerleştirilmesinde tekerlekli bir sehpa (Şekil 3.3) ve duvarların ısı iletkenliklerinin ölçülmesinde ısı iletkenliği bilinen foamboard yalıtım malzemesi yardımıyla kalibrasyonu test edilmiş olan korumalı hot box ısı iletkenlik ölçüm cihazı (Şekil 3.4) kullanılmıştır.



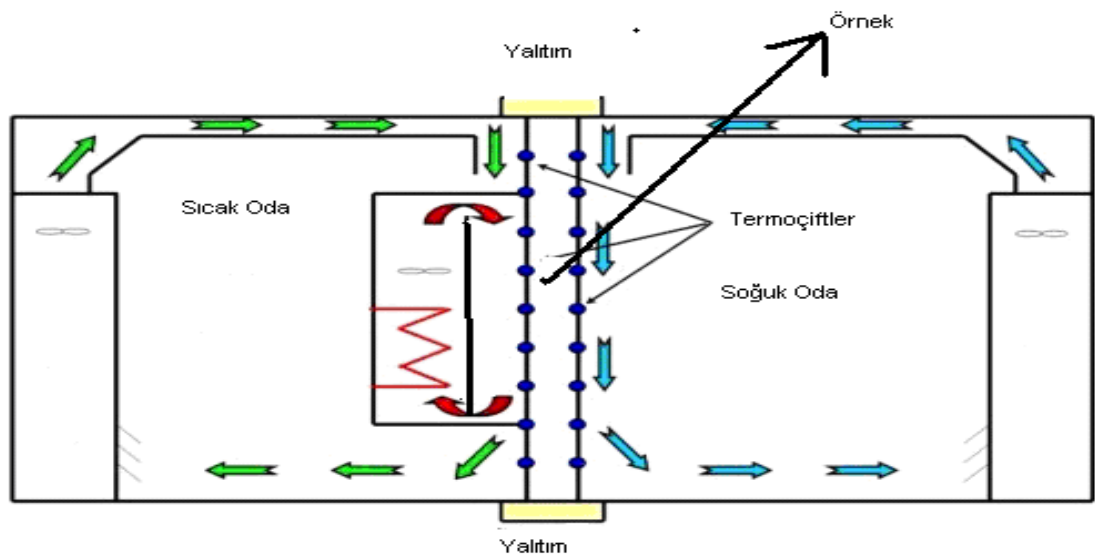
Şekil 3.1. Plastik kırma makinası



Şekil 3.2. Kaldırma düzeneği



Şekil 3.3. Duvar örneklerini taşımada kullanılan tekerlekli sehpa



Şekil 3.4. Korumalı hot box cihazı ve şematik görünüşü

Hot box ısı iletkenlik ölçüm cihazı; sıcak oda, soğuk oda ve örnek bölmesi olmak üzere üç kısımdan oluşan taşınabilir bir sistemdir. Sistem örnek boyunca ısı geçişine olanak verir. Isı akışı örnek yüzeyi boyunca dikey olmaktadır. Sıcak odada silindirik elektrik ısıtıcı ve fan sistemi bulunup, fan sıcak havanın sirkülasyonuna olanak verecek konumdadır. Deney süresince sıcaklık kalibrasyonu için sıcaklık kontrol ve ayar düğmeleri bulunmaktadır. Sıcak ve soğuk oda paslanmaz chromate ile ısı kaybını önlemek için çok iyi yalıtılmıştır. Tüm sıcaklık sensörleri, pano üzerinde dijital olarak 0,1°C hassasiyetle gösterilmiştir. Zaman ölçüm sayacı bulunmaktadır. Soğuk ve sıcak oda içerisine sıcaklık sensörleri yerleştirilmiştir. Ölçüm için ideal örnek boyutları 1x1 m² duvar yüzey alanı ve en çok 25 cm duvar kalınlığı şeklindedir. Örnek kalınlığı en az 10 cm'dir. Sıcaklık sensörü 0,1°C ölçüm hassasiyetinde 100°C'ye kadar ölçüm yapabilir. Ölçülebilecek ısı iletkenliği değerleri 0,01 ile 4,0 W/mK arasında değişir. Soğuk ve sıcak oda içerisinde en az üç sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Soğuk odada, sıcak odada ve örnek yüzeylerinde üçer tekrarlı sıcaklık ölçümleri yapılabilmektedir. Hot box cihazı; duvar, tavan, taban ve diğer yapı elemanlarının ısı geçişini (geçirgenliğini) ölçme işlemlerinde kullanılabilmektedir (Demirdağ 2005; Gündüz 2005).

Hot box cihazında ölçülen tüm sıcaklık değerleri panodaki göstergelerden okunarak kaydedilebileceği gibi, bu ünite (pano) bir bilgisayara bağlanarak tüm okumalar otomatik bir yazılım programına da aktarılabilmektedir.

3.2. Yöntem

Bu bölümde agregaya ilişkin deneyler, örnek duvarların örülmesi, sıvaların yapımı ve uygulanması ile duvarların ısı iletkenliklerinin hot box yöntemiyle ölçülüp hesaplanması konusunda bilgiler verilmiştir. Çalışmaların tamamı Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Mukavemet laboratuvarında yürütülmüştür.

Araştırmada kullanılan kum ve pomzaya ilişkin agrega deney örneklerinin

hazırlanmasında TS EN 12620+A1 (Anonim 2009a)'e uygun olarak dörde bölme (çeyrekleme) işlemi uygulanmıştır. Bu yöntemde laboratuara getirilen agrega yığının özelliğini gösterecek şekilde alınan örnekler iyice karıştırılmış sonra düz bir zemin üzerinde taban çapı, yüksekliğinin yaklaşık dört katı olacak şekilde kesik koni olarak biçimlendirilmiştir. Örnek alanı bir malanın kenarı ile dört eşit parçaya ayrılmıştır. Bu dört parçanın karşılıklı iki parçası atılmış, kalan iki parça birleştirilerek bu karışımın üzerinde de aynı şekilde çeyrekleme işlemi yapılmıştır. Bu işlem her bir deney için gereken agrega miktarına ulaşıncaya kadar sürdürülmüştür (Anonim 2010b; Anonim 2009a). Alınan örnekler üzerinde agreganın gevşek ve sıkı birim ağırlıkları saptanmıştır. Agregada deneyleri üç kez tekrarlanmış ve birbirine yakın sonuçların ortalaması alınmıştır. Deneylerde kullanılacak minimum agrega miktarları TS 3530 standardında en büyük tane çapına göre verilen miktarlar esas alınarak elde edilmiştir (Anonim 1997).

Agrega birim ağırlık deneyi sıkışık ve gevşek olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. Sıkışık birim ağırlık belirlenirken birim ağırlık kabı yüksekliğinin 1/3'ü olacak şekilde üç aşamada doldurulmuş ve her aşamada şişleme çubuğuyla 25'er kez şişlenerek sıkıştırılması sağlanmıştır. Gevşek birim ağırlık belirlenmesinde ise agrega kendi ağırlığıyla sıkışmaması için kap üst yüzeyinden (ağızından) yaklaşık 5 cm yukarıdan doldurulmuştur. Her iki deneyde de kapların üst yüzeyleri sıyrılarak kap yüzeyine sıfırlanmıştır. Hacmi (V), ağırlığı (W_1) olan birim ağırlık kabı ile örnek ağırlığı sıkı doldurulduğunda (W_{2s}), gevşek doldurulduğunda (W_{2g}) ise agreganın sıkı birim ağırlığı (B_s) ve gevşek birim ağırlığı (B_g) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Anonim 1997; Anonim 1999; Anonim 2009a).

$$B_s = (W_{2s} - W_1) / V \text{ ve } B_g = (W_{2g} - W_1) / V$$

Çalışmada, ısı iletkenlik değerlerinin ölçülmesi amacıyla ahşap kalıplar içerisinde 1 m x 1 m yüzey alanına sahip 54 duvar örneği (Çizelge 3.3) hazırlanmıştır (Gündüz 2005). Bu örneklerin; 3 adedi 2 sıra boşluklu bims blok ile 19,0 cm kalınlıkta, 3 adedi 3 sıra boşluklu bims blok ile 19,0 cm kalınlıkta, 3 adedi gaz beton (ytong) ile 9,8 cm

Çizelge 3.3. Araştırma deseni

Duvar Örgü Malzemesi		Örnek Sayısı		Sıva Durumu		
				Sıva agregası	Sıva bağlayıcı	Sıva katkı malzemesi
Bims Blok	2 sıra boşluklu	3		SIVASIZ		
	3 sıra boşluklu	3		SIVASIZ		
Gaz beton (Ytong)		3		SIVASIZ		
Tuğla	Düşey delikli	3		SIVASIZ		
	Yatay delikli	42	3	SIVASIZ		
			3	NORMAL SIVA HARCI (KONTROLGRUBU)		
			Kum	Çimento	Ayçiçeği sapı	
					Talaş	
					Saman	
					Yaprak	
					Plastik	
					Perlit	
			Kireç	Kireç	Ayçiçeği sapı	
					Talaş	
					Saman	
					Yaprak	
					Plastik	
					Perlit	
			Pomza	Çimento	Ayçiçeği sapı	
					Talaş	
					Saman	
					Yaprak	
Plastik						
Perlit						
Kum-pomza	Çimento	Ayçiçeği sapı				
		Talaş				
		Saman				
		Yaprak				
		Plastik				
		Perlit				
Kum-pomza	Kireç	Ayçiçeği sapı				
		Talaş				
		Saman				
		Yaprak				
		Plastik				
		Perlit				

kalınlığında, 3 adedi düşey delikli tuğla ile 18 cm kalınlıkta , 42 adedi yatay delikli tuğla ile 13,0 cm kalınlıkta örülmüştür (Şekil 3.5). Duvarların örülmesinde, 3 birim 2 mm çaplı elekten geçen kum, 1 birim çimento ile hazırlanan A sınıfı duvar örgü harcından yararlanılmıştır (Ekmekyapar ve Örüng 2012).

Farklı örgü malzemelerinden oluşan duvar örneklerinin hot box yöntemiyle ısı iletkenlik değerlerinin belirlenerek birbirleriyle, standart değerlerle ve sıvalı örneklerle karşılaştırılabilmeleri amacıyla bazı duvarlar sıvasız yapılmıştır.

Örnek duvarlardan, iki sıra boşluklu bims blokla örülen 3 duvar, üç sıra boşluklu bims blok ile örülen 3 duvar, gaz beton (ytong) ile örülen 3 duvar, düşey delikli tuğla ile örülen 3 duvar, yatay delikli tuğla ile örülen duvarlardan da 3 adedi olmak üzere toplam 15 duvar örneği sıvasız olarak bırakılmış ve hot box ısı iletkenlik ölçüm cihazında ısı iletkenlikleri bu şekilde ölçülmüştür.

Yatay delikli tuğla ile örülen diğer 39 duvar örneğinin 3 adedi kontrol grubunu oluşturması amacıyla A sınıfı normal sıva harcıyla, 36 örnek ise çeşitli katkılarla hazırlanmış kaba sıvalarla iç ve dış yüzeyleri sırasıyla 15 mm ve 25 mm kalınlığında sıvanmıştır. Katkılı sıva ile sıvanan 36 duvar örneğinin 12 adedinde agrega olarak kum, 12 adedinde pomza, 12 adedinde de kum-pomza karışımı kullanılmıştır. Kum, pomza, kum-pomza gruplarının her birinde 6 duvar örneğinde çimento, 6 duvar örneğinde de kireç, bağlayıcı olarak yer almıştır. Bağlayıcı grubunun her birine de ayrı ayrı olmak üzere değişik katkılarla hazırlanan kaba sıvalar uygulanmıştır (Çizelge 3.3). Aynı malzemeden örülen duvarlara katkılı sıvaların uygulanarak ısı iletkenliklerinin hot box yöntemiyle ölçülmesinin amacı ise ısı iletkenlikleri yönünden katkılı sıvaların birbirleriyle, kontrol grubu ve sıvasız duvar örnekleriyle karşılaştırılması içindir.

Duvarlara uygulanan katkılı kaba sıva harçlarının hazırlanmasında bağlayıcı olarak kullanılan çimento veya kirecin ağırlıkça %10'u yerine öğütölmüş ayçiçeğı sapı, hızar talaşı, saman, ağaç yaprağı, öğütölmüş atık plastik ve perlit eklenmiştir.



Şekil 3.5. Hot box cihazı için örülmüş duvar örnekleri

Kaba sıva yapılan duvar örnekleri kuruduktan sonra duvar örneğinin her iki yüzeyi 5 mm kalınlıkta, 1 mm çaplı elekten geçen 3 birim kum, 1 birim çimento ile hazırlanan ince sıva ile sıvanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Sıvaları tamamlanmış duvar örneklerinin görünümü

Tüm sıvalarda agrega/bağlayıcı oranı 3:1 olacak şekilde TS EN 13914-2 (Anonim 2007b) standardında verilen sıva karışım oranları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Sıvandıktan sonra 51 örneğin en az 28 günlük kür sonrası ısı iletkenlik değerleri hot box yöntemiyle belirlenmiştir. Kum-kireç-plastik, kum-pomza-kireç-ayçiçeği sapı ve kum-pomza-kireç-saman karışımli sıvayla sıvanan 3 örnek duvarın ısı özellikleri, sıva tutmadıkları için belirlenememiştir. Hot box cihazına (Şekil 3.4) duvar örnekleri yerleştirildikten sonra; ortama verilen sıcaklık, gösterge panelinde yer alan ampermetre ve wattmetre ile minimum 50 watt okunacak şekilde ayarlanmıştır. Deney için gereken sıcaklık değerine gelindiğinde, ortamın kararlı hale gelmesi amacıyla sıcaklık sabitlenmiştir. Ortam için gerekli sıcaklık değerine ulaşılnca, elektrik ısıtıcı kendiliğinden kapanmış ve panelde gözlenen sıcaklıkların tamamı kaydedilmiştir. En son sıcaklık değerlerini kaydetmeden önce, örnek en az 4 saat boyunca kararlı koşulda kalmıştır. Tüm sensörlerin sıcaklık ölçümleri 4 saatlik süreçte 5'er dakika arayla ve her iki okuma arası süre 5 saniyeyi geçmeyecek şekilde okunmuştur. Ortam istenilen kararlı duruma geldikten sonra deney en az 8 saat sürdürülmüştür. Bu peryot boyunca 2 saatlik veya 4 saatlik deneyler sonunda sıcaklıklar belirlenmiştir. Ölçüm sırasında harcanan toplam enerji, deney sırasında ve sonundaki ortam ve yüzey sıcaklıkları, örnek alanının efektif boyutları ölçülmüştür. En az 8 saatlik peryot sonucunda kaydedilen verilere göre duvarın ortalama ısı iletkenliği ve diğer ısı özellikleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir (Anonim 2002; Gündüz 2005).

$$\lambda = (Q \times L) / [A_x(T_1 - T_2)],$$

$$U = (Q) / [A_x(T_h - T_c)],$$

$$C = (Q) / [A_x(T_1 - T_2)],$$

$$R = [A_x(T_1 - T_2)] / Q,$$

$$R_U = [A_x(T_h - T_c)] / Q = R_c + R + R_h,$$

$$R_C = [Ax(T_2 - T_c)]/Q,$$

$$R_h = [Ax(T_h - T_1)]/Q,$$

$$h_c = (Q)/[Ax(T_2 - T_c)],$$

$$h_h = (Q)/[Ax(T_h - T_1)]$$

Eşitliklerde;

λ : Isı iletkenliği, W/mK

Q: Deney cihazının ölçüm alanındaki tek boyutlu ısı akışı miktarı, W,

L : Örneğin kesit kalınlığı, m

A: Isının geçtiği yüzey alanı, m²,

T₁ : Sıcak yüzeyin ortalama sıcaklığı, K,

T₂ : Soğuk yüzeyin ortalama sıcaklığı, K,

U: Isı geçişi (ısı geçirgenliği), W/ m²K,

T_h: Sıcak yüzeyden 75 mm veya daha fazla uzaklıktaki ortamın sıcaklığı, K,

T_c: Soğuk yüzeyden 75 mm veya daha fazla uzaklıktaki ortamın sıcaklığı, K,

C : Isı iletimi, W/m²K,

R : Isı direnci, m²K/W,

R_u : Toplam ısı direnci, m² K/W,

R_c : Soğuk kenardaki yüzey direnci, m²K/W ,

R_h : Sıcak kenardaki yüzey direnci, m²K/W,

h_c: Soğuk yüzey katsayısı, W/m²K

h_h: Sıcak yüzey katsayısı, W/m²K boyutundadır.

Duvar örneklerinin hot box cihazına yerleştirilmesi aşamaları ve ölçümü tamamlanan örneklerin kırılmasına ilişkin görseller Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Duvar örneğinin kaldırma düzeneği ile sehpaye alınması



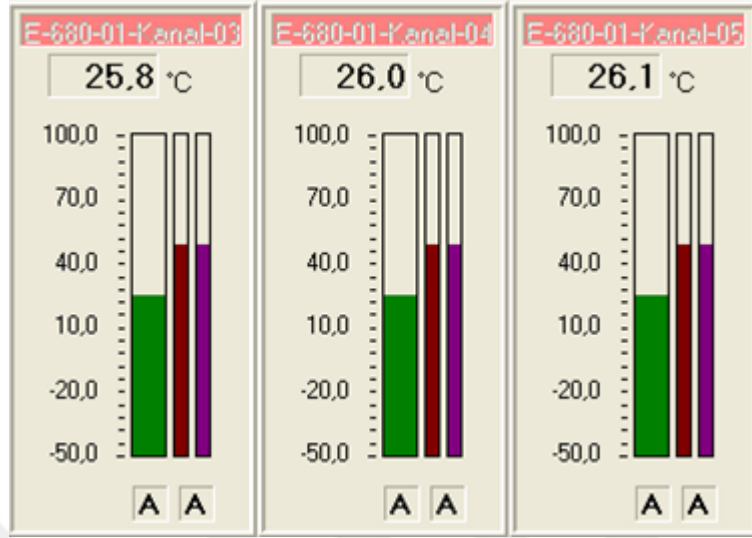
Şekil 3.8. Duvarın örnek bölmesine yerleştirilmesi



Şekil 3.9. Duvar örneğinin ısı iletkenliğinin ölçümü



Şekil 3.10. Ölçümü tamamlanan duvar örneğinin kırılması



Şekil 3.11. Hot box cihazından elde edilen sıcaklık değerlerinin ekran görüntüsü

Hot box cihazından elde edilen verilere göre hesaplanan değerler, Gri ilişkisel Analiz yöntemiyle (GİA) analiz edilmiş, sıvasız ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin verilere de varyans analizi, regresyon analizi uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Gri İlişkisel Analiz Yönteminde siyah, bilgiye sahip olunmadığını; beyaz, bilgiye tamamen sahip olunduğunu tanımlar. Gri ise, siyah ile beyaz arasındaki bilginin düzeyini gösterir. Gri sistemde, bilgilerin bazıları bilinmekteyken bazıları ise bilinmez. Beyaz sistemde sistem içerisindeki ilişkiler arası faktörler kesindir, gri sistemde ise kesin değildir (Tosun 2006).

Gri İlişkisel Analiz (GİA), Gri Teori ana başlığı altında bir karar verme ve analiz aracıdır (Demiray 2007). GİA gri bir sistemdeki her bir faktör ile kıyas yapılan faktör serisi (referans serisi) arasındaki ilişki derecesini belirlemeye yarayan bir yöntemdir. Her bir faktör bir dizi (satır veya sütun) olarak tanımlanır. Faktörler arası etki derecesi ise gri ilişkisel derece olarak isimlendirilir. Gri teori; gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri tahmin ve gri karar verme gibi alt başlıklar altında farklı alanlarda uygulanmaktadır (Üstünişik 2007).

Gri ilişkisel analiz yönteminde sırasıyla normalizasyon değerleri, katsayı matrisi değerleri, gri ilişkisel derece değerleri hesaplanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Gri derece değeri 0 ile 1 arasında değişen bir katsayı olup, gri derecesi en büyük olan örnek en iyi örnek olarak kabul edilmektedir. Örneklere ilişkin gri ilişkisel analiz Deng (1989)'e göre yapılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde; agregalar birim ağırlık deneyleri ile hot box yöntemiyle elde edilen ısı iletkenliği ve diğer ısı özelliklerine ilişkin değerler verilmiş, elde edilen sonuçlara istatistik analizler uygulanarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1. Agregalar birim ağırlık deney sonuçları

Duvarların örülmesinde ve sıvaların uygulanmasında kullanılan kum ve pomza agregalarına ilişkin Gevşek Birim Ağırlık ve Sıkı Birim Ağırlık değerleri Anonim (1980a)'ya göre belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Agregaların tane birim ağırlıkları

	Kum Agregası Deneyi	Pomza Agregası Deneyi
Ölçü Kabı Boş Ağırlığı (W_1)(g)	5975	5975
Ölçü Kabı Hacmi, (V) (cm^3)	2800	2800
Kap+Gevşek Örnek Ağırlığı (W_{2g}) (g)	9788,7	8235
Kap+Sıkı Örnek Ağırlığı (W_{2s}) (g)	10480	8501,7
Gevşek Birim Ağırlık ($W_{2g}-W_1$)/ V, (g/cm^3)	1,36	0,81
Sıkı Birim Ağırlık ($W_{2s}-W_1$)/ V, (g/cm^3)	1,61	0,90

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi araştırma materyali olarak kullanılan kum ve pomzanın gevşek birim ağırlık değerleri sırasıyla $1,36 \text{ g}/\text{cm}^3$ ve $0,81 \text{ g}/\text{cm}^3$, sıkı birim ağırlık değerleri de sırasıyla $1,61 \text{ g}/\text{cm}^3$ ve $0,90 \text{ g}/\text{cm}^3$ olarak bulunmuştur. Bulunan değerler Kocaman (2000)'in belirttiği sonuçlarla uygunluk göstermektedir.

4.2. Isı İletkenlik Değerleri ve Diğer Isıl Verilere İlişkin Sonuçlar

Araştırma amacıyla hazırlanan 54 duvar örneğinin 51'inde hot box yöntemiyle ısı iletkenliği ve diğer ısı özellikler laboratuvarında belirlenmiş elde edilen değerler ile tüm örneklerin ısı iletkenlik değerlerinin kontrol grubu ısı iletkenlik değerlerinden sapma miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Sıva tutmadıkları için 3 örnekte ölçümler yapılamamıştır.

Duvar ısı iletkenliği ölçümleri sırasında hotbox cihazının sıcak oda bölümünde ölçülen ortam sıcaklıkları (T_h); 39,95-41,70°C arasında değişmiş, en yüksek değer kontrol grubu 1 numaralı duvar örneğinden, en düşük değer ise pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinden elde edilmiştir. Söz konusu değer kontrol grubu 2 ve 3 numaralı örnekleri için ise sırasıyla 40,53 ve 40,16°C olarak ölçülmüştür.

Soğuk odada ölçülen ortam sıcaklıkları (T_c); 19,97-20,93°C arasında, en yüksek değer yatay delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinde, en düşük değer ise kum-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinde görülmüştür. Bu değer kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örnekleri için sırasıyla. 20,75; 20,80 ve 20,78°C olarak saptanmıştır.

Sıcak oda ile soğuk oda ortam sıcaklıkları arasındaki farklar 19,60-20,83°C arasında olup; en yüksek sıcaklık farkı kum-kireç-perlit, en düşük sıcaklık farkı ise kum-çimento-saman ve kum-çimento-perlit sıva kombinasyonlu duvarların ölçümlerinden elde edilmiştir. Bu değerler kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örneklerinde sırasıyla 19,95°C; 19,73°C ve 19,38°C olarak belirlenmiştir.

Sıcak duvar yüzeyi ortalama sıcaklık değerleri (T_1); 38,93-40,98°C arasında değişmiş, en düşük sıcaklık düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinden, en yüksek sıcaklık ise kontrol grubu 1 numaralı duvar örneğinden elde edilmiştir. Kontrol grubu 2 ve 3 numaralı örnekler için bu değerler sırasıyla 39,16°C ve 39,50°C olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Duvar örneklerine ilişkin ısı verileri

ÖRNEK	Th	Tc	Th-Tc	T1	T2	T1-T2	Q	A	λ	L
2 sıra boşluklu bims1	41,03	20,55	20,48	39,48	21,71	17,77	36,00	0,8709	0,4420	19,0
2 sıra boşluklu bims2	40,48	20,65	19,83	39,95	21,66	18,29	34,19	0,8722	0,4072	19,0
2 sıra boşluklu bims3	40,54	20,28	20,26	39,93	21,55	18,38	31,79	0,8647	0,3800	19,0
3 sıra boşluklu bims1	40,53	20,13	20,40	39,85	22,23	17,62	37,24	0,8609	0,4665	19,0
3 sıra boşluklu bims2	40,75	20,10	20,65	40,28	21,85	18,43	31,60	0,8656	0,3764	19,0
3 sıra boşluklu bims3	40,58	20,18	20,40	40,59	21,88	18,71	30,95	0,8656	0,3631	19,0
Ytong1	40,40	20,28	20,12	39,59	21,88	17,71	29,50	0,8563	0,1907	9,8
Ytong2	40,63	20,28	20,35	39,81	21,67	18,14	26,76	0,8609	0,1679	9,8
Ytong3	40,38	20,30	20,08	39,58	21,70	17,88	25,53	0,8554	0,1636	9,8
Düşey delikli tuğla1	40,88	20,33	20,55	38,93	20,35	18,58	43,00	0,8462	0,4923	18,0
Düşey delikli tuğla2	40,70	20,46	20,24	39,75	21,63	18,12	37,87	0,8647	0,4351	18,0
Düşey delikli tuğla3	41,14	20,72	20,42	40,50	21,69	18,81	39,72	0,8647	0,4396	18,0
Yatay delikli tuğla1	40,58	20,93	19,65	39,90	21,50	18,40	37,90	0,8629	0,3127	13,0
Yatay delikli tuğla2	40,52	20,47	20,05	39,72	22,37	17,35	40,45	0,8610	0,3547	13,0
Yatay delikli tuğla3	41,10	20,68	20,42	40,46	22,20	18,26	40,21	0,8656	0,3332	13,0
KONTROL 1	41,70	20,75	19,95	40,96	23,43	17,05	38,23	0,8945	0,4380	18,0
KONTROL 2	40,53	20,80	19,73	39,16	22,00	17,16	37,00	0,8945	0,4339	18,0
KONTROL 3	40,16	20,78	19,38	39,50	21,63	17,87	35,60	0,8945	0,4009	18,0
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	40,37	20,53	19,84	39,22	21,44	17,78	28,37	0,8684	0,3307	18,0
Kum-çimento-talaş	41,03	20,55	20,48	39,48	21,71	17,77	37,66	0,8637	0,4417	18,0
Kum-çimento-saman	40,27	20,67	19,60	39,57	22,17	17,40	40,66	0,8817	0,4771	18,0
Kum-çimento-yaprak	40,50	20,67	19,83	39,80	21,21	18,59	28,00	0,8647	0,3135	18,0
Kum-çimento-plastik	40,35	20,63	19,72	39,62	21,69	17,93	30,68	0,8665	0,3555	18,0
Kum-çimento-perlit	40,36	20,76	19,60	39,23	21,91	17,32	33,15	0,8930	0,3858	18,0
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	40,73	20,25	20,48	39,54	21,87	17,67	34,52	0,8794	0,4000	18,0
Kum-kireç-talaş	41,10	20,30	20,80	39,89	20,75	19,14	30,78	0,8747	0,3309	18,0
Kum-kireç-saman	40,80	20,53	20,27	39,51	21,62	17,89	27,30	0,8666	0,3178	18,0
Kum-kireç-yaprak	41,18	20,60	20,58	39,74	21,80	17,94	39,97	0,8730	0,4593	18,0
Kum-kireç-perlit	40,80	19,97	20,83	39,91	21,76	18,15	41,84	0,9168	0,4526	18,0
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	40,43	20,33	20,10	39,50	21,48	18,02	29,34	0,8638	0,3393	18,0
Pomza-çimento-talaş	40,66	20,50	20,16	39,76	21,75	18,01	30,17	0,8712	0,3461	18,0
Pomza-çimento-saman	40,45	20,30	20,15	39,46	22,50	16,96	36,46	0,8758	0,4418	18,0
Pomza-çimento-yaprak	41,07	20,87	20,20	39,77	20,97	18,80	39,50	0,8648	0,4373	18,0
Pomza-çimento-plastik	40,35	20,71	19,64	39,36	21,94	17,42	30,48	0,8739	0,3604	18,0
Pomza-çimento-perlit	40,29	20,56	19,73	39,24	21,36	17,88	29,23	0,8694	0,3385	18,0
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	40,77	20,43	20,34	39,58	21,35	18,23	31,34	0,8760	0,3533	18,0
Pomza-kireç-talaş	40,35	20,35	20,00	39,33	21,14	18,19	30,64	0,8815	0,3440	18,0
Pomza-kireç-saman	40,78	20,57	20,21	39,19	22,43	16,76	23,44	0,8733	0,2883	18,0
Pomza-kireç-yaprak	40,60	20,40	20,20	39,95	21,55	18,40	36,30	0,8805	0,4033	18,0
Pomza-kireç-plastik	40,33	20,37	19,96	39,20	21,60	17,60	33,56	0,8816	0,3893	18,0
Pomza-kireç-perlit	39,95	20,30	19,65	39,33	21,25	18,08	38,20	0,8770	0,4337	18,0
Kum-pomza-çimento-ayç.sap	41,00	20,43	20,57	39,32	21,83	17,49	37,06	0,8712	0,4378	18,0
Kum-pomza-çimento-talaş	40,23	20,52	19,71	39,46	21,47	17,99	34,43	0,8864	0,3886	18,0
Kum-pomza-çimento-saman	40,65	20,70	19,95	40,09	21,90	18,19	28,37	0,8730	0,3216	18,0
Kum-pomza-çimento-yaprak	40,77	20,33	20,44	39,90	21,72	18,18	37,54	0,8723	0,4261	18,0
Kum-pomza-çimento-plastik	40,46	20,79	19,67	39,80	21,98	17,82	29,65	0,8666	0,3456	18,0
Kum-pomza-çimento-perlit	40,43	20,49	19,94	40,08	22,48	17,60	28,34	0,8656	0,3348	18,0
Kum-pomza-kireç-talaş	40,33	20,30	20,03	39,83	21,25	18,58	34,80	0,8168	0,3912	18,0
Kum-pomza-kireç-yaprak	41,00	20,67	20,33	40,03	21,77	18,26	38,15	0,8751	0,4297	18,0
Kum-pomza-kireç-plastik	40,21	20,54	19,67	39,56	22,33	17,23	29,34	0,8610	0,3560	18,0
Kum-pomza-kireç-perlit	40,59	20,70	19,89	39,29	21,36	17,93	26,28	0,8731	0,3022	18,0
minimum değerler			Maksimum değerler							

Çizelge 4.2. Duvar örneklerine ilişkin ısıl veriler (devamı)

ÖRNEK	Th-T1	T2-Tc	U	C	Ru	Rc	Rh	R	h _n	h _c	Kontrol gubundan % sapma
2 sıra boşluklu bims1	1,55	1,16	2,0184	2,3262	0,4955	0,0281	0,0375	0,4299	26,6667	35,5872	+4,17
2 sıra boşluklu bims2	0,53	1,01	1,9768	2,1432	0,5059	0,0258	0,0135	0,4666	74,0741	38,7597	-4,03
2 sıra boşluklu bims3	0,61	1,27	1,8416	2,0002	0,5510	0,0345	0,0166	0,4999	60,2410	28,9855	-10,44
3 sıra boşluklu bims1	0,68	2,10	2,1204	2,4550	0,4716	0,0486	0,0157	0,4073	63,6943	20,5761	-9,95
3 sıra boşluklu bims2	0,47	1,75	1,7679	1,9800	0,5656	0,0490	0,0129	0,5048	77,5194	20,8768	-11,29
3 sıra boşluklu bims3	0,00	1,70	1,7527	1,9110	0,5709	0,0476	0,0000	0,5233	∞	21,0084	-14,42
Ytong1	0,81	1,60	1,7121	1,9452	0,5841	0,0465	0,0235	0,5141	42,5296	21,5306	-55,06
Ytong2	0,82	1,39	1,5275	1,3650	0,6547	0,0515	0,0264	0,7326	37,9076	22,3624	-60,43
Ytong3	0,80	1,40	1,4863	1,6692	0,6728	0,0469	0,0268	0,5991	37,3071	21,3183	-61,44
Düşey delikli tuğla1	1,95	0,02	2,4728	2,7356	0,4044	0,0004	0,0384	0,3656	26,0417	5006	+16,03
Düşey delikli tuğla2	0,95	1,17	2,1447	2,4170	0,4621	0,0267	0,0217	0,4137	46,0830	37,4532	+2,55
Düşey delikli tuğla3	0,64	0,97	2,2495	2,4421	0,4360	0,0211	0,0139	0,4010	71,9425	47,3934	+3,61
Yatay delikli tuğla1	0,68	0,57	2,2352	2,3871	0,4474	0,0130	0,0155	0,4189	64,5161	76,9231	-26,30
Yatay delikli tuğla2	0,80	1,90	2,3432	2,7078	0,4267	0,0404	0,0170	0,3693	58,8235	24,7525	-16,40
Yatay delikli tuğla3	0,64	1,52	2,2749	2,5440	0,4396	0,0327	0,0138	0,3931	72,4638	30,5810	-21,47
KONTROL 1	0,72	2,68	2,1423	2,3040	0,5136	0,0627	0,0169	0,3989	59,1716	15,9490	+3,23
KONTROL 2	1,37	1,20	2,0965	2,4105	0,4770	0,0290	0,0331	0,4149	30,2115	34,4828	+2,26
KONTROL 3	0,66	0,85	2,0536	2,2271	0,4870	0,0214	0,0166	0,4490	60,2410	46,7290	-5,51
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	1,15	0,91	1,6466	1,8374	0,6073	0,0279	0,0352	0,5442	28,4091	35,8423	-22,06
Kum-çimento-talaş	1,55	1,16	2,1291	2,4538	0,4697	0,0266	0,0356	0,4075	28,0899	37,5940	+4,10
Kum-çimento-saman	0,70	1,50	2,3528	2,6503	0,4250	0,0325	0,0152	0,3773	65,7895	30,7692	+12,44
Kum-çimento-yaprak	0,70	0,54	1,6329	1,7419	0,6124	0,0167	0,0216	0,5741	46,2963	59,8802	-26,11
Kum-çimento-plastik	0,73	1,03	1,7955	1,9747	0,5561	0,0291	0,0206	0,5064	48,5437	34,3643	-16,22
Kum-çimento-perlit	1,13	1,15	1,8940	2,1433	0,5280	0,0310	0,0304	0,4666	32,8947	32,2581	-9,07
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	0,79	1,62	1,9167	2,2215	0,5116	0,0413	0,0201	0,4502	49,7512	24,2131	-5,73
Kum-kireç-talaş	1,21	0,45	1,6918	1,8385	0,5911	0,0128	0,0344	0,5439	29,0698	78,1250	-22,01
Kum-kireç-saman	0,67	1,97	1,6073	1,7654	0,6500	0,0624	0,0212	0,5664	47,1391	16,0321	-25,10
Kum-kireç-yaprak	1,44	1,20	2,2242	2,5515	0,4496	0,0262	0,0315	0,3919	31,7460	38,1679	+8,25
Kum-kireç-perlit	0,89	1,79	2,1909	2,5144	0,4565	0,0392	0,0196	0,3977	51,0204	25,5102	+6,67
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,53	1,15	1,6899	1,8849	0,5800	0,0339	0,0156	0,5305	64,1026	29,4985	-20,03
Pomza-çimento-talaş	0,90	1,25	1,7178	1,9228	0,5822	0,0361	0,0260	0,5201	38,4615	27,7008	-18,43
Pomza-çimento-saman	0,99	2,20	2,0660	2,4546	0,4841	0,0529	0,0238	0,4074	42,0168	18,9036	+4,12
Pomza-çimento-yaprak	1,30	0,10	2,2612	2,4295	0,4423	0,0022	0,0285	0,4116	35,0877	454,5455	+3,06
Pomza-çimento-plastik	0,99	1,23	1,7759	2,0022	0,7177	0,0353	0,0284	0,6500	35,2113	28,3286	-15,06
Pomza-çimento-perlit	1,05	0,80	1,7040	1,8804	0,5868	0,0312	0,0238	0,5318	42,0168	32,0513	-20,22
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	1,19	0,92	1,7589	1,9625	0,5686	0,0257	0,0333	0,5096	30,0300	38,9105	-16,73
Pomza-kireç-talaş	1,02	0,79	1,7380	1,9109	0,5753	0,0227	0,0293	0,5233	34,1297	44,0529	-18,93
Pomza-kireç-saman	1,59	1,86	1,3281	1,6015	0,7529	0,0693	0,0592	0,6244	16,8919	14,4300	-32,05
Pomza-kireç-yaprak	0,65	1,15	2,0409	2,2406	0,4900	0,0279	0,0158	0,4463	63,2911	35,8423	-4,95
Pomza-kireç-plastik	1,13	1,23	1,9072	2,1629	0,5243	0,0323	0,0297	0,4623	33,6700	30,9598	-8,25
Pomza- kireç-perlit	0,62	0,95	2,2167	2,4092	0,4511	0,0218	0,0142	0,4151	70,4225	45,8716	+2,21
Kum-pomza-çimento-ayç. sapı	1,68	1,40	2,0680	2,4322	0,4836	0,0329	0,0395	0,4112	25,3165	30,3951	+2,08
Kum-pomza-çimento-talaş	0,77	0,95	1,9707	2,1591	0,5075	0,0245	0,0198	0,4632	50,5051	40,8163	-8,41
Kum-pomza-çimento-saman	0,56	1,20	1,6289	1,7865	0,6138	0,0369	0,0172	0,5597	58,1950	27,1003	-24,21
Kum-pomza-çimento-yaprak	0,87	1,39	2,1055	2,3672	0,4749	0,0323	0,0202	0,4224	49,5050	30,9598	+0,42
Kum-pomza-çimento-plastik	0,66	1,19	1,7394	1,9200	0,5749	0,0348	0,0193	0,5208	51,8135	28,7356	-18,55
Kum-pomza-çimento-perlit	0,35	1,99	1,6419	1,8602	0,6091	0,0608	0,0107	0,5376	93,4579	16,4474	-21,09
Kum-pomza-kireç-talaş	0,50	0,95	2,1600	2,1733	0,4960	0,0235	0,0124	0,4601	80,6452	42,5532	-7,80
Kum-pomza-kireç-yaprak	0,97	1,10	2,1444	2,3875	0,4664	0,0252	0,0223	0,4189	44,8431	39,6825	+1,27
Kum-pomza-kireç-plastik	0,65	1,79	1,7324	1,9778	0,5772	0,0525	0,0191	0,5056	52,3560	19,0476	-16,10
Kum-pomza-kireç-perlit	1,30	0,66	1,5133	1,6787	0,6608	0,0219	0,0432	0,5957	23,1482	45,6621	-28,78
minimum değerler											
							</				

Soğuk duvar yüzeyi ortalama sıcaklık değerleri (T_2); 20,35-23,43°C arasında, en düşük sıcaklık düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinde, en yüksek sıcaklık ise kontrol grubu 1 numaralı duvar örneğindedir. Kontrol grubu 2 ve 3 numaralı örnekler için bu değerler sırasıyla 22,00°C ve 21,63°C olmuştur.

Deney cihazının ölçüm alanındaki tek boyutlu ısı akış miktarı değerleri (Q) saatlik olarak 23,44-43,00 W arasında, en yüksek değer düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinden, en düşük değer ise pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde görülmüştür. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örnekleri için bu değerler sırasıyla 38,23 W; 37,00 W ve 35,60 W olarak ölçülmüştür.

Isı geçişinin gerçekleştiği duvar yüzey alanları (A); 0,8168-0,9168 m² arasında olup, en büyük yüzey alanı kum-kireç-perlit kombinasyonlu duvar örneğine, en küçük yüzey alanı ise kum-pomza-kireç-talaş sıva kombinasyonlu duvar örneğine aittir. Duvar yüzey alanları kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örneklerin her üçü için de 0,8945 m²'dir.

Isı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) değerleri 1,3281-2,4728 W/m²K arasında; en düşük değer pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek değer ise düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen 1 numaralı duvar örneğinden elde edilmiştir. Isı geçişi (ısı geçirgenliği), kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örnekler için sırasıyla 2,1423; 2,0965 ve 2,0536 W/m² K olarak saptanmıştır.

Isı iletimi (C) değerleri 1,3650-2,7350 W/m²K arasında; en düşük değer gaz beton (ytong) ile sıvasız olarak örülen 2 numaralı duvar örneğinde, en yüksek değer ise düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinde hesaplanmıştır. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için bu değerler sırasıyla 2,3040; 2,4105 ve 2,2271 W/m²K olarak bulunmuştur.

Toplam ısı direnci ($R_{U= R_c+R_h+R}$) değerleri 0,4044-0,7529 m²K/W arasında; en düşük değer düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinden, en

yüksek değer ise pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden ölçülmüştür. Toplam ısı direnci, kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için sırasıyla 0,5136; 0,4770 ve 0,4870 m²K/W olarak hesaplanmıştır.

Duvarın soğuk tarafında ortaya çıkan soğuk kenar yüzey direnci (R_c) değerleri 0,0004-0,0693 m² K/W arasında değişmiş, en düşük değer düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinde, en yüksek değer ise pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde görülmüştür. Bu değerler kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için sırasıyla 0,0627; 0,0290 ve 0,0214 m²K/W'dır.

Duvarın sıcak tarafında ortaya çıkan sıcak kenar yüzey direnci (R_h) değerleri 0,0000-0,0592 m²K/W arasında; en düşük değer 3 sıra boşluklu bims blok ile sıvasız örülen 3 numaralı duvar örneğinde, en yüksek değer ise pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde saptanmıştır. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için bu değerler sırasıyla 0,0169; 0,0331 ve 0,0166 m²K/W olarak hesaplanmıştır. Sıcak kenar yüzey direncinin (R_h) 0 olduğu örnekte ; sıcak oda ortalama sıcaklık değeri ile sıcak duvar yüzeyi ortalama sıcaklık değeri birbirine eşittir.

Isı direnci (R) değerleri 0,3656-0,7326 m² K/W arasında; en düşük değer düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinde, en yüksek değer ise gaz beton (ytong) ile sıvasız olarak örülen 2 numaralı duvar örneğindedir. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için bu değerler sırasıyla 0,3989; 0,4149 ve 0,4490 m² K/W'dır.

Sıcak yüzey katsayısı (h_h) değerleri 16,8919-93,4579 W/m²K arasındadır. En düşük değer pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek değer kum-pomza-çimento-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinde görülmüştür. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örnekleri için ise bu değerler sırasıyla 59,1716; 30,2115 ve 60,2410 W/m²K'dır.

Soğuk yüzey katsayısı (h_c) değerleri 14,4300-5000 W/m²K arasında değişmiş olup en

düşük değer pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek değer ise düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinden saptanmıştır. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örnekleri için soğuk yüzey katsayıları sırasıyla 15,9490; 34,4827 ve 46,7290 W/m²K'dır.

Isı iletkenliği (λ) değerleri 0,1636-0,4923 W/mK arasındadır. En küçük değer gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen 3 numaralı duvar örneğinde, en yüksek değer ise düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğindedir. Kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı duvar örnekleri için ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,4380; 0,4339 ve 0,4009 W/mK, ortalama 0,4243 W/mK'dır.

Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok ile örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvarların ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,4420; 0,4072 ve 0,3800 W/mK, ortalama 0,4097 W/mK, birim ağırlığı da 700 kg/ m³ ölçülmüştür. Birim ağırlığı yaklaşık 700 kg/ m³ olan 2 sıra boşluklu bims blokların ısı iletkenlik değeri 0,36 W/mK'dır (Anonim 2009b) ve örneklerin ortalama ısı iletkenlik değeri bu değerden büyük, kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) de %3,44 oranında düşüktür.

Isı iletkenlik değerleri (λ), 3 sıra boşluklu bims blok ile sıvasız olarak örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvarlarda sırasıyla 0,4665; 0,3764 ve 0,3631 W/mK, ortalama 0,4020 W/mK, birim ağırlığı 700 kg/ m³ olarak belirlenmiştir. Birim ağırlığı yaklaşık 700 kg/m³ olan 3 sıra boşluklu bims bloklar için verilen ısı iletkenlik değeri 0,36 W/mK'dır (Anonim 2009b). Örneklerin ortalama ısı iletkenlik değeri 3 sıra boşluklu bims bloklar için önerilen değerden büyüktür. Ayrıca bu grubun ortalama ısı iletkenlik değeri kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) %5,26 oranında düşüktür.

Gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen, birim ağırlığı yaklaşık 550 kg/ m³ olan 1, 2 ve 3 numaralı duvarların ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,1907; 0,1679 ve 0,1636 W/mK, ortalama 0,1741 W/mK olarak saptanmıştır. Örneklerin ortalama ısı iletkenlik değeri; Anonim (2009b)'da bu birim ağırlık için verilen ısı iletkenlik değeri 0,18 W/mK'den küçük, kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) ise %58,97

oranında azdır.

Düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvarların ısı iletkenlik değerleri (λ) sırasıyla 0,4923; 0,4351 ve 0,4396 W/mK, ortalama 0,4557 W/mK'dır. Bu gruptaki örneklerin birim ağırlıkları yaklaşık 600 kg/ m³ olup, ısı iletkenlik değeri aynı birim ağırlık değeri için Anonim (2009b)'da verilen 0,33 W/mK'dan yüksektir. Düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen örneklerin ortalama ısı iletkenlik değeri kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) %7,4 oranında yüksek olup daha düşük yalıtım değerine sahiptir.

Yatay delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvarların yaklaşık birim ağırlıkları 660 kg/m³ olup ısı iletkenlik değerleri de (λ) sırasıyla 0,3127; 0,3547 ve 0,3332 W/mK, ortalama 0,3335 W/mK olarak hesaplanmıştır. Isı iletkenlik değerleri; Anonim (2009b)'da 600-700 kg/m³ arasındaki birim ağırlığa sahip yatay delikli tuğla duvar için verilen 0,33-0,36 W/mK değerleri arasına düşmektedir. Saptanan ortalama ısı iletkenlik değeri kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) %21,4 oranında düşüktür.

Deneylerde kullanılan sıvasız duvar örneklerinde yalıtım yönünden en düşük ısı iletkenlik değeri gaz beton (ytong) ile örülen duvar örneklerinde (ortalama 0,1741 W/mK) ölçülmüştür. Isı iletkenlik değeri yönünden ytongu sırasıyla; yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örnekleri (ortalama 0,3335 W/mK), 3 sıra boşluklu bims blok ile sıvasız örülen duvar örnekleri (ortalama 0,4020 W/mK), 2 sıra boşluklu bims blok ile sıvasız örülen duvar örnekleri (ortalama 0,4097 W/mK) ve düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örnekleri (ortalama 0,4557 W/mK) izlemektedir. Deneylerde kullanılan duvar örneklerinin hot box yöntemiyle belirlenen ısı iletkenlik değerleri standartlarda verilen değerlerden daha küçüktür. Standartlarda verilen değerler amprik eşitliklerle hesaplanmasına karşın; hot box yöntemiyle belirlenen değerler, duvarların doğa koşullarına daha yakın ortamda ölçülmeleri sonucu elde edilmiştir. Doğa koşullarına daha yakın ortam sağlayabilen hot box yöntemiyle belirlenen değerlerin gerçeğe daha yakın olabileceği sonucunu doğurmaktadır.

Yatay delikli tuğla ile örülen ve katkılı sıvalarla sıvanan duvar örneklerinde kullanılan agrega, bağlayıcı malzeme ve katkı malzemelerine göre belirlenen ısı iletkenlik değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çeşitli sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarlara ilişkin ısı iletkenlik değerleri

Agrega	Bağlayıcı Malzeme	Katkı malzemeleri						Kontrol Grubu
		A.sapı	Talaş	Saman	Yaprak	Plastik	Perlit	
Kum	Çimento	0,3307	0,4417	0,4771	0,3135	0,3555	0,3858	0,4243
	Kireç	0,4000	0,3309	0,3178	0,4593	--	0,4526	
Pomza	Çimento	0,3393	0,3461	0,4418	0,4373	0,3604	0,3385	
	Kireç	0,3533	0,3440	0,2883	0,4033	0,3893	0,4337	
Kum-Pomza	Çimento	0,4378	0,3886	0,3216	0,4261	0,3456	0,3348	
	Kireç	--	0,3912	--	0,4297	0,3560	0,3022	

Ayçiçeği sapı katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,3307-0,4378 W/mK arasında ve en düşük değer kum-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek değer ise kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar örneğindedir.

Isı iletkenlik değeri; kum-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar için 0,3307 W/mK, kum-kireç-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar için 0,4000 W/mK, pomza-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar için 0,3393 W/mK, pomza-kireç-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar için 0,3533 W/mK, kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar için 0,4378 W/mK olup bu değerler kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre sırasıyla %22,06 daha düşük, %5,73 daha düşük, %20,03 daha düşük, %16,73 daha düşük ve %2,18 daha yüksektir.

Genel olarak çimento bağlayıcılı ayçiçeği sapı katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örnekleri, kireç bağlayıcılı ayçiçeği katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan örneklere göre ısı yalıtımı yönünden daha iyi sonuçlar vermiştir.

Talaş katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,3309-0,4417 W/mK arasında, en düşük değer kum-kireç-talaş sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek değer ise kum-çimento-talaş sıva kombinasyonlu duvar örneğindedir. Kum-çimento-talaş sıva kombinasyonlu duvar örneği dışındaki tüm duvarların ısı iletkenlik değerleri kontrol grubu ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) düşüktür.

Kum-çimento-talaş, kum-kireç-talaş, pomza-çimento-talaş, pomza-kireç-talaş, kum-pomza-çimento-talaş, ve kum-pomza-kireç-talaş sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,4417 W/mK; 0,3309 W/mK; 0,3461 W/mK; 0,3440 W/mK; 0,3886 W/mK ve 0,3912 W/mK olarak belirlenmiş bu değerler kontrol grubu duvar örneklerinin ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) sırasıyla %4,10 yüksek, %22,01 düşük, %18,43 düşük, %18,93 düşük, %8,41 düşük ve %7,80 düşük olmuştur.

Talaş katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örneklerine ilişkin ısı iletkenlik değerleri genel olarak kireç bağlayıcılı talaş katkılı sıva kombinasyonlu duvar örneklerinde, çimento bağlayıcı olanlara göre daha düşük değerler almışlardır.

Saman katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,2883-0,4771 W/mK arasında olup, en düşük değer pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek değer ise kum-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden saptanmıştır. Kum-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,4771 W/mK olup, kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %12,44 daha yüksektir.

Kum-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3178 W/mK olup, kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %25,10 daha azdır.

Pomza-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,4418

W/mK'dır. Kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %4,12 daha fazladır.

Pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,2883 W/mK'dır. Kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine göre %32,05 daha düşüktür ve tüm sıvalı kombinasyonlar içinde en düşük ısı iletkenlik değerine sahiptir, ısı yalıtımı yönünden uygulanan sıva kombinasyonları içerisinde en iyi kombinasyondur.

Kum-pomza-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3216 W/mK, kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %24,21 daha düşüktür.

Saman katkılı sıva kombinasyonlu duvar örneklerinden kireç bağlayıcılı olanlar, çimento bağlayıcılı olanlarına göre ısı iletkenliği yönünden daha iyi sonuçlar, kum-pomza-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneği de kireç bağlayıcılı örneklerle yakın sonuçlar vermiştir.

Yaprak katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanıp örülen duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,3135-0,4593 W/mK arasında değişmiş; en düşük değer kum-çimento-yaprak sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek değer ise kum-kireç-yaprak sıva kombinasyonlu duvar örneğinden elde edilmiştir.

Kum-çimento-yaprak, kum-kireç-yaprak, pomza-çimento- yaprak, pomza-kireç- yaprak, kum-pomza-çimento-yaprak ve kum-pomza-kireç- yaprak sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,3135 W/mK; 0,4593 W/mK; 0,4373 W/mK; 0,4033 W/mK; 0,4261 W/mK ve 0,4297 W/mK olarak belirlenmiş bu değerler kontrol grubu duvar örneklerinin ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/m K) sırasıyla %26,11 düşük, %8,25 yüksek, %3,06 yüksek, %4,95 düşük, %0,42 yüksek ve %1,27 yüksek olmuştur.

Çimento bağlayıcılı yaprak katkılı sıvalarla sıvanan duvar örnekleri, kireç bağlayıcılı yaprak katkılı sıvalarla sıvanan örneklere göre ısı iletkenlik yönünden genelde daha iyi sonuçlara sahiptir.

Plastik katkılı sıva kombinasyonlu duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,3456-0,3893 W/mK arasındadır. En düşük değer kum-pomza-çimento-plastik sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek değer ise pomza-kireç-plastik sıva kombinasyonlu duvar örneğinden hesaplanmıştır. Kum-çimento-plastik, pomza-çimento-plastik, pomza-kireç-plastik, kum-pomza-çimento-plastik ve kum-pomza-kireç-plastik sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,3555 W/mK; 0,3604 W/mK; 0,3893 W/mK; 0,3456 W/mK ve 0,3560 W/mK olup bu değerler kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerlerinden (0,4243 W/mK) sırasıyla %16,22; %15,06; %8,25, %18,55; ve %16,10 daha düşüktür.

Plastik katkılı sıva kombinasyonlu duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri birbirlerine yakındır ve kontrol grubu duvar örnekleri ortalamasından (0,4243 W/mK) düşüktür.

Perlit katkılı sıva ile sıvanan duvarların ısı iletkenlik değerleri 0,3022-0,4526 W/mK arasındadır. En düşük değer kum-pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek değer ise kum-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinde olmuştur.

Kum-çimento-perlit sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3858 W/mK'dir ve kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %9,07 daha azdır.

Kum-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,4526 W/mK'dır. Kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %6,67 daha yüksektir.

Pomza-çimento-perlit sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3385 W/mK

olup, bu değer kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %20,22 daha düşüktür.

Pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,4337 W/mK'dir ve kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) %2,21 daha fazladır.

Kum-pomza-imento-perlit sıvayla sıvanan duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3348 W/mK'dir ve bu değer kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerinden (0,4243 W/mK) %21,09 daha azdır.

Kum-pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvarın ısı iletkenlik değeri 0,3022 W/mK olup, kontrol grubu duvar örnekleri ortalama ısı iletkenlik değerine (0,4243 W/mK) göre %28,78 daha düşüktür.

Çimento bağlayıcılı perlit katkılı duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri kontrol grubu örneklerin ortalamasından daha azdır. Kireç bağlayıcılı perlit katkılı duvar örneklerinden yalnızca kum-pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinin ısı iletkenlik değeri kontrol grubundan düşüktür. Genelde imento bağlayıcılı perlit katkılı duvar örnekleri, ısı iletkenliği yönünden kireç katkılı örneklerden daha iyi sonuç vermiştir.

Katkılı sıvalarla sıvanan tüm duvar örnekleri içerisinde katkı malzemeleri açısından en düşük ısı iletkenlik değeri 0,2883 W/mK ile pomza-kireç saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek ısı iletkenlik değeri 0,4771 W/mK ile kum-imento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden elde edilmiştir.

Genel olarak ayçiçeği sapı, talaş, plastik ve perlit katkılı sıvalarla sıvanan duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri birbirine yakındır. Plastik katkılı sıvalarla sıvanan örneklerin ısı iletkenlik değerleri; yaprak katkılı sıvayla sıvanan örneklerin ve imento bağlayıcılı saman katkılı örneklerin ısı iletkenliklerinden daha iyi olup, kireç bağlayıcısı

kullanılanların ısı iletkenlikleriyle benzer sonuçlar vermiştir. Ölçümleri yapılan talaş ve saman katkılı sıvayla sıvanan duvar örnekleri ısı iletkenlikleri yönünden birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Yaprak katkılı sıvayla sıvanan örneklerin ısı iletkenlik değerleri; ayçiçeği sapı, talaş ve saman katkılı sıvayla sıvananların ısı iletkenlik değerlerine yakındır. Perlit katkılı sıvayla sıvanan örneklerin ısı iletkenlik değerleri; yaprak katkılı sıvayla sıvanan örneklerin ısı iletkenlik değerlerinden daha iyidir ve ayçiçeği sapı, talaş ve saman katkılı sıvayla sıvananların ısı iletkenlik değerlerine yakın sonuçlar göstermiştir.

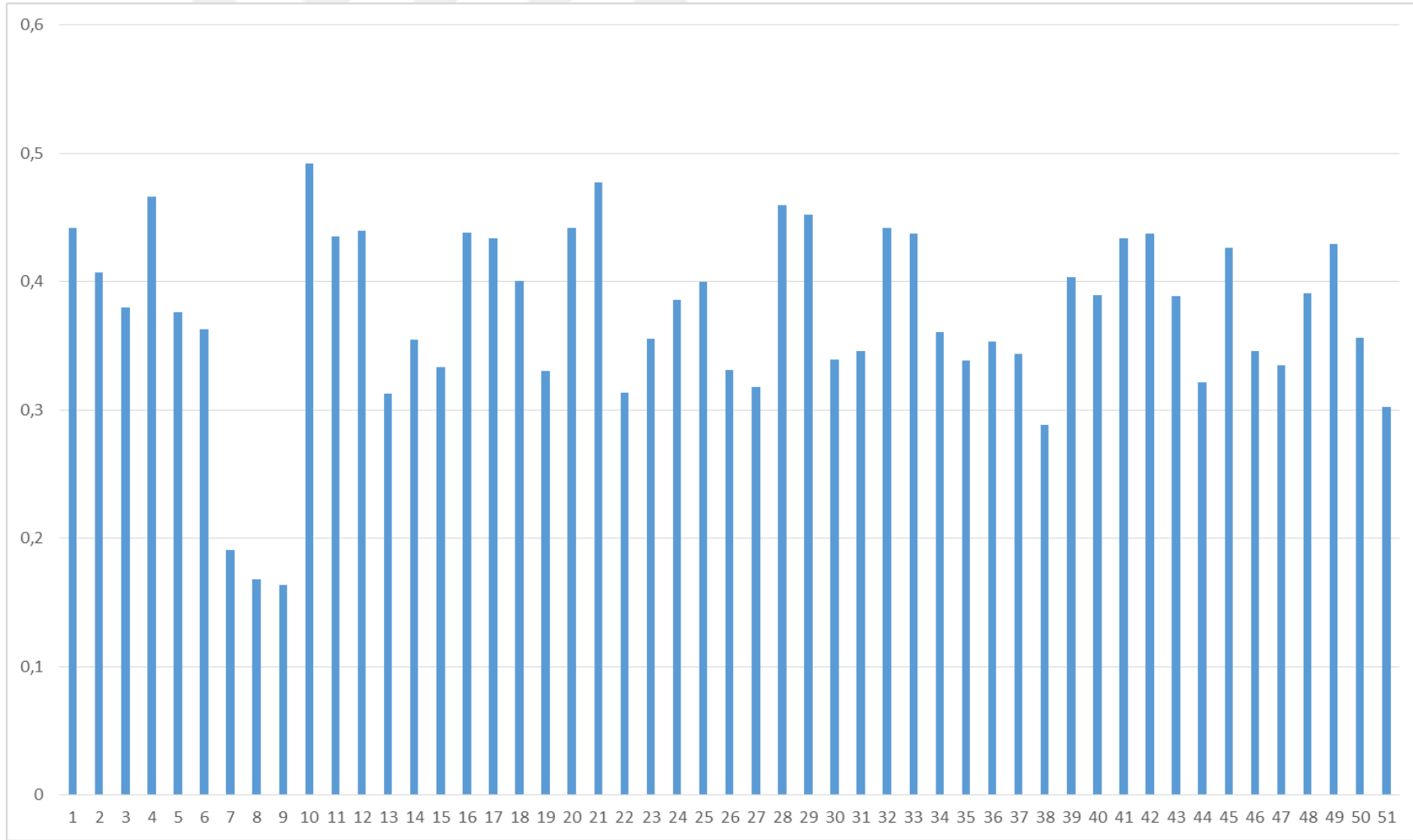
Katkılı sıvalarda kullanılan agregalar (kum, pomza, kum-pomza) göz önüne alındığında; kum ile hazırlanan sıvalarla sıvanan örnekler içerisinde en düşük ısı iletkenlik değeri 0,3135 W/mK ile kum-çimento-yaprak sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek ısı iletkenlik değeri de 0,4771 W/mK ile kum-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden elde edilmiştir. Pomza ile hazırlanan katkılı sıvalı örneklerde en düşük ısı iletkenlik değeri 0,2883 W/mK ile pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek ısı iletkenlik değeri 0,4418 W/mK ile pomza-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde saptanmıştır. Agregası kum-pomza olan katkılı sıvalarla sıvanan örnekler içerisinde ise en düşük ısı iletkenlik değeri 0,3022 W/mK ile kum-pomza-kireç-perlit sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek ısı iletkenlik değeri ise 0,4378 W/mK ile kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı sıva kombinasyonlu duvar örneğinde belirlenmiştir.

Sıvalarda kullanılan bağlayıcılara göre karşılaştırma yapıldığında; çimento bağlayıcılı sıvaların kullanıldığı örneklerde en düşük ısı iletkenlik değeri 0,3135 W/mK ile kum-çimento-yaprak sıva kombinasyonlu duvar örneğinden, en yüksek ısı iletkenlik değeri de 0,4771 W/mK ile kum-çimento-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden elde edilmiştir. Kireç bağlayıcılı sıvalarla sıvanan örneklerde en düşük ısı iletkenlik değeri 0,2883 W/mK ile pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinde, en yüksek ısı iletkenlik değeri ise 0,4593W/mK ile kum-kireç-yaprak sıva kombinasyonlu duvar örneğinde görülmüştür.

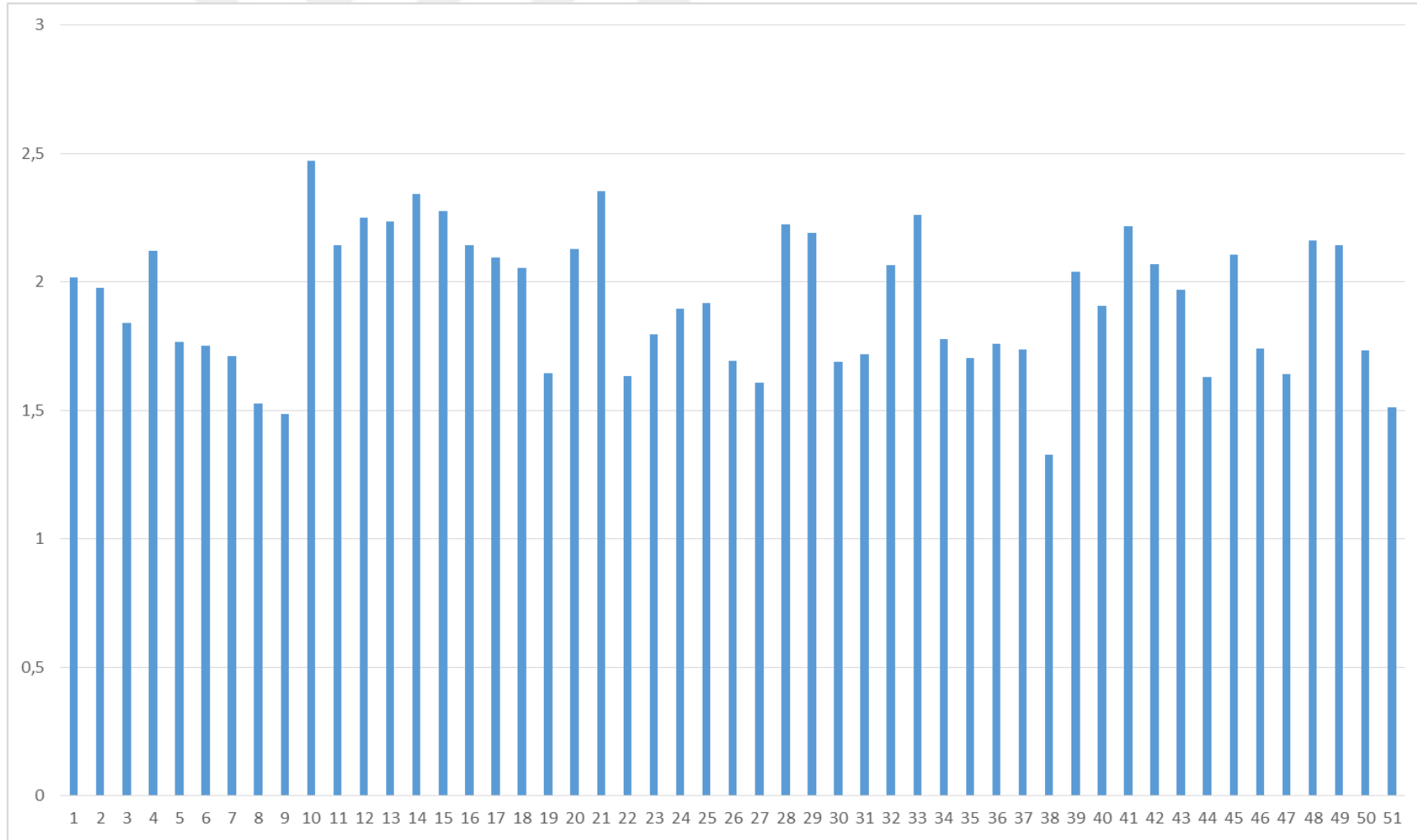
Ölçümleri yapılan 51 duvar örneğinde hot box yöntemiyle elde edilen ısı özelliklere ilişkin verilerin grafiksel gösterimleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Isıl özelliklere ilişkin Şekil 4.1-Şekil 4.9 arasındaki grafiklerde numaraların gösterdiği duvar kombinasyonları

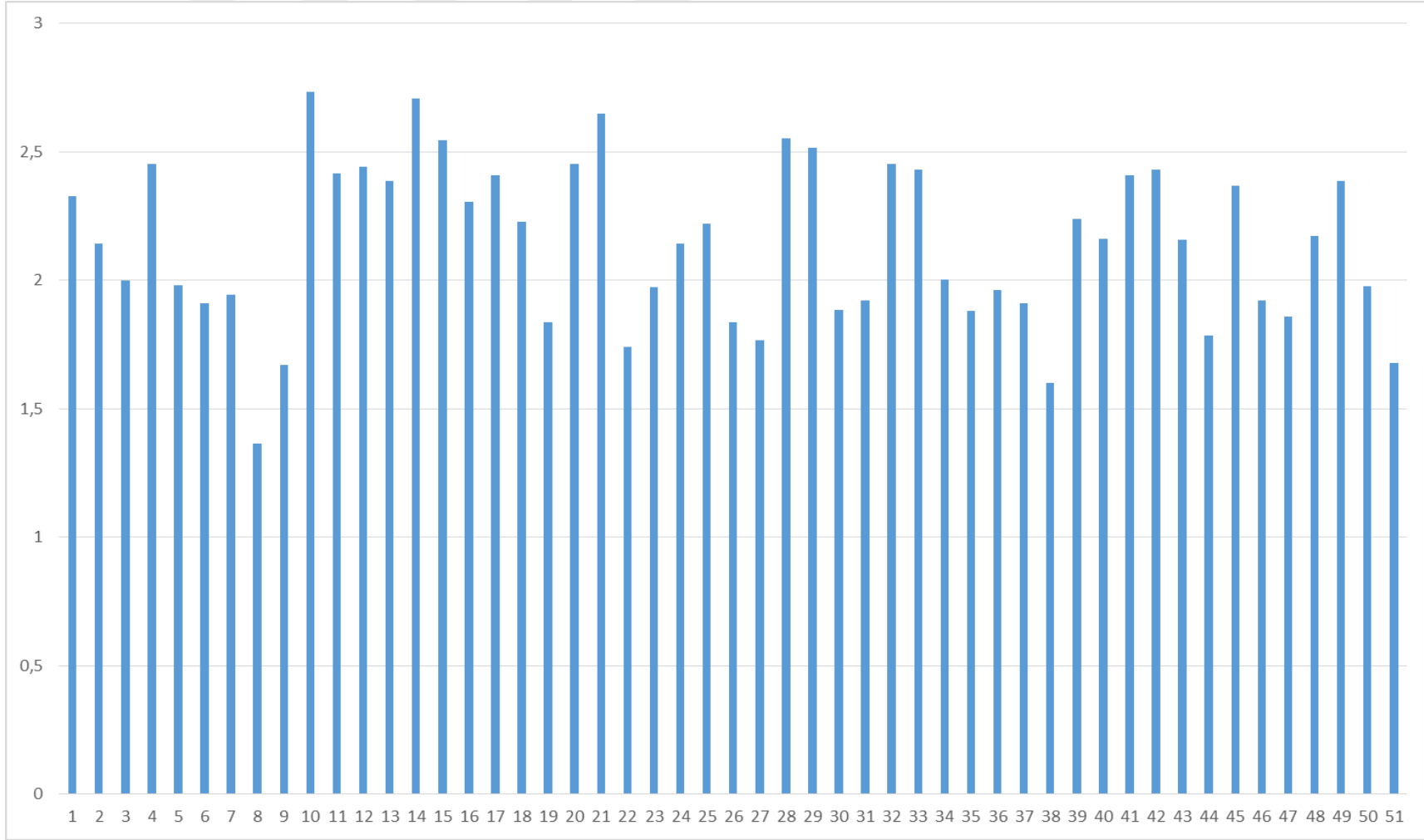
Sıra No	Duvar Kombinasyonu
1	2 sıra boşluklu bims1
2	2 sıra boşluklu bims2
3	2 sıra boşluklu bims3
4	3 sıra boşluklu bims1
5	3 sıra boşluklu bims2
6	3 sıra boşluklu bims3
7	Ytong1
8	Ytong2
9	Ytong3
10	Düşey delikli tuğla1
11	Düşey delikli tuğla2
12	Düşey delikli tuğla3
13	Yatay delikli tuğla1
14	Yatay delikli tuğla2
15	Yatay delikli tuğla3
16	KONTROL 1
17	KONTROL 2
18	KONTROL 3
19	Kum-çimento-ayçiçeği sapı
20	Kum-çimento-talaş
21	Kum-çimento-saman
22	Kum-çimento-yaprak
23	Kum-çimento-plastik
24	Kum-çimento-perlit
25	Kum-kireç-ayçiçeği sapı
26	Kum-kireç-talaş
27	Kum-kireç-saman
28	Kum-kireç-yaprak
29	Kum-kireç-perlit
30	Pomza-çimento-ayçiçeği sapı
31	Pomza-çimento-talaş
32	Pomza-çimento-saman
33	Pomza-çimento-yaprak
34	Pomza-çimento-plastik
35	Pomza-çimento-perlit
36	Pomza-kireç-ayçiçeği sapı
37	Pomza-kireç-talaş
38	Pomza-kireç-saman
39	Pomza-kireç-yaprak
40	Pomza-kireç-plastik
41	Pomza- kireç-perlit
42	Kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı
43	Kum-pomza-çimento-talaş
44	Kum-pomza-çimento-saman
45	Kum-pomza-çimento-yaprak
46	Kum-pomza-çimento-plastik
47	Kum-pomza-çimento-perlit
48	Kum-pomza-kireç-talaş
49	Kum-pomza-kireç-yaprak
50	Kum-pomza-kireç-plastik
51	Kum-pomza-kireç-perlit



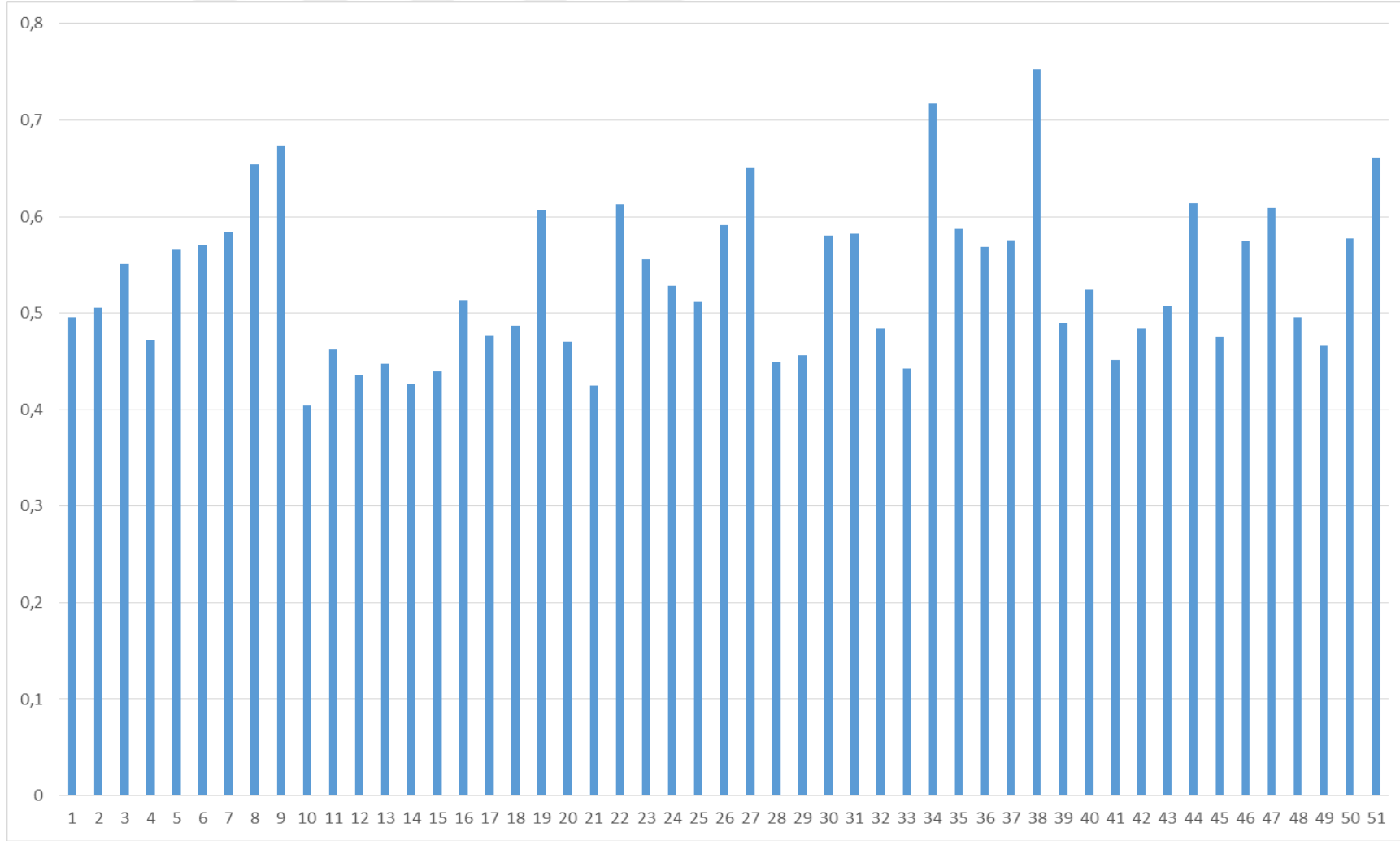
Şekil 4.1. Isı iletkenlik değ erleri (W/ m K)



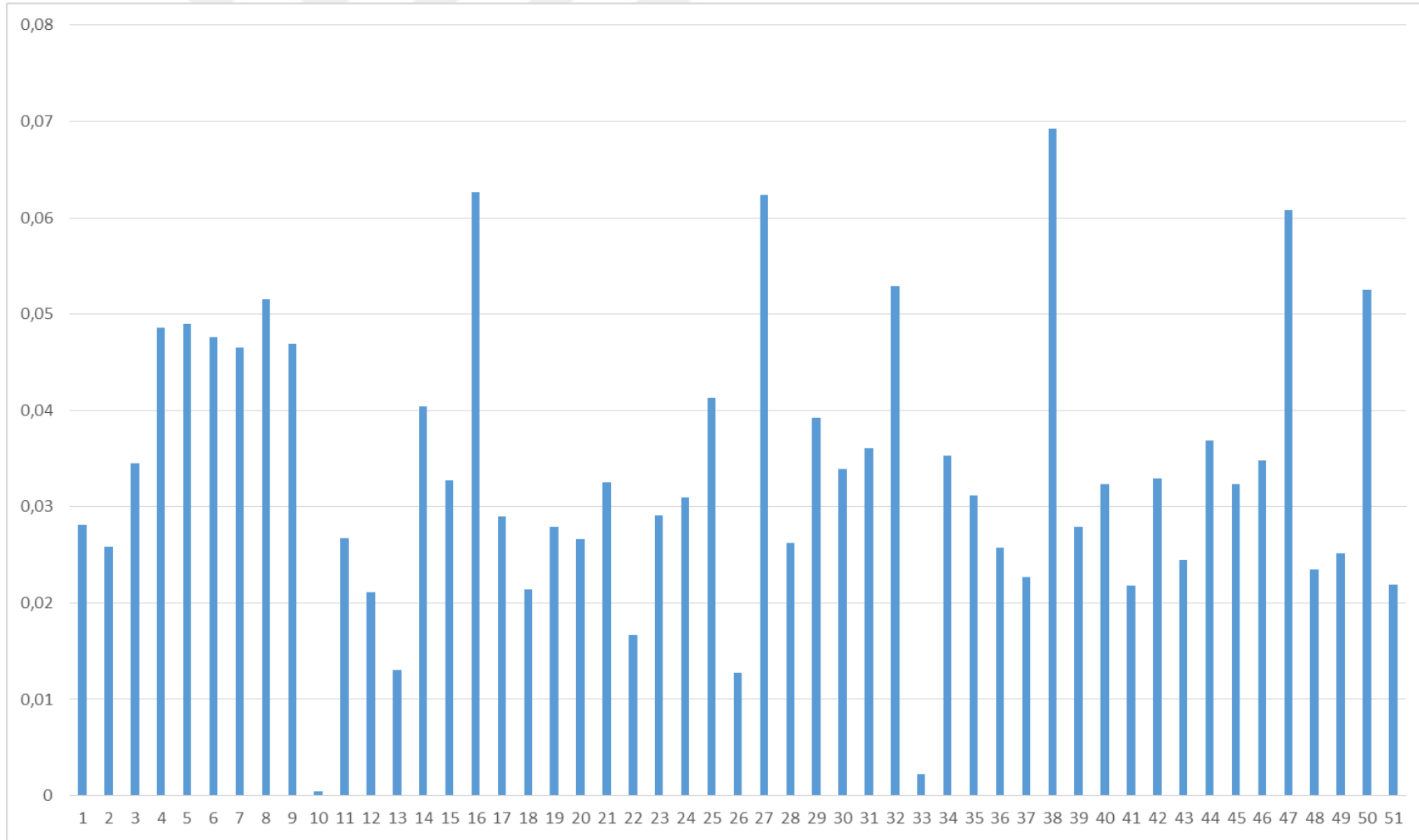
Şekil 4.2. Isı geçişi (U) değerleri (W/ m² K)



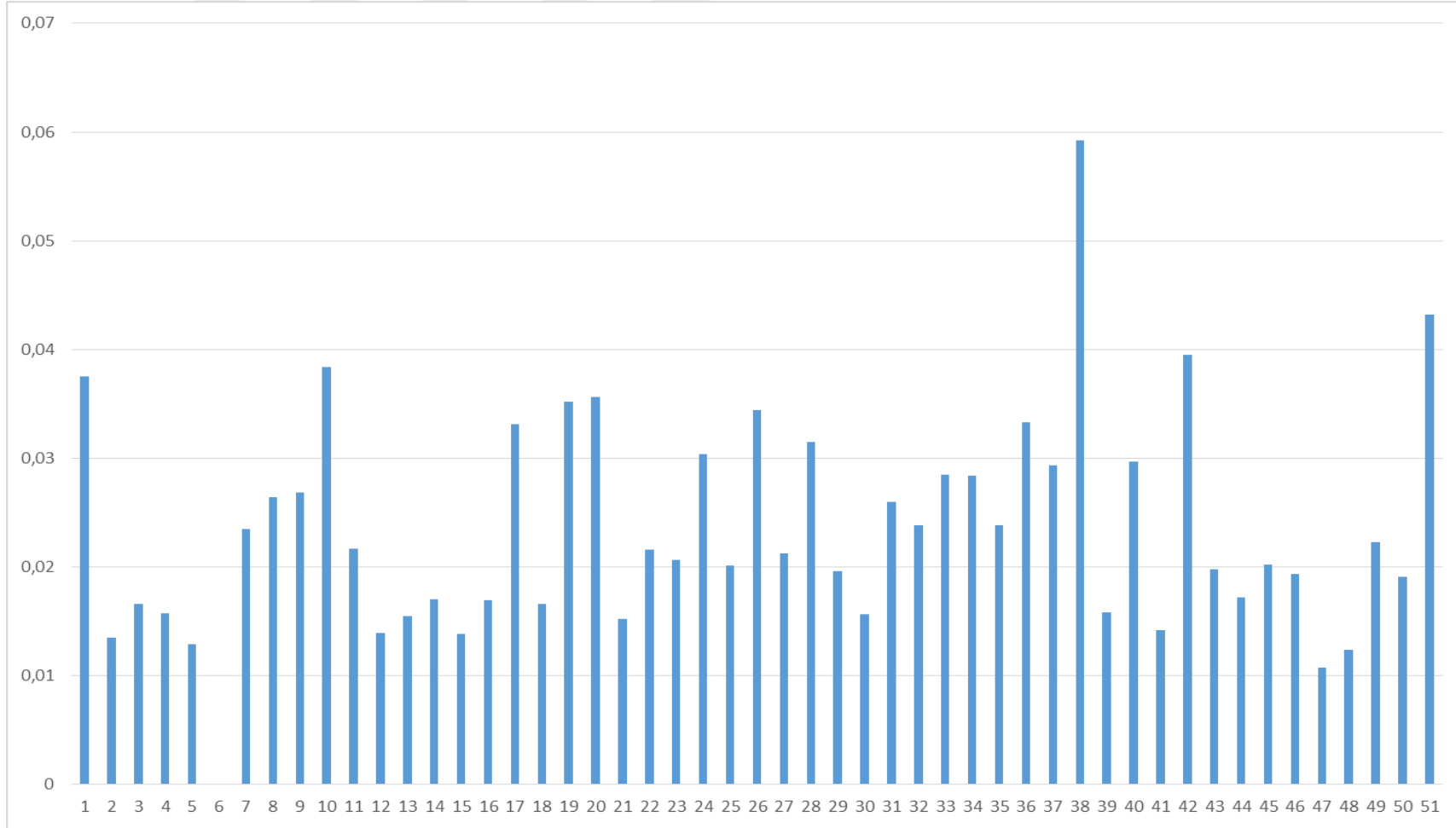
Şekil 4.3. Isı iletimi (C) değerleri ($W/m^2 K$)



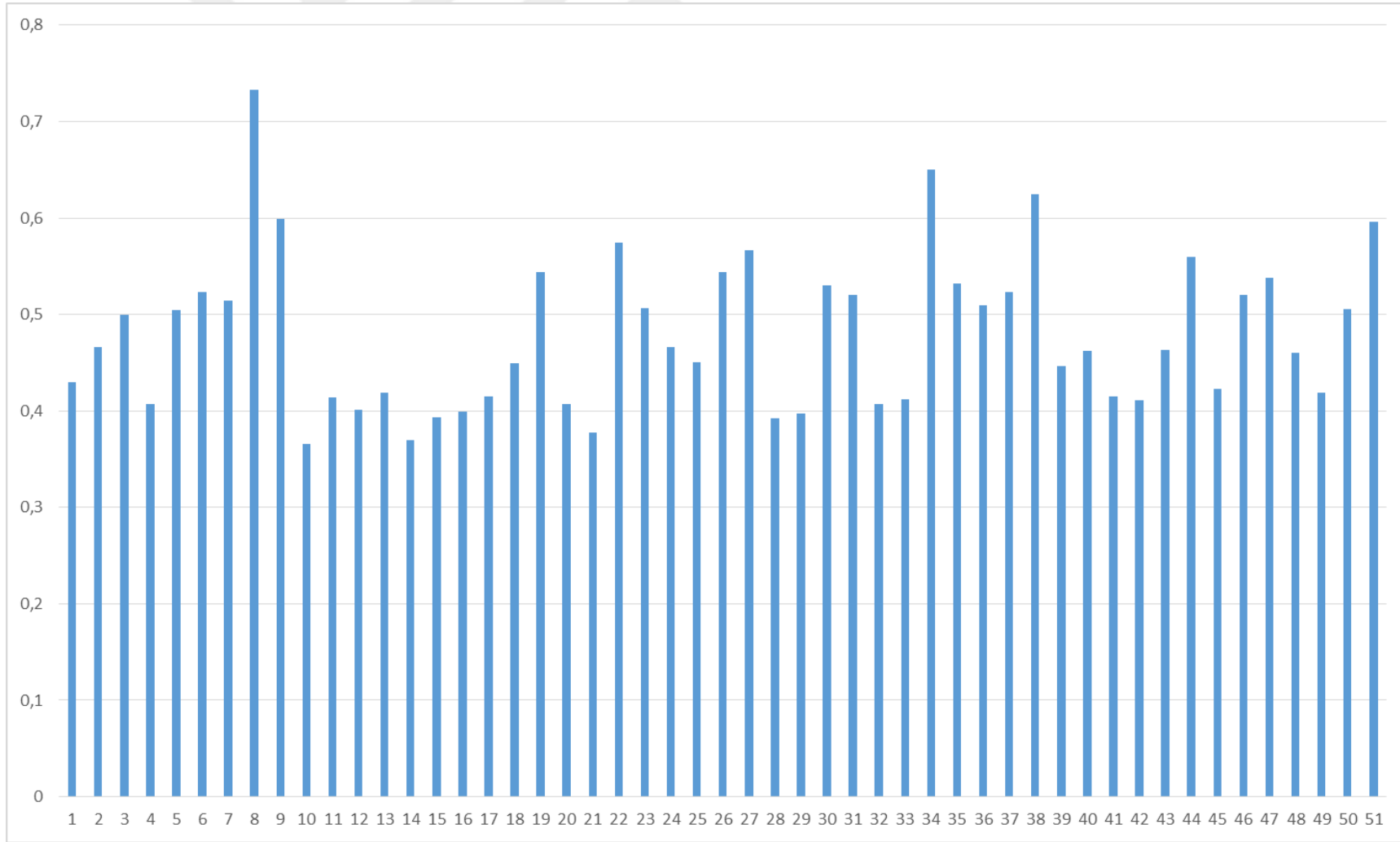
Şekil 4.4. Toplam ısı direnci (R_U) değerleri ($\text{m}^2 \text{ K/W}$)



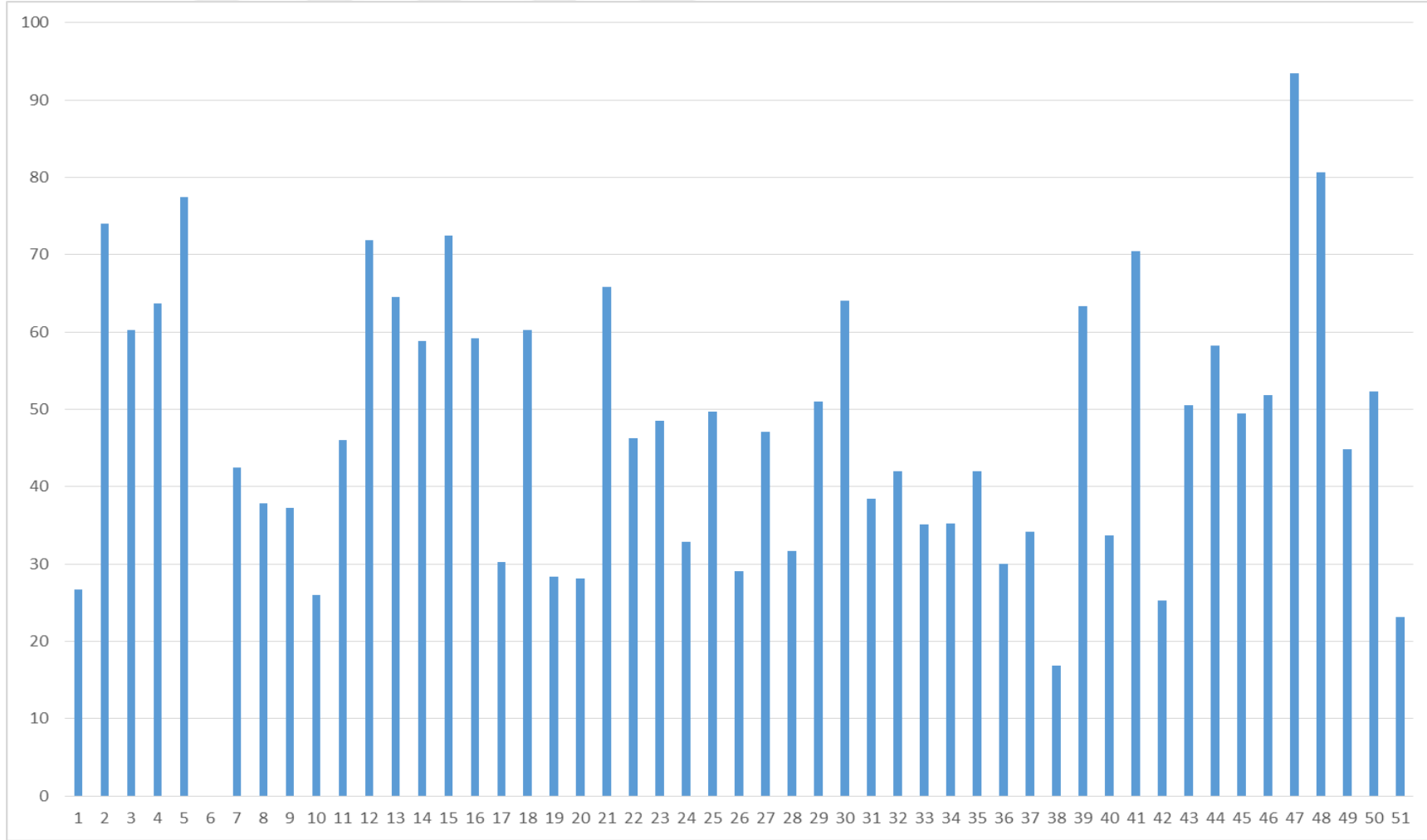
Şekil 4.5. Soğuk kenar yüzey direnci (R_c) değerleri ($m^2 K/ W$)



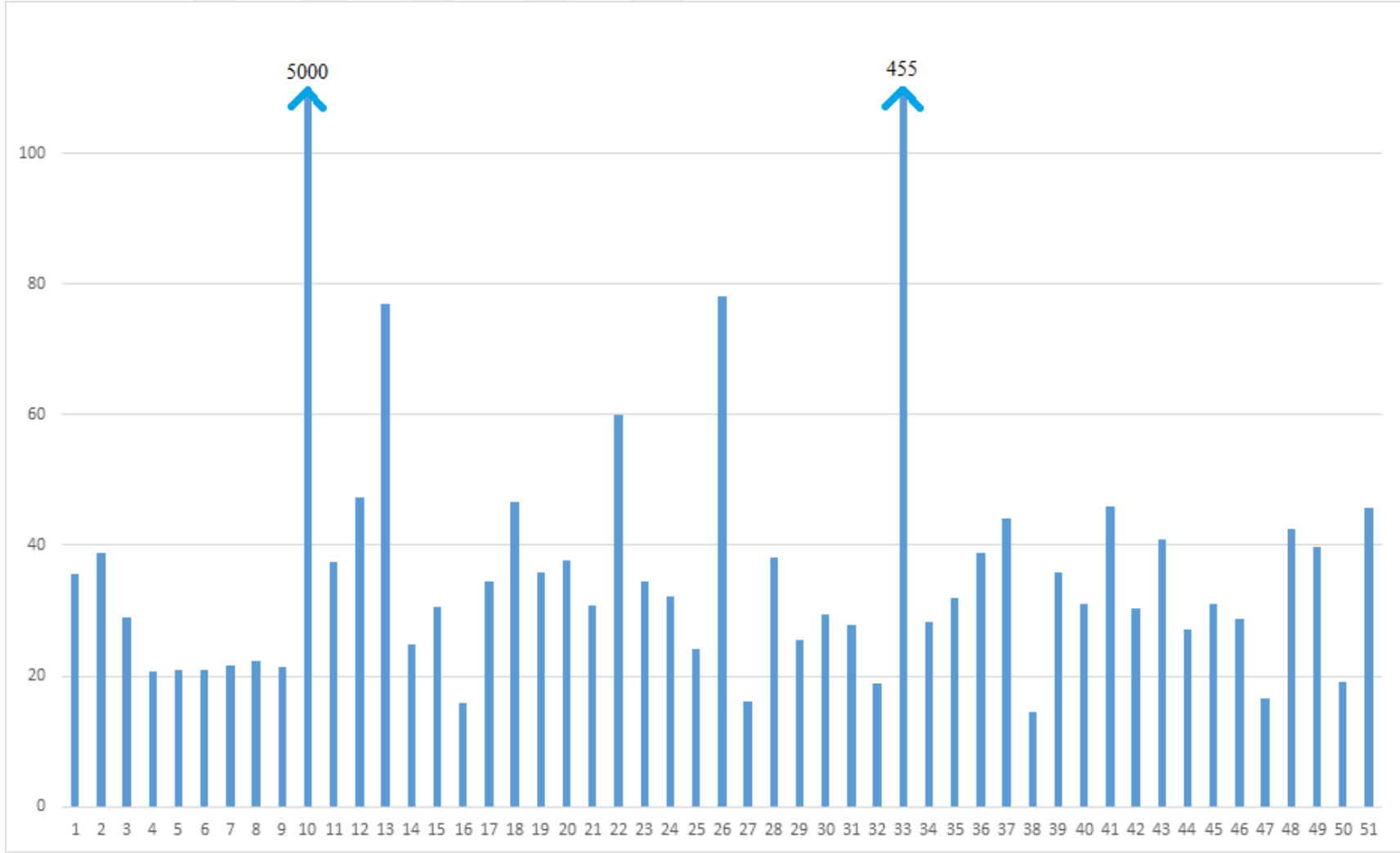
Şekil 4.6. Sıcak kenar yüzey direnci (R_h) değerleri (m² K/ W)



Şekil 4.7. Isı direnci (R) değerleri (m² K/ W)



Şekil 4.8. Sıcak yüzey katsayısı h_h değerleri (W/ m² K)



Şekil 4.9. Soğuk yüzey katsayısı (h_c) değerleri ($W/m^2 K$)

4.3. İstatistiksel Analiz Sonuçları

1. Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemi

Hot box yöntemiyle ısı özellikleri ölçülen 51 örneğin ısı iletkenlik (λ), ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U), ısı iletimi (C) ve toplam ısı direnci (R_U) parametrelerine gri ilişkisel analiz yöntemi uygulanarak; sırasıyla örneklerle ilişkin 1-normalizasyon değerleri, katsayı matrisi değerleri ve gri dereceleri hesaplanıp değerlendirilmiştir. Gri derece; 0 ile 1 arasında değer alan bir katsayı olup katsayı arttıkça değerlendirilen parametreler daha iyi olarak tanımlanmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan ısı iletkenlik, ısı geçişi (ısı geçirgenliği), ısı iletimi ve toplam ısı direnci değerleri Çizelge 4.5’de, bu değerlere ilişkin 1-normalizasyon değerleri Çizelge 4.6’da, katsayı matrisi değerleri Çizelge 4.7’de ve gri derece değerleri ise Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Isı iletkenliği (λ), ısı iletimi (C), ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) ve toplam ısı direnci (R_U) değerleri göz önüne alınarak yapılmış olan gri ilişkisel analiz sonuçlarına göre en iyi ısı iletkenlik değeri pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğinden (Gri derece=0,801900), en kötü ısı iletkenlik değeri ise düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1 numaralı duvar örneğinden (Gri derece= 0,333333) elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Gri ilişkisel analiz yöntemine göre kontrol grubu 3 numaralı örnek, değerlendirilen parametreler yönünden 30’uncu sırada yer almıştır ve ısı yalıtımı yönünden kontrol grubu örnekleri içerisinde en iyisidir. Değerlendirme sonucunda, 1 ile 29’uncu sıralar arasında yer alan örnekler ısı iletkenliği yönünden kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Farklı katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örneklerine ilişkin gri dereceler göz önüne alındığında bu örneklerin 22 tanesi, kontrol grubu 1, 2 ve 3 numaralı örneklerin hepsinden daha yüksek gri dereceye sahiptir. Büyükten küçüğe gri derecelerine göre 22 örnek sıralandığında; en iyi (en ideal) örnek pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneğidir. Diğerlerinin gri dereceye göre sıralaması da; kum-pomza-kireç-perlit, kum-kireç-saman, pomza-çimento-plastik, kum-çimento-yaprak, kum-pomza-çimento-saman, kum-çimento-ayçiçeği sapı, kum-pomza-çimento-perlit, kum-kireç-talaş, pomza-çimento-perlit, pomza-çimento-ayçiçeği sapı, pomza-

çimento-talaş, pomza-kireç-talaş, kum-pomza-çimento-plastik, kum-pomza-kireç-plastik, pomza-kireç-ayçiçeği sapı, kum-çimento-plastik, kum-çimento-perlit, pomza-kireç-plastik, kum-pomza-çimento-talaş, kum-kireç-ayçiçeği sapı, pomza-kireç-yaprak şeklindedir.

Çizelge 4.5. Gri ilişkisel analizde kullanılan deney sonuçları

ÖRNEK	λ	U	C	Ru
2 sıra boşluklu bims1	0,4420	2,0184	2,3262	0,4955
2 sıra boşluklu bims2	0,4072	1,9768	2,1432	0,5059
2 sıra boşluklu bims3	0,3800	1,8416	2,0002	0,5510
3 sıra boşluklu bims1	0,4665	2,1204	2,4550	0,4716
3 sıra boşluklu bims2	0,3764	1,7679	1,1553	0,5656
3 sıra boşluklu bims3	0,3631	1,7527	1,9110	0,5709
Ytong1	0,1907	1,7121	1,9452	0,5841
Ytong2	0,1679	1,5275	1,7136	0,6547
Ytong3	0,1636	1,4863	1,6692	0,6728
Düşey delikli tuğla1	0,4923	2,4728	2,7350	0,4044
Düşey delikli tuğla2	0,4351	2,1447	2,4170	0,4621
Düşey delikli tuğla3	0,4396	2,2495	2,4421	0,4360
Yatay delikli tuğla1	0,3127	2,2352	2,3871	0,4474
Yatay delikli tuğla2	0,3547	2,3432	2,7078	0,4267
Yatay delikli tuğla3	0,3332	2,2749	2,5440	0,4396
KONTROL 1	0,4380	2,1423	2,3040	0,5136
KONTROL 2	0,4339	2,0965	2,4105	0,4770
KONTROL 3	0,4009	2,0536	2,2271	0,4870
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	0,3307	1,6466	1,8374	0,6073
Kum-çimento-talaş	0,4417	2,1291	2,4538	0,4697
Kum-çimento-saman	0,4771	2,3528	2,6503	0,4250
Kum-çimento-yaprak	0,3135	1,6329	1,7419	0,6124
Kum-çimento-plastik	0,3555	1,7955	1,9747	0,5561
Kum-çimento-perlit	0,3858	1,8940	2,1433	0,5280
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	0,4000	1,9167	2,2215	0,5116
Kum-kireç-talaş	0,3309	1,6918	1,8385	0,5911
Kum-kireç-saman	0,3178	1,6073	1,7654	0,6500
Kum-kireç-yaprak	0,4593	2,2242	2,5515	0,4496
Kum-kireç-perlit	0,4526	2,1909	2,5144	0,4565
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,3393	1,6899	1,8849	0,5800
Pomza-çimento-talaş	0,3461	1,7178	1,9228	0,5822
Pomza-çimento-saman	0,4418	2,0660	2,4546	0,4841
Pomza-çimento-yaprak	0,4373	2,2612	2,4295	0,4423
Pomza-çimento-plastik	0,3604	1,7759	2,0022	0,7177
Pomza-çimento-perlit	0,3385	1,7040	1,8804	0,5868
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	0,3533	1,7589	1,9625	0,5686
Pomza-kireç-talaş	0,3440	1,7380	1,9109	0,5753
Pomza-kireç-saman	0,2883	1,3281	1,6015	0,7529
Pomza-kireç-yaprak	0,4033	2,0409	2,2406	0,4900
Pomza-kireç-plastik	0,3893	1,9072	2,1629	0,5243
Pomza- kireç-perlit	0,4337	2,2167	2,4092	0,4511
Kum-Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,4378	2,0680	2,4322	0,4836
Kum-Pomza-çimento-talaş	0,3886	1,9707	2,1591	0,5075
Kum-Pomza-çimento-saman	0,3216	1,6289	1,7865	0,6138
Kum-Pomza-çimento-yaprak	0,4261	2,1055	2,3672	0,4749
Kum-Pomza-çimento-plastik	0,3456	1,7394	1,9200	0,5749
Kum-Pomza-çimento-perlit	0,3348	1,6419	1,8602	0,6091
Kum-Pomza-kireç-talaş	0,3912	2,1600	2,1733	0,4960
Kum-Pomza-kireç-yaprak	0,4297	2,1444	2,3875	0,4664
Kum-Pomza-kireç-plastik	0,3560	1,7324	1,9778	0,5772
Kum-Pomza-kireç-perlit	0,3022	1,5133	1,6787	0,6608

Çizelge 4.6. Karşılaştırma veri seti ile referans veri seti arasındaki fark değerleri (1-normalizasyon değerleri)

ÖRNEK	λ	U	C	Ru
2 sıra boşluklu bims1	0,846973	0,603040	0,741217	0,738594
2 sıra boşluklu bims2	0,741101	0,566699	0,625372	0,708752
2 sıra boşluklu bims3	0,658351	0,448589	0,534848	0,579340
3 sıra boşluklu bims1	0,921509	0,692146	0,822751	0,807174
3 sıra boşluklu bims2	0,647399	0,384205	0,000000	0,537446
3 sıra boşluklu bims3	0,606936	0,370927	0,478382	0,522238
Ytong1	0,082446	0,335459	0,500032	0,484362
Ytong2	0,013082	0,174194	0,353422	0,281779
Ytong3	0,000000	0,138202	0,325315	0,229842
Düşey delikli tuğla1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Düşey delikli tuğla2	0,825981	0,713375	0,798696	0,834433
Düşey delikli tuğla3	0,839671	0,804927	0,814585	0,909326
Yatay delikli tuğla1	0,453605	0,792435	0,779768	0,876614
Yatay delikli tuğla2	0,581381	0,886783	0,982782	0,936011
Yatay delikli tuğla3	0,515972	0,827116	0,879091	0,898996
KONTROL 1	0,834804	0,711278	0,727163	0,686657
KONTROL 2	0,822330	0,671268	0,794581	0,791679
KONTROL 3	0,721935	0,633791	0,678483	0,762984
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	0,508366	0,278239	0,431791	0,417791
Kum-çimento-talaş	0,846060	0,699747	0,821992	0,812626
Kum-çimento-saman	0,953757	0,895169	0,946382	0,940890
Kum-çimento-yaprak	0,456039	0,266271	0,371336	0,403156
Kum-çimento-plastik	0,583815	0,408317	0,518706	0,564706
Kum-çimento-perlit	0,675996	0,494365	0,625435	0,645337
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	0,719197	0,514196	0,674938	0,692396
Kum-kireç-talaş	0,508975	0,317725	0,432487	0,464275
Kum-kireç-saman	0,469121	0,243907	0,386213	0,295265
Kum-kireç-yaprak	0,899605	0,782825	0,883839	0,870301
Kum-kireç-perlit	0,879221	0,753735	0,860353	0,850502
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,534530	0,316065	0,461860	0,496126
Pomza-çimento-talaş	0,555218	0,340439	0,485852	0,489813
Pomza-çimento-saman	0,846364	0,644623	0,822498	0,771306
Pomza-çimento-yaprak	0,832674	0,815148	0,806609	0,891248
Pomza-çimento-plastik	0,598722	0,391194	0,536114	0,101004
Pomza-çimento-perlit	0,532096	0,328383	0,459011	0,476614
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	0,577122	0,376343	0,510983	0,528838
Pomza-kireç-talaş	0,548829	0,358085	0,478319	0,509613
Pomza-kireç-saman	0,379373	0,000000	0,282459	0,000000
Pomza-kireç-yaprak	0,729236	0,622696	0,687029	0,754376
Pomza-kireç-plastik	0,686644	0,505897	0,637843	0,655954
Pomza-kireç-perlit	0,821722	0,776273	0,793758	0,865997
Kum-Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,834195	0,646370	0,808318	0,772740
Kum-Pomza-çimento-talaş	0,684515	0,561370	0,635437	0,704161
Kum-Pomza-çimento-saman	0,480681	0,262776	0,39957	0,399139
Kum-Pomza-çimento-yaprak	0,798601	0,679130	0,767171	0,797704
Kum-Pomza-çimento-plastik	0,553696	0,359308	0,484079	0,510760
Kum-Pomza-çimento-perlit	0,520840	0,274133	0,446224	0,412626
Kum-Pomza-kireç-talaş	0,692425	0,726741	0,644426	0,737159
Kum-Pomza-kireç-yaprak	0,809553	0,713113	0,780022	0,822095
Kum-Pomza-kireç-plastik	0,585336	0,353193	0,520668	0,504161
Kum-Pomza-kireç-perlit	0,421661	0,161789	0,331329	0,264275

Çizelge 4.7. Katsayı matrisi değerleri

ÖRNEK	λ	U	C	Ru
2 sıra boşluklu bims1	0,371203	0,453293	0,402831	0,403684
2 sıra boşluklu bims2	0,402868	0,468736	0,444298	0,413650
2 sıra boşluklu bims3	0,431648	0,527099	0,483163	0,463246
3 sıra boşluklu bims1	0,351739	0,419412	0,378000	0,382505
3 sıra boşluklu bims2	0,435768	0,565479	1,000000	0,481953
3 sıra boşluklu bims3	0,451697	0,574101	0,511048	0,489123
Ytong1	0,858449	0,598473	0,499984	0,507943
Ytong2	0,974503	0,741626	0,585877	0,639567
Ytong3	1,000000	0,783451	0,605829	0,685080
Düşey delikli tuğla1	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333
Düşey delikli tuğla2	0,377079	0,412074	0,385002	0,374691
Düşey delikli tuğla3	0,373226	0,383163	0,380348	0,354780
Yatay delikli tuğla1	0,524326	0,386867	0,390696	0,363210
Yatay delikli tuğla2	0,462372	0,360547	0,337204	0,348187
Yatay delikli tuğla3	0,492140	0,376757	0,362558	0,357399
KONTROL 1	0,374587	0,412787	0,407444	0,421352
KONTROL 2	0,378120	0,426888	0,386225	0,387093
KONTROL 3	0,409187	0,440999	0,424274	0,395888
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	0,495852	0,642476	0,536601	0,544787
Kum-çimento-talaş	0,371454	0,416755	0,378217	0,380916
Kum-çimento-saman	0,343936	0,358380	0,345690	0,347008
Kum-çimento-yaprak	0,522991	0,652511	0,573831	0,553614
Kum-çimento-plastik	0,461333	0,550469	0,490819	0,469613
Kum-çimento-perlit	0,425171	0,502833	0,444273	0,436553
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	0,410106	0,493001	0,425554	0,419324
Kum-kireç-talaş	0,495553	0,611452	0,536200	0,518524
Kum-kireç-saman	0,515932	0,672127	0,564199	0,628721
Kum-kireç-yaprak	0,357244	0,389765	0,361314	0,364883
Kum-kireç-perlit	0,362523	0,398808	0,367552	0,370233
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,483311	0,612696	0,519826	0,501944
Pomza-çimento-talaş	0,473836	0,594927	0,507176	0,505146
Pomza-çimento-saman	0,371370	0,436825	0,378072	0,393296
Pomza-çimento-yaprak	0,375185	0,380185	0,382670	0,359390
Pomza-çimento-plastik	0,455074	0,561045	0,482572	0,831941
Pomza-çimento-perlit	0,484451	0,603586	0,521370	0,511973
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	0,464200	0,570553	0,494568	0,485985
Pomza-kireç-talaş	0,476722	0,582693	0,511081	0,495239
Pomza-kireç-saman	0,568587	1,000000	0,639011	1,000000
Pomza-kireç-yaprak	0,406757	0,445357	0,421220	0,398605
Pomza-kireç-plastik	0,421356	0,497069	0,439428	0,432543
Pomza-kireç-perlit	0,378294	0,391766	0,386471	0,366033
KumPomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,374758	0,436159	0,382170	0,392853
KumPomza-çimento-talaş	0,422114	0,471089	0,440359	0,415227
KumPomza-çimento-saman	0,509850	0,655500	0,555821	0,556087
KumPomza-çimento-yaprak	0,385030	0,424041	0,394580	0,385296
KumPomza-kireç-plastik	0,460687	0,586034	0,489875	0,497928
KumPomza-çimento-perlit	0,489793	0,645884	0,528416	0,547870
KumPomza-kireç-talaş	0,419314	0,407584	0,436900	0,404152
KumPomza-kireç-yaprak	0,381810	0,412163	0,390618	0,378188
KumPomza-çimento-plastik	0,474520	0,581863	0,508089	0,494677
KumPomza-perlit-kireç	0,542499	0,755528	0,601447	0,654214

Çizelge 4.8. Gri ilişkisel derece değerleri

ÖRNEK	λ	U	C	Ru	Gri Derece	GİA'ya Göre En iyi Derece
2 sıra boşluklu bims1	0,4420	2,0184	2,3262	0,4955	0,407752	33
2 sıra boşluklu bims2	0,4072	1,9768	2,1432	0,5059	0,432388	28
2 sıra boşluklu bims3	0,3800	1,8416	2,0002	0,5510	0,476289	23
3 sıra boşluklu bims1	0,4665	2,1204	2,4550	0,4716	0,382914	43
3 sıra boşluklu bims2	0,3764	1,7679	1,1553	0,5656	0,620800	5
3 sıra boşluklu bims3	0,3631	1,7527	1,911	0,5709	0,506492	20
Ytong1	0,1907	1,7121	1,9452	0,5841	0,616212	6
Ytong2	0,1679	1,5275	1,7136	0,6547	0,735393	3
Ytong3	0,1636	1,4863	1,6692	0,6728	0,768590	2
Düşey delikli tuğla1	0,4923	2,4728	2,7350	0,4044	0,333333	51
Düşey delikli tuğla2	0,4351	2,1447	2,4170	0,4621	0,387211	41
Düşey delikli tuğla3	0,4396	2,2495	2,4421	0,4360	0,372879	48
Yatay delikli tuğla1	0,3127	2,2352	2,3871	0,4474	0,416275	32
Yatay delikli tuğla2	0,3547	2,3432	2,7078	0,4267	0,377077	45
Yatay delikli tuğla3	0,3332	2,2749	2,5440	0,4396	0,397213	36
KONTROL 1	0,4380	2,1423	2,3040	0,5136	0,404042	34
KONTROL 2	0,4339	2,0965	2,4105	0,4770	0,394582	39
KONTROL 3	0,4009	2,0536	2,2271	0,4870	0,417587	30
Kum-çimento-ayçiçeği sapı	0,3307	1,6466	1,8374	0,6073	0,554929	11
Kum-çimento-talaş	0,4417	2,1291	2,4538	0,4697	0,386836	42
Kum-çimento-saman	0,4771	2,3528	2,6503	0,4250	0,348753	50
Kum-çimento-yaprak	0,3135	1,6329	1,7419	0,6124	0,575737	9
Kum-çimento-plastik	0,3555	1,7955	1,9747	0,5561	0,493059	22
Kum-çimento-perlit	0,3858	1,8940	2,1433	0,5280	0,452207	24
Kum-kireç-ayçiçeği sapı	0,4000	1,9167	2,2215	0,5116	0,436996	27
Kum-kireç-talaş	0,3309	1,6918	1,8385	0,5911	0,540432	13
Kum-kireç-saman	0,3178	1,6073	1,7654	0,6500	0,595245	7
Kum-kireç-yaprak	0,4593	2,2242	2,5515	0,4496	0,368301	49
Kum-kireç-perlit	0,4526	2,1909	2,5144	0,4565	0,374779	46
Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,3393	1,6899	1,8849	0,5800	0,529444	15
Pomza-çimento-talaş	0,3461	1,7178	1,9228	0,5822	0,520271	16
Pomza-çimento-saman	0,4418	2,0660	2,4546	0,4841	0,394891	38
Pomza-çimento-yaprak	0,4373	2,2612	2,4295	0,4423	0,374358	47
Pomza-çimento-plastik	0,3604	1,7759	2,0022	0,7177	0,582658	8
Pomza-çimento-perlit	0,3385	1,7040	1,8804	0,5868	0,530345	14
Pomza-kireç-ayçiçeği sapı	0,3533	1,7589	1,9625	0,5686	0,503827	21
Pomza-kireç-talaş	0,3440	1,7380	1,9109	0,5753	0,516434	17
Pomza-kireç-saman	0,2883	1,3281	1,6015	0,7529	0,801900	1
Pom-kireç-yaprak	0,4033	2,0409	2,2406	0,4900	0,417984	29
Pomza-kireç-plastik	0,3893	1,9072	2,1629	0,5243	0,447599	25
Pomza-kireç-perlit	0,4337	2,2167	2,4092	0,4511	0,380641	44
Kum-Pomza-çimento-ayçiçeği sapı	0,4378	2,0680	2,4322	0,4836	0,396485	37
Kum-Pomza-çimento-talaş	0,3886	1,9707	2,1591	0,5075	0,437197	26
Kum-Pomza-çimento-saman	0,3216	1,6289	1,7865	0,6138	0,569315	10
Kum-Pomza-çimento-yaprak	0,4261	2,1055	2,3672	0,4749	0,397237	35
Kum-Pomza-çimento-plastik	0,3456	1,7394	1,9200	0,5749	0,514787	18
Kum-Pomza-çimento-perlit	0,3348	1,6419	1,8602	0,6091	0,552991	12
Kum-Pomza-kireç-talaş	0,3912	2,1600	2,1733	0,4960	0,416987	31
Kum-Pomza-kireç-yaprak	0,4297	2,1444	2,3875	0,4664	0,390695	40
Kum-Pomza-kireç-plastik	0,3560	1,7324	1,9778	0,5772	0,508631	19
Kum-Pomza-perlit-kireç	0,3022	1,5133	1,6787	0,6608	0,638422	4

Gri ilişkisel analiz yöntemiyle yapılan değerlendirmelere göre, plastik katkılı sıva kombinasyonlu duvar örneklerinin hepsinin gri derece değerleri, kontrol grubu örnekleri gri derecelerinden yüksek (sıralamada 30'dan önce) olup kontrol grubu yerine kullanılabilir. Ayçiçeği sapı katkılı sıva kombinasyonlarının 4 tanesi, talaş katkılı sıva kombinasyonlarının 4 tanesi, saman katkılı sıva kombinasyonlarının 3 tanesi, yaprak katkılı sıva kombinasyonlarının 2 tanesi, perlit katkılı sıva kombinasyonlarından 4 tanesi ısı yalıtımı açısından kontrol grubu yerine uygulanabilir. Bağlayıcı malzeme baz alınarak değerlendirildiğinde; çimento bağlayıcılı duvarların 12 tanesi ve kireç bağlayıcı duvarların 10 tanesi; sıva agregasına göre değerlendirildiğinde ise kum ile örülen duvarların 7 tanesi, pomza ile örülen duvarların 9 tanesi, kum-pomza ile örülen duvarların ise 6 tanesi kontrol grubu yerine önerilebilir. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims ile örülen 2 ve 3 numaralı örnekler, 3 sıra boşluklu bims ile örülen 2 ve 3 numaralı örnekler ve gaz betonla (ytong) sıvasız olarak örülen her üç örnek de kontrol grubuna göre daha yüksek gri derecelere sahip olup ısı yalıtımı yönünden kontrol grubu yerine kullanılabilirler.

Kontrol grubu 2 numaralı örnek, kontrol grubu içerisinde gri derece yönünden en düşük değere sahip olup sıralamada 39'uncu sırayı almaktadır. Sıralamada 30- 39'uncu sıralar arasında yer alan katkılı sıva kombinasyonu ile sıvanan duvar örnekleri ve sıvasız olarak örülen duvar örnekleri kontrol grubu yerine geçebilir. Bu duvar örnekleri 31, 32, 33, 35, 36, 37 ve 38'inci sıralarda yer alan kum-pomza-kireç-talaş kombinasyonlu sıvayla sıvanan duvar örneği, yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen 1 numaralı duvar örneği, 2 sıra boşluklu bims ile sıvasız örülen 1 numaralı duvar örneği, kum-pomza-çimento-yaprak kombinasyonlu sıvayla sıvanan duvar örneği, yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen 3 numaralı duvar örneği, kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı ve pomza-çimento-saman sıva kombinasyonlu sıvalarla sıvanan duvar örnekleridir. Bu verilere göre; 33 farklı kombinasyona sahip katkılı sıvalarla sıvanan örnekten 26 tanesi ve sıvasız örülen duvarlardan 10 tanesi, kontrol grubundan ısı yalıtımı yönünden daha iyidir.

Gri ilişkisel analiz yöntemine göre; kum-çimento-saman, kum-çimento-talaş, kum-kireç-perlit, kum-kireç-yaprak, pomza-çimento-yaprak, pomza-kireç-perlit ve kum-

pomza-kireç-yaprak sıva kombinasyonlu katkılı sıvalarla sıvanan duvarların gri dereceleri, kontrol grubu duvar örneklerinden daha düşük olup kontrol grubu yerine kullanılması önerilemez.

2. Regresyon, Korelasyon ve Varyans Analizi Sonuçları

Hot box yöntemiyle ısı özellikleri ölçülen 51 duvar örneğine ilişkin Çizelge 4.5'te verilen ısı iletkenliği (λ), ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U), ısı iletimi (C) ve toplam ısı direnci (R_U) arasındaki fonksiyonel ilişkiyi belirlemek amacıyla regresyon analizi, bu parametreler arasındaki ilişkinin gücünü belirlemek amacıyla da korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Tekerrürlü duvar örneklerini oluşturan; 2 sıra boşluklu bims blokla, 3 sıra boşluklu bims blokla, gaz beton (ytong) ile, düşey delikli tuğla, yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen duvarlara ve kontrol grubuna (18 örnek) regresyon analizi ve korelasyon analizinin yanı sıra varyans analizi de uygulanarak sonuçları Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.9. Tüm örneklere ilişkin regresyon analizi sonuçları(N=51)

Model	B (katsayı)	St. Hata	t	P
Regresyon sabiti	0,152	0,300	0,506	0,615
Isı geçişi (ısı geçirgenliği)(U)	0,153	0,102	1,498	0,141
Isı iletimi (C)	0,005	0,051	0,103	0,919
Toplam ısı direnci (R_U)	-0,157	0,272	-0,176	0,567

Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan matematiksel model (Çizelge 4.9) $y = 0,152 + 0,153X_1 + 0,005X_2 - 0,157X_3$ şeklindedir. Açıklanabilir varyasyon değerine (R^2) bakıldığında; bağımsız değişkenler olan ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U), ısı iletimi (C) ve toplam ısı direnci (R_U) bağımlı değişken olan ısı iletkenliğini %57,8 oranında değiştirmektedir ($P < 0.05$).

Regresyon analizi sonuçlarına göre; ısı geçişindeki (ısı geçirgenliğindeki) (U) 1 birimlik artış ısı iletkenliğinde (λ) 0,153 birimlik artışa, ısı iletimindeki (C) 1 birimlik artış ısı iletkenliğinde (λ) 0,005 birimlik artışa, toplam ısı direncindeki (R_U) 1 birimlik artış ise

ısı iletkenliğinde (λ) 0,157 lik bir azalışa neden olmuştur. Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi yapılan korelasyon analizi sonucunda; ısı iletkenliği (λ) ve ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) arasında pozitif yönde çok önemli derecede, ısı iletkenliği (λ) ve toplam ısı direnci (R_U) arasında negatif yönde çok önemli derecede ($p<0.01$), ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) ile toplam ısı direnci (R_U) arasında negatif yönde çok önemli ($p<0.01$) bir ilişki ortaya çıkmış olup diğer korelasyonlar önemsizdir ($p>0.05$).

Çizelge 4.10. Tüm örneklerle ilişkin korelasyon analizi sonuçları (N=51)

	λ (Isı iletkenliği)	U (Isı geçişi)	C (Isı iletimi)	R_u (Toplam ısı direnci)
λ (Isı iletkenliği)	1	0,758**	0,065	-0,738**
U (Isı geçişi) (ısı geçirgenliği)	0,758**	1	0,040	-0,950**
C (Isı iletimi)	0,065	0,040	1	0,211
R_u (Toplam ısı direnci)	-0,738**	-0,950**	0,211	1

** : $P<0.01$

Çizelge 4.11. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin regresyon analizi sonuçları (N=18)

Model	B (katsayı)	St. Hata	t	P
Regresyon sabiti	1,272	1,283	0,991	0,338
Isı geçişi (ısı geçirgenliği)(U)	0,062	0,389	0,159	0,876
Isı iletimi (C)	-0,152	0,157	-0,965	0,351
Toplam ısı direnci (R_U)	-1,362	1,211	-1,124	0,280

Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan model $y = 1,272 + 0,062X_1 - 0,152X_2 - 1,362X_3$ şeklindedir (Çizelge 4.11). Açıklanabilir varyasyon değerine (R^2) bakıldığında; bağımsız değişkenler olan ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U), ısı iletimi (C) ve toplam ısı direnci (R_U), bağımlı değişken olan ısı iletkenliğini (λ) %55,5 oranında değiştirmektedir ($P<0.05$). Isı geçişindeki (ısı geçirgenliğindeki) (U) 1 birimlik artış ısı iletkenliğinde (λ) 0,062 birimlik artışı, ısı iletimindeki (C) 1 birimlik artış ısı iletkenliğinde (λ) 0,152 birimlik azalışı ve toplam ısı direncindeki (R_U) 1 birimlik artış ise ısı iletkenliğinde (λ) 1,362 birimlik bir azalışı ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 4.12. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları (N=18)

	λ (Isı İletkenliği)	U (Isı Geçışı)	C (Isı İletimi)	R_u (Toplam Isı Direnci)
λ (Isı iletkenliği)	1	0,694 ^{**}	0,597 ^{**}	-0,721 ^{**}
U (Isı geçişi) (ısı geçirgenliği)	0,694 ^{**}	1	0,945 ^{**}	-0,981 ^{**}
C (Isı iletimi)	0,597 ^{**}	0,945 ^{**}	1	-0,925 ^{**}
R_u (Toplam ısı direnci)	-0,721 ^{**}	-0,981 ^{**}	-0,925 ^{**}	1

^{**}: p<0.01

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12); ısı iletkenliği (λ) ile ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) ve ısı iletimi (C) arasında pozitif yönde, ısı iletkenliği (λ) ile toplam ısı direnci (R_u) arasında negatif yönde çok önemli bir ilişki saptanmıştır. Isı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) ile ısı iletimi (C) arasında pozitif yönde, ısı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) ile toplam ısı direnci (R_u) arasında negatif yönde çok önemli ilişki bulunmuştur. Aynı şekilde ısı iletimi (C) ile toplam ısı direnci (R_u) arasında negatif yönde çok önemli ilişki belirlenmiştir.

Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çizelge 4.13. Sıvasız olarak 2 sıra boşluklu bims blok, 3 sıra boşluklu bims blok, gaz beton (ytong), düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğla ile örülen duvar örneklerine ve kontrol grubu duvar örneklerine ilişkin varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçları (N=18)

	Isı İletkenliği (λ)	Isı Geçişi (U)	Isı İletimi (C)	Toplam Isı Direnci (R_u)
Kontrol	0,424±0,020 ^a	2,097±0,044 ^{de}	2,314±0,092 ^{gh}	0,493±0,019 ^{kl}
Düşey D.Tuğla	0,456±0,032 ^a	2,289±0,168 ^d	2,531±0,177 ^g	0,434±0,029 ^k
Yatay D.Tuğla	0,333±0,021 ^b	2,284±0,055 ^d	2,546±0,160 ^g	0,438±0,011 ^k
3 Sıra Boşluklu Bims	0,402±0,056 ^a	1,880±0,208 ^e	1,974±0,453 ^{ih}	0,536±0,056 ^l
2 Sıra Boşluklu Bims	0,409±0,031 ^a	1,945±0,092 ^e	2,157±0,163 ^{ghi}	0,518±0,030 ^l
Gaz Beton (Ytong)	0,174±0,015 ^c	1,575±0,120 ^f	1,776±0,148 ⁱ	0,637±0,047 ^j
	p<0.05	p<0.05	p<0.05	p<0.05

Varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde (Çizelge 4.13); ısı iletkenliği (λ) yönünden düşey delikli tuğla, 2 sıra boşluklu ve 3 sıra boşluklu bims bloklarla örülen duvarlar arasında istatistiki yönden bir fark görülmemiş, gaz beton (ytong) ve yatay delikli tuğla ile örülen duvarların diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. En iyi ısı iletkenlik değerleri gaz beton (ytong) grubu örneklerden elde edilmişken, en kötü ısı iletkenlik değerleri düşey delikli tuğla grubundan elde edilmiştir.

Isı geçişi (ısı geçirgenliği) (U) yönünden; kontrol grubu ile 2 sıra boşluklu ve 3 sıra boşluklu bims blok, düşey delikli tuğla, yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örnekleri arasında fark yoktur. Yatay ve düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örnekleri, 2 sıra boşluklu ve 3 sıra boşluklu bims bloklarla sıvasız örülen duvar örneklerinden ısı geçişi (ısı geçirgenliği) yönünden farklılık göstermektedir.

Gaz beton (ytong) ile örülen sıvasız duvar örneklerinin sıvasız örülen bütün duvar örneklerinden ve kontrol grubundan farklı olduğu sonucu elde edilmiştir. Isı geçişi (ısı geçirgenliği) yönünden en iyi sonuç gaz beton (ytong) ile örülen sıvasız duvar örneklerinden, en kötü sonuç ise düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örneklerinden elde edilmiştir.

Isı iletimi (C) açısından değerlendirme yapıldığında; kontrol grubu ile sıvasız 2 ve 3 sıra boşluklu bims blok, düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğladan örülen duvar örnekleri arasında bir fark bulunmamaktadır. Sıvasız 2 ve 3 sıra boşluklu bims blokla örülen duvar örnekleri arasında da fark yoktur. Gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen duvar örnekleri, 2 ve 3 sıra boşluklu bims blokla sıvasız örülen duvar örneklerine benzerlik, düşey ve yatay delikli tuğlayla sıvasız örülen duvar örneklerinden ve kontrol grubundan farklılık göstermektedir. En iyi ısı iletim değeri (C) gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen duvar örneklerinden, en kötü ısı iletim değeri de yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örneklerinden elde edilmiştir.

Gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen duvar örnekleri, diğer sıvasız örülen duvar örnekleri ve kontrol grubu örneklerden toplam ısı direnci (R_U) yönünden farklı; kontrol grubu,

yatay delikli ve düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örnekleri kendi aralarında farksız; kontrol grubu, 2 ve 3 sıra boşluklu bims blokla sıvasız örülen duvar örnekleri kendi aralarında farksız; 2 ve 3 sıra boşluklu bims bloklarla sıvasız örülen duvar örneklerinin düşey ve yatay delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örneklerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır. En büyük toplam ısı direnci (R_U) değeri (en iyi) gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen duvar örneklerinde, en küçük (en kötü) toplam ısı direnci (R_U) değeri de düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen duvar örneklerinde görülmüştür.

Çalışma boyunca yapılan gözlemlerde sıvalarda derin çatlakların oluşmadığı, bazı örneklerde yüzeysel olarak küçük çatlaklar oluştuğu gözlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada sanayi sektörünün hızla gelişmesine ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarına olan gereksinimin de artmasına karşın enerji kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Isınma, enerjinin yoğun tüketim alanlarından birisini oluşturmaktadır. Yapılarda ısı kayıplarını azaltarak enerji tasarrufuna yönelik alınacak önlemlerin başında ısı yalıtımı gelmektedir. Isı kayıplarını en az düzeye indirmek amacıyla yalıtımda çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Yalıtımda kullanılan hazır malzemelerin yanı sıra atık maddeleri yalıtımda değerlendirmek, seçeneklerden birisidir. Atık malzemelerin geri dönüşüme sunulmasıyla ısı enerjisi kaybının azaltılmasının yanı sıra çevre kirliliğinin önüne geçilmesi de söz konusudur.

Tarımsal yapılarda ısı yalıtımı amaçlı olarak ot, saman, ağaç yaprağı gibi çeşitli bitkisel atıklar ve atık plastik, perlit vb malzemeler sıvalara ve harçlara katılarak kullanılabilir. Yapılan çalışmalar, sıvalara ve harçlara katılan atık malzemelerin, yapı elemanının ısı iletkenlik değerini düşürdüğünü göstermiştir.

Bu çalışma; ısı iletkenlik değeri düşük olan öğütülmüş ayçiçeği sapı, talaş, saman, öğütülmüş ağaç yaprağı ve öğütülmüş atık plastik gibi atıklar ile genişletilmiş perlitin kum, pomza, kum-pomza şeklindeki agregalarla bağlayıcı olarak kullanılan çimento veya kirece ağırlıkça %10'u yerine katılarak hazırlanan sıvaların duvar ısı iletkenliğine etkisini hot box (sıcak kutu) yöntemiyle belirlemek ve ısı kayıplarını en aza indirecek duvar konstrüksiyonunu elde etmek amacıyla yürütülmüştür. Hazırlanan sıva kombinasyonları, normal örgü harcı (A sınıfı) kullanılarak yatay delikli fabrika tuğlasıyla 1 m x 1 m boyutlarında örülen 39 duvar örneğinin 36'sının iç ve dış yüzeylerine sırasıyla 1,5 cm ve 2,5 cm kalınlığında kaba sıva olarak uygulanmıştır. Bu duvar örneklerinin 3 adedi de (kontrol grubu) normal sıva harcıyla (A sınıfı) sıvanmıştır. Ayrıca her birinden 3'er adet olmak üzere toplam 15 örnek; 2 ve 3 sıra boşluklu bims bloklarla, gaz betonla (ytong), düşey ve yatay delikli tuğla ile örülüp sıvanmamıştır. Bütün duvar örneklerinin ısı iletkenlikleri ve diğer ısıl özellikleri hot box (sıcak kutu) yöntemiyle belirlenmiş ve karşılaştırmaları

yapılmıştır.

Elde edilen verilere göre; çeşitli katkılarla sıvanan duvar örneklerinin büyük çoğunluğunun ısı iletkenlik değerleri, kontrol grubu duvar örneklerinden daha düşüktür ve ısı yalıtımı yönünden kontrol grubunun yerine kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Isı iletkenliği (λ) değerleri ölçüm yapılan bütün örneklerde 0,1636-0,4923 W/ m K arasında değişmiş; en küçük değer gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen 3 numaralı duvar örneğinden, en yüksek değer ise düşey delikli tuğla ile sıvasız örülen 1 numaralı duvar örneğinden elde edilmiştir. Kontrol grubu duvar örnekleri için ortalama ısı iletkenliği 0,4243 W/ m K olarak hesaplanmıştır.

Kontrol grubu duvar örneklerine göre 2 sıra boşluklu bims blok ile örülen 1, 2 ve 3 numaralı sıvasız duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ) daha düşük olmasına karşın Anonim (2009b)'da belirtilen değerlerden yüksek olduğu için kontrol grubu yerine kullanılamaz.

Sıvasız 3 sıra boşluklu bims blok ile örülen 2 ve 3 numaralı duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), Anonim (2009b)'da verilen değere yakın olduğu için sıva kalınlığı az tutularak kontrol grubu yerine kullanılabilir.

Gaz beton (ytong) ile sıvasız örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), Anonim (2009b)'da verilen değerlerden ve kontrol grubu ortalama ısı iletkenlik değerinden düşüktür. Olanaklar elverdiği ölçüde gaz beton ile sıvasız örülecek duvarlar, maliyetinin yüksek olmasına karşın bütün duvar alternatifleri yerine yapılabilir.

Düşey delikli tuğla ile sıvasız olarak örülen 1, 2 ve 3 numaralı duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), Anonim (2009b)'da verilen ısı iletkenlik değerinden ve kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden yüksek olup daha düşük yalıtım değerine

sahiptir. Bu nedenle kontrol grubu yerine önerilemez.

Yatay delikli tuğla ile örülen 1, 2 ve 3 numaralı sıvasız duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), Anonim (2009b)'da önerilen değerlerden ve kontrol grubunun ortalama ısı iletkenlik değerinden düşüktür. Zorunlu durumlarda ısı yalıtımı yönünden kontrol grubu yerine yatay delikli tuğla ile sıvasız olarak duvar örülebilir, ancak duvarların estetik görünüm açısından sıva kalınlıkları az tutularak sıvanması önerilebilir.

.Kum-pomza-çimento-ayçiçeği sapı kombinasyonlu sıvayla sıvanan duvar örneğinin ısı iletkenlik değeri (λ), kontrol grubu ortalama ısı iletkenlik değerinden büyük olduğundan kontrol grubu yerine kullanılmamalıdır. Diğer ayçiçeği sapı katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ) kontrol grubuna göre daha düşüktür ve kontrol grubu yerine önerilebilir.

Kum-çimento-talaş kombinasyonlu sıva ile sıvanan duvar örneğinin ısı iletkenlik değeri (λ), kontrol grubu ortalamasından yüksektir ve kontrol grubu yerine uygulanmamalıdır. Diğer talaş katkılı kombinasyonlarla sıvanan duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri kontrol grubundan daha düşüktür, kontrol grubu yerine uygulanabilir.

Saman katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örneklerinden kum-çimento-saman ve pomza-çimento-saman kombinasyonlu sıvayla sıvanan duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ); kontrol grubu ortalama ısı iletkenlik değerinden büyük olduğundan bu iki duvar örneği de kontrol grubu duvar örnekleri yerine kullanılmamalıdır. Diğer saman katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örnekleri kontrol grubu yerine kullanılabilir

Pomza-çimento-yaprak ve kum-kireç-yaprak kombinasyonlu duvarların ısı iletkenlik değerleri (λ), kontrol grubu duvarların ortalama ısı iletkenlik değerinden büyüktür ve kontrol grubu yerine uygulanamaz. Yaprak katkılı sıvalarla sıvanan diğer duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), kontrol grubu örneklerin ortalamasına yakın veya düşük olduğundan kontrol grubu örneklerin yerine kullanılması önerilebilir.

Plastik katkılı sıva kombinasyonlu duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerleri (λ), kontrol grubu duvar örneklerinin ortalama ısı iletkenlik değerlerinden düşük olup kontrol grubu yerine kullanılması hem yalıtım açısından hem de atık değerlendirme ve çevre yönünden önemli derecede kazanç sağlayabilir.

Perlit katkılı sıva kombinasyonlarıyla sıvanan duvar örneklerinden kum-kireç-perlit ve pomza-kireç-perlit katkılı sıvalarla sıvanan örneklerin ısı iletkenlik değerleri (λ), kontrol grubu duvar örneklerinin ısı iletkenlik değerlerinden büyük olduğundan bu duvar örnekleri kontrol grubu yerine kullanılması önerilemez. Perlit katkılı sıvayla sıvanan diğer duvar örnekleri kontrol grubu yerine kullanılabilir.

Bu değerlendirmeler ışığında; öğütülmüş ayçiçeği sapı, talaş, saman, yaprak, öğütülmüş atık plastik ve perlit katkılı sıvalarla sıvanan duvar örneklerinin büyük çoğunluğunun ısı iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle; daha iyi ısı yalıtımı sağlaması, çevre koruma ve atık değerlendirme açısından kontrol grubu duvar örnekleri yerine kullanılabilmesi öngörülebilir.

Gri ilişkisel analiz yöntemine göre gri dereceleri göz önüne alındığında; başta pomza-kireç-saman sıva kombinasyonlu duvar örneği olmak üzere; kum-pomza-kireç-perlit, kum-kireç-saman, pomza-çimento-plastik, kum-çimento-yaprak, kum-pomza-çimento-saman, kum-çimento-ayçiçeği sapı, kum-pomza-çimento-perlit, kum-kireç-talaş, pomza-çimento-perlit, pomza-çimento-ayçiçeği sapı, pomza-çimento-talaş, pomza-kireç-talaş, kum-pomza-çimento-plastik, kum-pomza-kireç-plastik, pomza-kireç-ayçiçeği sapı, kum-çimento-plastik, kum-çimento-perlit, pomza-kireç-plastik, kum-pomza-çimento-talaş, kum-kireç-ayçiçeği sapı, pomza-kireç-yaprak kombinasyonlu duvar örnekleri de kontrol grubu yerine kullanılması önerilebilir.

Bu araştırmanın amaçlarından birisi de ısı iletkenliğinin ölçülmesinde kullanılan hot box yönteminin etkinliğini ve uygulanabilirliğini ortaya koymaktır. Farklı örgü malzemelerinden oluşan duvar örneklerinin hot box yöntemiyle ısı iletkenlik değerlerinin belirlenerek birbirleriyle, standart değerlerle ve sıvalı örneklerle

karşılaştırılabilirlikleri için bazı duvarlar sıvasız yapılmıştır. Aynı malzemeden örülen duvarlara katkılı sıvaların uygulanarak ısı iletkenliklerinin hot box yöntemiyle ölçülmesinin amacı ise ısı iletkenlikleri yönünden katkılı sıvaların birbirleriyle, kontrol grubu ve sıvasız duvar örnekleriyle karşılaştırılması içindir. Aynı malzemelerden örülen duvar örneklerine ilişkin standartlarda verilen ısı iletkenlik değerleri amprik eşitliklerle hesaplanmasına karşın; bu örneklerin hot box yöntemiyle belirlenen değerleri, duvarların doğa koşullarına daha yakın ortamda ölçülmeleri sonucu elde edilmiştir. Doğa koşullarına daha yakın ortam sağlayabilen hot box yöntemiyle belirlenen değerlerin gerçeğe daha yakın olabileceği sonucunu doğurmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; kullanılan katkı maddelerinin oranları değiştirilmek ve başka katkı maddeleri kullanılmak suretiyle oluşturulan sıva kombinasyonları da farklı malzemelerle yapılan duvarlara uygulanarak ısı iletkenlik değerlerinin değişimi doğa koşullarına daha yakın sonuçlar verebilen hot box yöntemiyle araştırılabilir. Benzeri çalışmalarda uçucu kül, silis dumanı, öğütülmüş atık tuğla, cüruf gibi malzemeler de duvarların sıvalarında yalıtım değerini arttırmaya yönelik katkı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu malzemelerle yalıtım değeri yüksek, ısı iletkenliği düşük sıvalar üretilerek atıkların geri dönüşüme daha fazla kazandırılması, çevre kirliliğinin azaltılması ve enerji tasarrufu sağlanabilir.

Kırsal bölgelerde ve tarım işletmelerinde bulunan atık maddelerin sıva ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi; düşük maliyetli, ısı yalıtım değeri yüksek, ısı kaybı daha az olan tarımsal yapıların inşasına olanak verecek ve atıkların doğru kullanılmasıyla çevre kirliliğinin azalması yönünde katkısı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abolfazi, H., Hossein, G., Abedin, M.A., 2005. Use of Plastic Waste (Polyethylene Terephthalate) In Asphalt Concrete Mixture As Agregate Replacement, Waste Management and Research, 23, 322-327.
- Adıgüzel, B., 2006. Analiz Raporu, Aşkale Çimento Sanayi T.A.Ş. Analiz Raporları, Erzurum.
- Akbulut, H., Güner, C., 2006. Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agrega Olarak Değerlendirilmesi. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, Yazı: 261, 3943-3960, İstanbul.
- Akman, M. S., 1990. Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, II. Baskı, 162 s, İstanbul.
- Altınışik, K., 2006. "Isı Yalıtımı" Nobel Yayını, 1. Baskı, Yayın No:954, 275 s, Ankara.
- Anonim, 1997. TS 3530 prEN 933-1. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Kısım 1-Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Granülometrik Analiz (Eleme Metodu) . Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim, 1999. TS EN 1097-3. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2002. TS EN 1946-4. Yapı Malzemelerinin ve Elemanlarının Isıl Performansları-Isı Transfer Özelliklerinin Ölçüldüğü Laboratuvarların Değerlendirilmesi İçin Özel Kriterler- Bölüm 4: Sıcak Kutu Metotları İle Ölçmeler. TSE; Ankara.
- Anonim, 2006. Türkiye’de Hazır Sıva. Dizayn Konstrüksiyon Aylık İnşaat, Mimarlık Dergisi, Dizayn Konstrüksiyon Mimarlık Atölyesi, 93, 53-54, İstanbul.
- Anonim, 2007a. Sıva, <http://www.sfenk.com/siva.html>
- Anonim, 2007b. TS EN 13914-1. Sıva Yapım Kuralları-Bina Dış Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2007c. TS EN 13914-2. Sıva Yapım Kuralları -Bina İç Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2009a. TS 706 EN 12620+A1. Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2009b. TS 825. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010a. <http://www.unitedperlite.com>
- Anonim, 2010b. TS EN 933-10. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 10: İnce Malzeme Tayini- İnce Dolgu Malzemelerinin Tane Büyüklüğüne Göre Sınıflandırılması (Hava Jetiyle Eleme). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2012. TS EN 459-2. Yapı Kireci- Bölüm 2: Deney Yöntemleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2015a.
www.izmimod.org.tr/docs/BINALARDA_ENERJİ_VERİMLİLİĞİ.pdf
- Anonim 2015b. www.alseccosiva.com.tr/sivaIslTekSrt.doc

- Anonim, 2017a. http://www.pagev.org.tr/contents_TR.asp?id=12&pid=351. Erişim Tarihi: 11.06.2017.
- Anonim, 2017b. TS EN 998-1, Kagir Harcı - Özellikler- Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 2007. ISO 6946, Building Components and Building Elements Thermal Resistance and Thermal Transmittance–Calculation Method. International Standard, 2007.
- Ashurst, J., N., 1983. Practical Building Conservation-Mortars, Plasters and Renders. Vol.3 English Heritage, Technical Handbook, London.
- Balaban, A., Şen, E., 1988. Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 1083, 244 s, Ankara.
- Batar, T., Koksall, N. S., Yersel, Ş. E., 2009. Atık Bor, Atık Kağıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu. Ekoloji 18 (72), 45-53 .
- Beycioğlu, A., Başyigit, C., Subaşı, S., 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı İle Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması. Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre ve Sorunları Sempozyumu, 1386-1394, 14-17 Mayıs 2008, Kocaeli.
- Blanco, F., Garcia, P., Mateos, P., Ayala, J., 2000. Characteristic and Properties of Lightweight Concrete Manufactured with Cenospheres, Cement Concrete Research, 30, 1715-1722.
- Bouguerra, A., Ledhem, A., Barquin, de F., Dheilily, R. M., Queneudec, M., 1998. Effect of Microstructure on the Mechanical and Thermal Properties of Lightweight Concrete Prepared from Clay, Cement and Wood Aggregate, Cement Concrete Research, 28,(8), 1179-1190.
- Cerny, R., Kunca, A., Tydlit, V., Drchalova, J., Rovnanikova, P., 2006. Effect of Pozzolanic Admixtures on Mechanical, Thermal and Hygric Properties of Lime Plasters, Construction and Building Materials, 20, 849-857.
- Chen, P., Chung, D. D. L., 1995. Effect of Polymer Addition on Thermal Stability and Thermal Expansion of Cement, Cement Concrete Research, 25, 645.
- Choi, Y., Moon, D., Chung, J., Cho, S., 2005. Effects of Waste PET Bottles Aggregate on The Properties of Concrete, Cement and Concrete Research, 35, 776-781
- Çelik, Ö. , 2004. Uçucu Kül, Silis Dumanı ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri. Türkiye Hazır Beton Birliği Beton 2004 Hazır Beton Kongresi Bildirileri Kitabı, 657- 663, 10-12 Haziran 2004, İstanbul.
- Çevikbaş, A., İlgin, L., 1997. Türkiye Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi. I. Isparta Pomza Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, 13-19, 26-28 Haziran 1997, Isparta.
- Demiray, A., 2007. Makine Seçim Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Demirboğa, R., Gül, R., 2003. The effects of Expanded Perlite Aggregate, Silica Fume and Fly Ash on The Thermal Conductivity of Lightweight Concrete, Cement Concrete Research 33 (5) , 723-727.
- Demirdağ, S., 2005. Volkanik Cüruf Oluşumlarının İnşaat Endüstrisinde Hafif Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Doktora Tezi .Süleyman Demirel

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Demirdağ, S., Gündüz, L., 2003. Pomza Kayacı Karakteristik Özellikleri ile Isı Yalıtımı İlişkisinin Analizi, Chamber of Mining Engineers of Turkey.18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey - Imcet, 10-13 Haziran 2003, Antalya.
- Deng, J., L.,1989. Introduction to Grey System, The Journal of Grey System, 1(1), 1-24.
- Ekmekyapar, T., 1991. Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 306, 177 s, Erzurum.
- Ekmekyapar, T., 1997. Tarımsal İnşaat. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Yayın No: 151, 197 s, Erzurum.
- Ekmekyapar, T., Örüng, İ., 2012. İnşaat Malzeme Bilgisi (5.Baskı). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 145, 252 s, Erzurum.
- Elmahdy, A. H., Haddad K., 2000. Experimental Procedure and Uncertainty Analysis of a Guarded Hot Box Method to Determine the Thermal Transmission Coefficient of Skylights and Sloped Glazing. ASHRAE Transactions, 106, 601-613.
- Erdoğan, T.,Y., 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş., 741, Ankara.
- Eriç, M., 1987. Yapıda Sıva Uygulamaları ve Sorunları, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, İstanbul
- Eriç, M., 1992. Yapıda Sıva Uygulamaları ve Sorunları , İnşaat Dergisi, 70-73, İstanbul.
- Ersoy, H. Y., 1989. Cephelerin Korunması ve Sıva, İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi, 16,16-39.
- Ertürk, M., Pul, H., Daşdemir, A., Coşkun, C., Oktay, Z., 2016.Pencerelerde Birbirine Paralel Farklı Tabaka Halinde Hava Boşluğunun Enerji Tüketimine etkisinin Araştırılması. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 4, 646-654.
- Escudero, C., Martin, K., Erkoreka, A., Flores, I., Sala, J. M., 2013. [Energy and Buildings](#) 59, 62–72, DOI: 10.1016/j.enbuild.2012.12.043.
- Genceli, O. F., Özgüç, F., 2000. Ashrae Temel El Kitabı, Isı Yalıtımı ve Buhar Kesiciler Esaslar, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar:2, 29 s, Ankara.
- Gül, R., Uysal, H., Demirboğa, R., 1997. Kocapınar Pomzası ile Üretilen Hafif Betonların Isı 'İletkenliklerinin Araştırılması , Advanced in Civil Eng.: III. Technical Congress, METU, 2, 553-562, Ankara.
- Güleç, A., 1992. Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvaların İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. Plastikler. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 46,1997, Ankara.
- Gündüz ,L., 2005. İnşaat Sektöründe Bims Blok. Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISBN 975-00655-0-6, 579-582, Isparta.
- Güner, M. S., Yüksel, A., 2006. Yapı Teknolojisi I-II, Aktif Yayınevi, 9, 446 s., İstanbul.
- Güzel, A., 1993. Pomza Katkılı Tuğla Üretimi ve Bu Tuğlaların Mekanik ve Boşluk Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Hata, M.,R., Rohana, H., Haslin, I., Fadzil, A., 2016. The Thermal Conductivity of Selected Tropicas Timber Species Using Hot Box Method. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 78:5–4 eISSN 2180–3722, 7–12.
- Kakaç, S., 1982. Isı iletimi. ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 52, 315 s, Ankara.
- Karaman, S., Şahin, S., Örüng, İ., Pabuçcu, K., 2006a. Ağaç Yaprağı ve Pomza Katkılı Alçı Kompozitlerin Tarımsal Yapılarda Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1), 75-82, Bursa.
- Karaman, S., Şahin, S., Günal, H., Örüng, İ., Ersahin, S., 2006b. Use of Sunflower Stalk and Pumice in Gypsum Composites to Improve Thermal Properties. *Journal of Applied Sciences, Asian Network for Scientific Information*, 6(6), 1322-1326.
- Karaman, S., Şahin, S., Günal, H., Örüng, İ., Ersahin, S., 2006c. Stabilization of Waste Pet Bottles with Gypsum.. *Journal of Applied Sciences, Asian Network for Scientific Information*, 6(5), 1119-1122, 2006.
- Kocaman, B., 2000. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Doğal Hafif ve Normal Agregalarla Üretilen Betonların Fiziksel, Mekanik ve Isı İletkenlik Özelliklerinin Belirlenmesi ile Tarımsal Yapılarda Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum.
- Köse, H., Köse, Ç., Pamukçu, Ç., Yalçın, N., Seçer, T., 1997. Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, TMMOB. Maden Mühendisleri Odası*, 16-17 Ekim 1997, İzmir, Türkiye.
- Mahdi, F., Khan, A. A., Abbas, H., 2007. Physiochemical Properties Of Polymer Mortar Composites Using Resins Derived From Post-Consumer PET Bottles, *Cement and Concrete Composites*, 29, 241-248.
- Mavi, Ö., 2000. Kireç Harç ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Memiş, S., 2007. Öğütülmüş Atık Plastik (PET) Katkılı Sıvaların Tarımsal Yapılarda Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum.
- Morabito, P., 1989. Measurements of The Thermal Properties of Different Concretes. *High Temperatures–High Pressures*, 21(1), 51–59.
- Murdock, L. J., Brook, K., M., Dewar, J., D., 1991. *Concrete Materials and Practice*, Printed and Bound in Great Britain for Edward Arnold, a Division of Hodder and Stoughton Limited, 6th. Edition, 470 p, London.
- Narin, M., 2008. Türkiye'nin Enerji Yapısı ve İzleyeceği Öncelikli Politikalar. www.aso.org.tr/b2b/asobilgi/sayilar/Agustos2008/DosyaAgustos2008.pdf
- Okucu, A., 1992. Hafif İnşaat Malzemeleri (Anorganik). Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Özçelik, N., 1965. İnşaat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Pehlivanlı, Z., 2009. Gazbeton Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Nem ve Sıcaklıkla Değişiminin Belirlenmesi. *International Journal of Engineering Research Development*, 1(2).
- Short, A.,Kinniburg, W., 1978. *Lightweight Concrete*, Gillard (pinters) Ltd., Great

Yormouth, UK.

- Sisman, C. B., Gezer, E., 2011. Effects Rice Husk Characteristics of The Briquette Produced for Masonry Units. Scientific Research and Essays, 6(4), 984-992.
- Sisman, C. B., Gezer, E., Kocaman, I., 2011. Effects of Organic Waste (Rice Husk) on the Concrete Properties for Farm Buildings. Bulgarian Journal of Agricultural Science; 17(1), 40-48.
- Steiger, R. W., Hurd, M. K., 1978. Lightweight Insulating Concrete for Floorsand Roof Decks, Concrete Construction 23 (7), 41.
- Strother, E. F., Turner, W. C., 1990. Thermal Insulation Building Guide, Robert E. Krieger Publishing Company, 510 p, Malabar, Florida.
- Şahin, A., Ünal, H. B., 2007. Yapı Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi , Ziraat Fakültesi Yayın No: 568, 316 s, Bornova-İzmir.
- Şen, E., 2004. Enerji Verimli, Güvenli ve Konforlu Yapılar İçin Yalıtım ve İzoder, Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi ve İZODER, 11- 12 Ekim 2004, 13-17, İstanbul.
- Taymaz, H., 1977. Yapı Bilgisi Cilt I, Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları No: 3, 181 s, Ankara.
- Tohumcu (Ayık), D., 2005. Tarımsal Yapılarda Kullanılabilecek Öğütülmüş Plastik (PET) Atıkların Katılması ile Üretilen Betonların Önemli Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum.
- Tosun, N.,2006. Determination of Optimum Parametersfor Multi-Performance Characteristics in Drilling by Using Grey Relational Analysis, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28, 450–455.
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., 2000. Yapı Elemanları Tasarımında Malzeme. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Tuna.,G., 1998. Yapı Dış Yüzey Sıvalarında Oluşan Sorunların Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uğur, İ.,Demirdağ, S., Şengün, N., 2003. Mermer Türlerinin Isı İletkenliği Üzerine Teknik Bir Araştırma. Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003 Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık 2003, Isparta.
- Uluata, A. R., 1981. Beton Malzemeleri ve Beton Ders Notları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü, Erzurum,
- Ün, H., 2007. Yapı Malzemesi 2, Bağlayıcı Maddeler. Pamukkale Üniversitesi, http://hun.pamukkale.edu.tr/dersnotlari/vapi_malzemesi/Yapi_Malzemesi_2-Baglayici-kirec-dogal_puzolan.pdf.
- Üstünişik, N.,Z., 2007. Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Yüksek Lisans Tezi, Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Wakili, K., G., Tanner, Ch.; 2003. U-Value of a Dried Wall Made of Perforated Porous Clay Bicks Hot Box Measurement Versus Numerical Analysis. Energy and Buildings 35 , 675–680.

- Yağanoğlu, A. V., 1994. Tarımsal Yapılarda Kullanılan Bazı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (3), 291-310, Erzurum.
- Yağanoğlu, A. V., Okuroğlu, M., Örüñ, İ., Şahin, S., 1999. Değişik Bitkisel Atık ve Bağlayıcılarla Üretilen Isı Yalıtım Malzemelerinin Tarımsal Yapılarda Kullanma Olanakları.VII. Kùltürteknik Kongresi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakùltesi, 11-14 Kasım 1999, 340-350, Nevşehir.



ÖZGEÇMİŞ

Erzurum ili Pasinler ilçesinde 1973 tarihinde doğdum. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Erzurum'da tamamladım. Atatürk Üniversitesi Erzurum Meslek Yüksekokulu İnşaat programını 1993 yılında ve 1994 yılında aynı üniversitenin Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nü de 1998 yılında bitirdim. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 1999 yılında Araştırma Görevlisi kadrosuna atandım, 2003 yılında Yüksek Lisansımı tamamladım. Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım. Evliyim ve 2 çocuk babasıyım. İngilizce biliyorum.