

**T.C.**  
**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HİDROFOBİK HALE GETİRİLEN BİYOLOJİK ATIK VE KAĞIT  
ATIKLARININ SU BAZLI REÇİNELER KULLANILARAK KOMPOZİT YAPI  
MALZEMESİ ÜRETİMİ VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Mihriban SARI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Doç.Dr. Jülide ERKMEN**

**KASIM-2020**

**KARS**



T.C.  
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**HİDROFOBİK HALE GETİRİLEN BİYOLOJİK ATIK VE KAĞIT  
ATIKLARININ SU BAZLI REÇİNELER KULLANILARAK KOMPOZİT YAPI  
MALZEMESİ ÜRETİMİ VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Mihriban SARI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Jülide ERKMEN**

**KASIM-2020**  
**KARS**

T.C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mihriban SARI' nın Doç. Dr. Jülide ERKMEN danışmanlığında Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı “hidrofobik hale getirilen biyolojik atık ve kağıt atıklarının su bazlı reçineler kullanılarak kompozit yapı malzemesi üretimi ve termal özelliklerinin incelenmesi” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

04 / 11 / 2020

	<b>Adı ve Soyadı</b>	<b>İmza</b>
<b>Başkan</b>	<b>: Dr. Öğrt. Üyesi Nesrin ADIGÜZEL</b>	
<b>Üye</b>	<b>: Doç. Dr. Jülide ERKMEN</b>	
<b>Üye</b>	<b>: Dr. Öğrt. Üyesi Benek HAMAMCI</b>	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .. / .. / 20. . gün ve ...  
... / ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Fikret AKDENİZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

**Mihriban SARI**

**04.11.2020**

## ÖZET

(Yüksek Lisans Tezi)

### HİDROFOBİK HALE GETİRİLEN BİYOLOJİK ATIK VE KAĞIT ATIKLARININ SU BAZLI REÇİNELER KULLANILARAK KOMPOZİT YAPI MALZEMESİ ÜRETİMİ VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mihriban SARI

Kafkas Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Jülide ERKMEN

Artan insan nüfusuna bağlı olarak enerji kaynaklarında meydana gelen azalma enerjii daha değerli hale getirmiştir. Enerji ülke ekonomilerini doğrudan etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Enerji tasarrufu sağlamanın en kolay yolu yalıtımdan geçmektedir. Bu çalışmada çevre dostu, kolay temin edilebilir, ucuz ve yenilenebilir bir inşaat malzemesi üretmek amaçlanmıştır. Üretim aşamasında atık kağıtlar, fındikkabuğu, çam kozalağı ve koyun yünü kullanılmıştır. Su emiciliğini ve bakteri küf oluşumunu azaltmak için hidrofobik yüzey aktif malzeme kullanılmıştır. Tüm malzemeleri bir arada tutmak için su bazlı PVA stiren akrilik kopolier bağlayıcı kullanılmıştır. Üretim aşamasında 11 adet farklı boyut ve türlerde kompozisyon oluşturularak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelerin temas açılarının  $84^{\circ}$ - $146^{\circ}$ , ısı transfer katsayılarının 0,0908, 0,123 W/mK, yoğunluklarının 0,678-0,981 gr/cm<sup>3</sup> arasında

olduğu görülmüştür. Basma testi sonucunda numunelerin basma dayanımlarının oldukça yüksek olduğu ve en yüksek basma dayanımına sahip olan numunenin 97462,5 N ile N10 nolu numune olduğu görülmüştür. Basma testi sonucunda numunelerde herhangi bir dağılma kırılma olmamış ve uygulanan kuvvet sonucu yalnızca malzeme kalınlığının azaldığı görülmüştür. Tamamıyla evre dostu, doğada çözünebilen, biyolojik atık malzemelerden düşük maliyetli bir malzeme üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrofobik Ajan, Biyolojik Atık, Su Yalıtımı, Isı Transfer Katsayısı

**2020, 91 Sayfa**

## **ABSTRACT**

(M. Sc. Thesis)

### **HYDROPHOBIC MAKES OF BIOLOGICAL WASTE AND PAPER WASTES AND OF THERMAL PROPERTIES INVESTIGATION, PRODUCTION OF COMPOSITE BUILDING MATERIAL BY USING WATER BASED RESINS**

Mihriban SARI

Kafkas University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Jülide ERKMEN

The decrease in energy resources made energy more valuable due to the increasing human population. Energy is one of the most important factors that directly affect the country economies. It is the rapid depletion of energy resources that make energy saving essential. The easiest way to save energy is through insulation. In this study, it is aimed to produce an environmentally friendly, easily available, cheap and renewable construction material.

Waste papers, hazelnut shell, pine cone and sheep wool were used in the production phase. Hydrophobic surfactant has been used to reduce water absorption and bacterial mold growth. Water-based PVA binder is used to hold all materials together. Samples were prepared by creating compositions of different sizes and types during the production phase. It was observed that the contact angles of these prepared samples were between  $84^{\circ}$ - $146^{\circ}$ , their heat transfer coefficients were between 0.0908-0.123 W/mK, and their densities were between 0.678 and 0.981 gr/cm<sup>3</sup>. As a result of the compression test, the compression strength of the samples is very high and it was observed that the sample with the highest compressive strength was the sample

numbered N10 with 97462,5 N. As a result of the compression test, there was no dispersion or fracture in the samples and it was observed that only the material thickness decreased as a result of the applied force.

A low cost material was produced from completely environmentally friendly, biodegradable, biological waste materials.

**Key Words:** Hydrophobic Agent, Biological Waste, Water Insulation, Heat Transfer Coefficient

**2020, 91 pages**





## ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmalarımın her aşamasında olduğu gibi hayatımın diğer alanlarında da karşılaştığım güçlüklerde yanımda olan, her daim engin bilgileriyle yolumu aydınlatan, kullandığı her kelimeyle hayatıma yeni bir vizyon katan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen, mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgiler ışığında yolundan ilerlemeyi hedeflediğim kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Jülide ERKMEN'e, analizlerin yapımı ve sonuçlandırılması aşamasında kıymetli zamanını ayırarak bizlere yardımcı olan Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Volkan ACAR'a, kalem tutmaya başladığım ilk andan bugüne kadar üzerimde emek harcıyıp hayatıma dokunmuş olan haklarını asla ödeyemeyeceğim çok kıymetli öğretmenlerime, üniversite eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Benek HAMAMCI'ya, her zaman her şeyin en iyisi ve en güzeline sahip olmam için dişini tırnağına takıp çalışan, kazandığım her başarının görünmeyen kahramanları olan, en büyük şansım annem Hacer SARI ve gurur kaynağım babam Nuh SARI'ya, hayatımı daha eğlenceli ve yaşanabilir kılan, her türlü motivasyon ve güveni sağlayan, vazgeçilmezlerim değerli arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

**Mihriban SARI**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	IV
ABSTRACT .....	VI
ÖNSÖZ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XII
TABLOLAR DİZİNİ .....	XV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XVI
<b>1. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Enerjinin Önemi .....	4
1.1.2. Yalıtımın Önemi Ve Enerji Üzerindeki Etkisi .....	6
1.1.3. Yalıtım Materyallerinin Çevreye Zararları .....	8
<b>1.2. Çevre Dostu Yalıtım Malzemeleri .....</b>	<b>11</b>
1.2.1. Ahşap Yünü.....	13
1.2.2. Mantar Yalıtım Malzemeleri.....	14
1.2.3. Selüloz Lifler.....	15
1.2.4. Kenevir.....	15
1.2.5. Koyun Yünü .....	16
1.2.6. Pamuk.....	17
1.2.7. Saz.....	17
1.2.8. Hindistan Cevizi Lifleri.....	18
<b>1.3. Kompozit Yalıtım Malzemeleri.....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Kompozit Malzemeler Ve Özellikleri.....	18
1.3.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	19
1.3.3. Yalıtımda Kullanılan Kompozit Malzemeler.....	23
<b>1.4. Bağlayıcılar ve Su Bağlayıcılar .....</b>	<b>28</b>
1.4.1. Su Bağlayıcılar .....	29

<b>1.5.</b>	<b>Atık Kâğıt Değerlendirme .....</b>	<b>32</b>
<b>1.6.</b>	<b>Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilen Biyolojik Atıklar .....</b>	<b>34</b>
<b>1.7.</b>	<b>Fındık Kabuğu.....</b>	<b>34</b>
<b>1.8.</b>	<b>Çam Kozalağı .....</b>	<b>35</b>
<b>1.9.</b>	<b>Yün Lifi .....</b>	<b>36</b>
<b>1.10.</b>	<b>Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri .....</b>	<b>37</b>
1.10.1.	Düşük Isı İletim Katsayısı.....	37
1.10.2.	Malzemenin yoğunluğu.....	38
1.10.3.	Boyutsal kararlılık.....	38
1.10.4.	Mekanik dayanım.....	38
1.10.5.	Buhar difüzyonuna karşı dirençli olması .....	39
1.10.6.	Kimyasal etkilere karşı dayanım.....	39
1.10.7.	Sıcaklık dayanımı.....	39
1.10.8.	Yanmazlık .....	40
1.10.9.	Kolay işlenebilirlik.....	40
1.10.10.	Sıva tutuculuk .....	40
1.10.11.	Çürümeye karşı dayanım.....	40
1.10.12.	Parazitlere karşı dayanıklı .....	40
1.10.13.	Uzun ömürlü olması.....	41
1.10.14.	Koku vermemeli.....	41
1.10.15.	Ekonomik olması .....	41
1.10.16.	İnsan sağlığı için tehlike oluşturmamalı .....	41
<b>1.11.</b>	<b>Literatür Araştırması .....</b>	<b>41</b>
<b>2.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>48</b>
<b>2.1.</b>	<b>Materyal.....</b>	<b>48</b>
2.1.1.	Atık kağıt.....	48
2.1.2.	Koyun yünü.....	49
2.1.3.	Fındık kabuğu .....	49

2.1.4. Çam Kozalağı.....	50
2.1.5. Silan .....	50
2.1.6. Reçine.....	51
<b>2.2. Yöntem .....</b>	<b>52</b>
2.2.1. Hammaddenin Hazırlanması.....	52
2.2.2. Deneme Numunelerinin Üretimi.....	55
2.2.3. Numunelerin Ölçülmesi .....	58
<b>3. BULGULAR.....</b>	<b>62</b>
<b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>76</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>80</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>91</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1. 1. Dünyadaki enerji tüketim oranları .....	2
Şekil 1. 2. Binalarda enerji tüketim dağılımları .....	3
Şekil 1. 3. Binalarda görülen ısı kayıpları .....	7
Şekil 1. 4. Yalıtım materyalinin, yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılması .....	9
Şekil 1. 5. Yalıtım materyalinin iç yapısına göre sınıflandırılması. ....	10
Şekil 1. 6. Sentetik inorganik yalıtım malzemeleri .....	11
Şekil 1. 7. Doğal inorganik yalıtım malzemeleri .....	12
Şekil 1. 8. Sentetik organik yalıtım malzemeleri .....	12
Şekil 1. 9. Doğal organik yalıtım malzemeleri .....	13
Şekil 1. 10. Ahşap yünü .....	14
Şekil 1. 11. Mantar levha .....	14
Şekil 1. 12. Selüloz levha .....	15
Şekil 1. 13. Kenevir .....	16
Şekil 1. 14. Koyun yünü .....	16
Şekil 1. 15. Pamuk .....	17
Şekil 1. 16. Saz .....	17
Şekil 1.17. Hindistan cevizi lifleri.....	18
Şekil 1. 18. Şilte halinde cam yünü.....	24
Şekil 1. 19. Şilte halinde taş yünü .....	25
Şekil 1. 20. Poliüretan köpük .....	26
Şekil 1. 21. EPS .....	26

Şekil 1. 22. XPS .....	27
Şekil 1. 23. Fenol köpüğü .....	27
Şekil 1. 24. Çimento.....	30
Şekil 1. 25. Alçı .....	31
Şekil 1. 26. Hidrolik kireç bağlayıcı kullanılarak restore edilmiş tarihi bir yapı.....	32
Şekil 1. 27. Fındık kabuğu .....	35
Şekil 1. 28. Kozalak .....	36
Şekil 1. 29. Koyun yünü .....	37
Şekil 2. 1. Kırılmış atık kağıdın görüntüsü .....	48
Şekil 2. 2. Koyun yününün mikroskop altındaki görüntüsü .....	49
Şekil 2. 3. Fındık kabuğu .....	49
Şekil 2. 4. Çam kozalağı .....	50
Şekil 2. 5. Silanın kum üzerindeki performansı .....	51
Şekil 2. 6. Silanın moleküler yapısı .....	51
Şekil 2.7. Kullanılan reçinenin moleküler yapısı.....	52
Şekil 2. 8. Aşama 1 .....	53
Şekil 2. 9. Aşama 2 .....	54
Şekil 2. 10. Aşama 3 .....	55
Şekil 2. 11. Üretim sisteminin akış şeması .....	57
Şekil 2. 12. SEM cihazı.....	58
Şekil 2. 13. XRD cihazı.....	59
Şekil 2.14. TGA cihazı.....	59
Şekil 2. 15. BET cihazı .....	60
Şekil 2. 16. Temas açısı ölçüm cihazı.....	60

Şekil 2. 17. Isıl iletkenlik ölçüm cihazı.....	61
Şekil 2.18. Basma Testi Cihazı .....	61
Şekil 3. 1. Fındık kabuğunun işlem görmemiş hali ve silan ile kaplı (dirofobik) halinin SEM ve XRD sonuçları.....	63
Şekil 3. 2. Çam kozalağının işlem görmemiş hali ve silan ile kaplı (dirofobik) halinin SEM ve XRD sonuçları.....	64
Şekil 3. 3. Bazı numunelerin temas açısı sonuçları.....	65
Şekil 3. 4. Hidrofobik ve hidrofobik olmayan numunelerin su içinde 24 saat sonra görünümü .....	66
Şekil 3. 5. N1, N5 ve N11 numunelerinin su emiciliği testi sonuçları.....	67
Şekil 3. 6. N2 nolu numunenin TGA sonucu .....	68
Şekil 3. 7. N10 nolu numunenin TGA sonucu .....	69
Şekil 3. 8. N10 nolu numunenin ısı iletim katsayısı cihaz çıktısı görüntüsü .....	70
Şekil 3. 9. Numunelerin ısı iletim katsayıları.....	71
Şekil 3. 10. Tüm numunelerin yoğunluk değerleri .....	72
Şekil 3. 11. Basma testi sonucu numunelerin görünümleri.....	75

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

Tablo 1. 1. Mevcut enerji kaynaklarının çevreye etkisi .....	5
Tablo 1. 2. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması .....	19
Tablo 1. 3. Plastik matrisli kompozitlerin sınıflandırılması.....	20
Tablo 1. 4. Isı yalıtım malzemeleri ürün standartları .....	28
Tablo 1. 5. Fındık kabuğunun özellikleri .....	35
Tablo 1. 6. Bazı malzemelerin ısı iletim değerleri .....	38
Tablo 1. 7. Bazı malzemelerin maksimum kullanım sıcaklığı.....	39
Tablo 2. 1. Kullanılan reçinenin moleküler yapısı .....	52
Tablo 2. 2. Numunelerin birleşim oranları ve presleme şekli .....	56
Tablo 3. 1. Numunelerin basma testi sonuçları.....	73



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
APEO	: Alkylphenol
CaO	: Bakır Oksit
CEN	: Avrupa Standardizasyon Teşkilatı
CFC	: Kloroflorokarbon
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
DSC	: Dinamik Denge Kontrolü
DTA ANALİZİ	: Differential Thermal Analysis
EPS	: Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyonu
K	: Kelvin
kg/m <sup>3</sup>	: Yoğunluk
Kj/kgK	: Özgül Isı Kapasitesi
KPa	: Kilopaskal
kW/m <sup>2</sup>	: Birim Alana Düşen Enerji Miktarı
MFFT	: En Düşük Film Oluşturma Sıcaklığı
MPa	: Megapaskal
pH	: Power of Hydrogen

PVA	: Polivinil Asetat
PVC	: Polivinil Klorür
R	: Direnç
RPET	: Geri dönüştürülmüş Polyester
RSI	: Isı İletkenlik Direnci
SEM-EDS	: Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi
TG ANALİZ	: Termo Gravimetrik Analiz
UV	: Ultraviyole
VOC	: Uçucu Organik Buhar ve Gazları
W/mK	: İletkenlik Katsayısı
XPS	: Ekstrüde Polistiren
XRD ANALİZİ	: X-Işını Difraktometresi Analizi
XRF ANALİZİ	: X-Işını Floresans Spektrometresi Analizi
$\lambda$	: Isı İletkenlik Katsayısı
$\mu\text{m}$	: Mikrometre

# 1. GENEL BİLGİLER

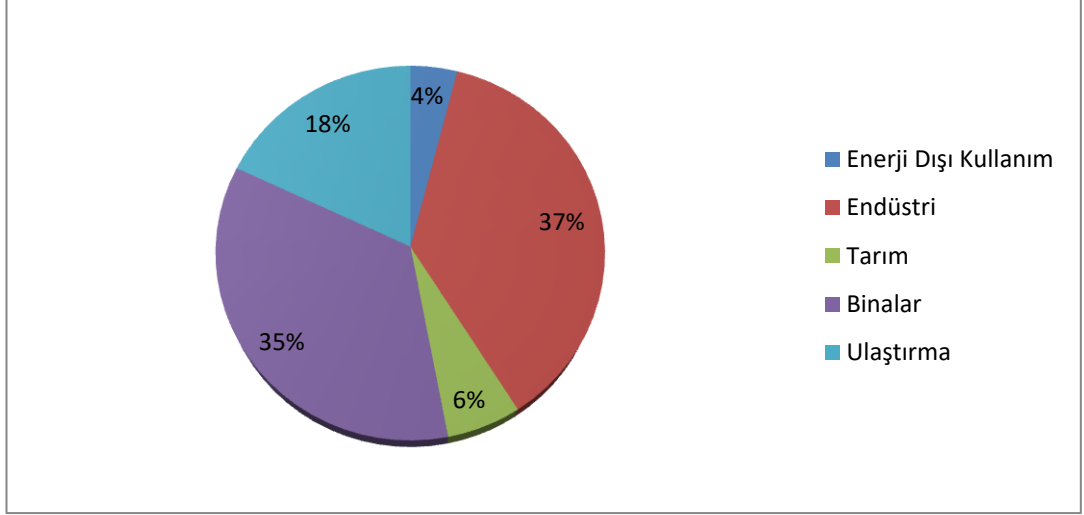
## 1.1.GİRİŞ

Günümüz teknoloji dünyasında nüfus hızlı bir artış göstermekte ve bunun neticesinde kentleşme de artmaktadır. Kentleşmenin meydana getirdiği hayat tarzındaki değişiklikler bir çok çevresel soruna da zemin hazırlamaktadır [1].

Dünya nüfus yoğunluğundaki artış, kaynakların hızlı ve bilinçsiz tüketilmesine sebep olmasıyla birlikte küresel ısınma temelli birçok çevresel sorunlara yol açarak ekolojik dengeyi de olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Ekolojik dengede ki bu olumsuzluklar tüm canlıların yaşam konforlarını olumsuz etkilemekte ve geleceğini tehlikeye sokmaktadır [2].

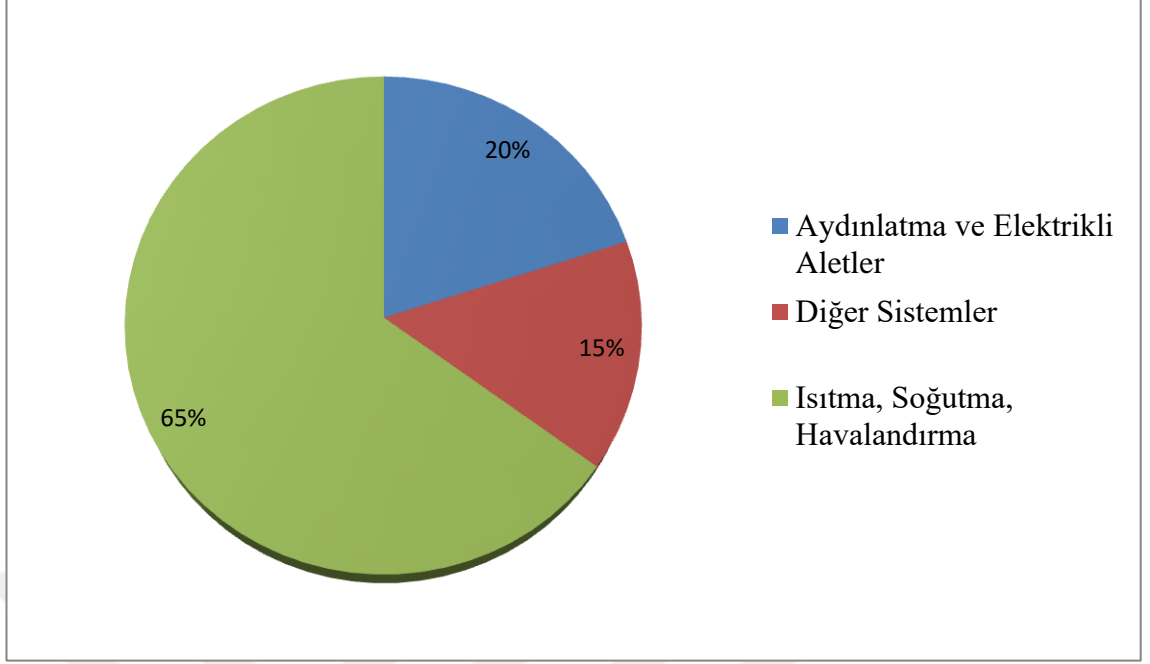
Dünyada var olan enerji kaynaklarının hızla tüketimi ve neticesinde doğan çevresel sorunlar ülkelerin gündemini büyük ölçüde etkilemekte ve bu ülkelerin enerji yönetim stratejilerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına almak ve enerjiiyi etkin bir şekilde kullanabilmek amacıyla çevre bilinci oluşturmayı hedeflemişlerdir.

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Genel Müdürlüğü yapmış olduğu çalışmalarda toplam enerji kullanım dağılımının; ulaşımda %18, endüstride %37, binalarda ise %35 olduğunu belirlemiştir. Binalarda kullanılan enerjinin bu denli fazla olmasının sebebi yaşam alanı konforunu sağlamak amacıyla enerjinin ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi alanlarda fazlaca kullanılıp tüketilmesidir. Dolayısıyla en büyük enerji tasarrufu binalarda alınacak önlemler ile sağlanabilmektedir. Binalardaki enerji tüketim seviyesini en aşağı indirebilmek için, meydana gelen ısı kayıplarını minimum seviyeye indirmek gerekmektedir. Binalarda meydana gelen ısı kayıplarını önlemek için atılması gereken adımların başında ısı yalıtımı gelmektedir [3].



**Şekil 1.1:** Dünyadaki enerji tüketim oranları

İki ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı meydana gelen ısı kaybı ya da kazançlarının sınırlandırılması ve ortamlar arası ısı geçişini azaltmaya yönelik yapılan işlemlere “ısı yalıtımı” denir. Bina yalıtımının yaygın kullanımı sonucunda enerji kayıpları en aza indirilebilir ve fosil yakıt kullanımında tasarruf sağlanabilir. Bu durumlar ülke ekonomisinde canlanmalara zemin hazırlayıp aynı zamanda da fosil yakıtların bilinçsiz ve fazla kullanımı ile meydana gelen çevresel sorunların ortadan kalkmasında büyük bir rol oynayacaktır. Binalarda ısı yalıtımı iklimsel faktörlere bağlı olarak yaz aylarında bina içerisindeki sıcaklık artışını, kış aylarında ise sıcaklık düşüşünü önleyerek konfor şartlarının sağlanması amacıyla yapılmaktadır. Yalıtım, ısıtma ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılan fosil yakıttan tasarruf sağlayarak çevre kirliliğinin önüne geçecek ve aynı zamanda da soğutma amaçlı kullanılan klimaların verimliliğinden dolayı enerji tüketiminin azaltılmasını sağlayacaktır [4].



**Şekil 1. 2:** Binalarda enerji tüketim dağılımları

Binalarda doğru ve yeterli şekilde ısı yalıtımı uygulanmaması enerji tüketiminin en büyük nedenidir. Isı yalıtımı enerji tüketimini dengelemenin yanı sıra seçilen yalıtım malzemesinin özelliklerine bağlı olarak iklimsel ve işitsel yaşam konforlarının iyileştirilmesi için de oldukça önemlidir.

Isı yalıtımı uygulanmayan binaların duvarlarında yer yer küflenmeler, iç ve dış cephe boyalarında bozulmalar meydana gelebilir. Meydana gelen bu durum görüntü kirliliği oluşturmasının yanı sıra ciddi sağlık problemlerine de yol açabilir. Isı yalıtımının doğru şekilde uygulanması ve doğru yalıtım malzemelerinin kullanılması istenilen konfor şartlarının sağlanması ve maksimum fayda elde edilmesi açısından oldukça önemlidir [5].

Binalarda kullanılan yalıtım malzemelerinin sürdürülebilirliği ve dönüştürülebilirliği oldukça önemlidir. Yapay olarak üretilen malzemelerde fosil yakıtların kullanılması insan sağlığına ve ekolojiye ciddi zararlar vermektedir. Yapay malzeme kullanımıyla bu olumsuzluklar yaşanırken doğal malzemelerin kullanımıyla malzeme üretimi için fazladan enerji tüketiminin önüne geçilebilir. Doğal malzemelerin temini oldukça kolay ve ucuzdur. Bunun yanı sıra kullanım ömrünü tamamladıktan sonra doğaya karışıp kısa sürede yok olabilirler. Bu ve bunun gibi pozitif sebeplerle ortaya çıkan çevre bilinci ülkeleri doğal yapı malzemeleri üretmeye ve bunlardan faydalanmaya itmiştir [2].

Fosil yakıt kaynaklarının çevresel zararları ve orman kaynaklarındaki azalma neticesinde meydana gelen fiyat artışı endüstriyi alternatif hammadde kaynağı arayışına itmiştir. Geri dönüşümlü biyolojik atıkların kullanılması çevresel ve ekonomik anlamda bu açıdan çok değerlidir. Çalışmada değeri düşük geri dönüşümlü kağıt, koyun yünü, çam kozalağı ve fındık kabuğu materyalleri kullanılarak ekonomik ve çevresel değeri olan, enerji ekonomisine katkı sağlayabilecek kompozit yalıtım malzemesi üretilmiştir.

### **1.1.1. Enerjinin Önemi**

Enerjiyi basit bir şekilde tanımlamak gerekirse iş yapabilme kabiliyeti diyebiliriz. Enerji, insan yaşamında daima önemli bir yere sahip olmuştur. Tarih boyunca enerji kaynaklarına sahip olan devletler tüm dünya ülkelerinin ilgi odağı olmuştur. İnsanlığın her döneminde bu enerji kaynaklarını elde edebilmek ve güçlü olabilmek için savaşlar yapılmış devletler birbirleriyle rekabet içerisine girmişlerdir. Sanayi devrimiyle birlikte gelen makineleşme ve teknolojiadaki gelişmeler o döneme kadar kas gücü kullanılarak yürütülen işlere yeni bir boyut kazandırarak enerji kaynaklarının önem kazanmasında etkili olmuştur [6].

Enerji günlük hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiş ve enerji ihtiyacı dünya gündeminde yerini her zaman korumuştur. Dünya üzerinde var olan enerji kaynaklarının hızla tükenebilir olması, dışa bağımlılığı ve çevresel faktörler sebebiyle enerjiye sağlıklı ve ucuz erişim, temel ihtiyaçların karşılanabilmesi gibi sebeplerle ekonomik ve sosyal hayatın düzenlenmesinde ülkeler için oldukça önemli bir yere sahiptir.

Nüfus artışı ve sanayileşmede meydana gelen artışa paralel olarak enerji ihtiyacı artmış ve mevcut kaynaklarının kullanımı da ön plana çıkmıştır. İnsan yaşamının vazgeçilmez bir unsuru olan enerji hayatı kolaylaştırması yönüyle büyük bir avantaj olarak görülmesinin yanı sıra tüketim esnasında çevreye verdiği zararlar yadsınamaz bir gerçektir. Yeryüzünde mevcut olan fosil yakıtlar kullanılarak elde edilen enerjinin; sera gazı etkisiyle küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açması, kullanılan nükleer enerji kaynaklarının ekonomik açıdan maliyetli olması gibi sebeplerden dolayı ülkeler öz kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmayı amaçlamışlardır [7].

**Tablo 1.1:** Mevcut enerji kaynaklarının çevreye etkisi [8]

	İklim Değişikliği	Asit Yağmurları	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
<b>Petrol</b>	X	X	X	X	X	-
<b>Kömür</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Doğalgaz</b>	X	X	X	-	X	-
<b>Nükleer</b>	-	-	X	X	-	X
<b>Hidrolik</b>	X	-	X	X	-	-
<b>Rüzgâr</b>	-	-	-	-	X	-
<b>Güneş</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Jeotermal</b>	-	-	X	X	-	-

Enerji üretimi üzerinde yapılan bilimsel araştırmalar mevcut kaynakların sınırlı olduğunu göstermiş ve insanlığı yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arama yoluna itmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları genellikle doğada hazır olarak bulunan herhangi bir üretim prosesine ihtiyaç duymadan kolaylıkla temin edilebilen, sürekli kendi kendini yenileyerek kullanıma daima hazır olan güneş, rüzgâr, jeotermal, biokütle vb. gibi enerji kaynakları olarak tanımlanabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajlarını sıralayacak olursak;

1. Çevre dostudur.
2. Yeni iş olanakları oluşturarak ekonomik canlanmalar sağlar.
3. Ekonominin canlanmasıyla birlikte sosyal açıdan da gelişmeler sağlar.
4. Enerji kaynaklarında artan çeşitlilikle beraber öz kaynakların korunmasını sağlar.
5. Teknolojik gelişmelere zemin hazırlayarak yeni buluşlara kapı aralar.
6. CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıp, sera gazı etkisi ve iklim değişikliklerinin önüne geçer [9].

### 1.1.2. Yalıtımın Önemi Ve Enerji Üzerindeki Etkisi

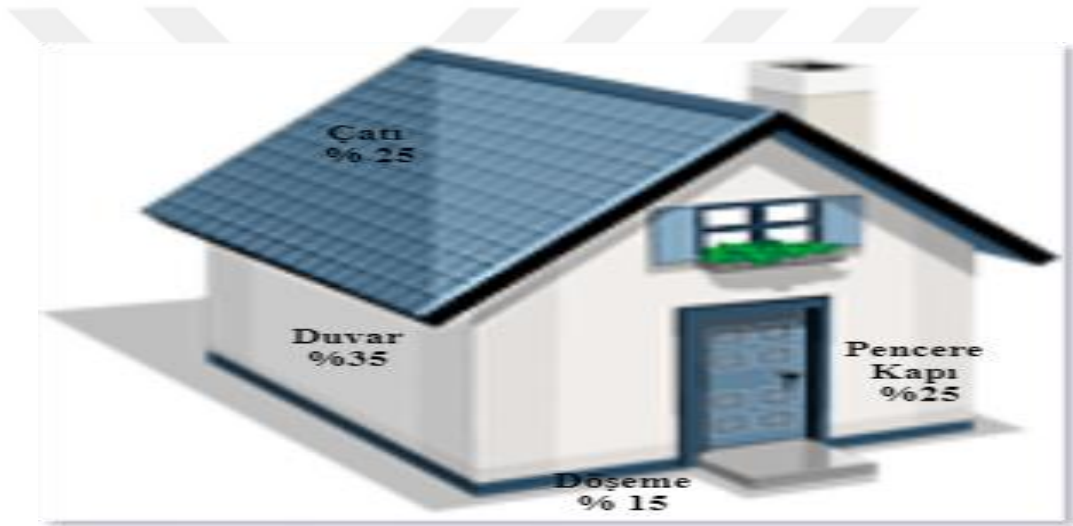
Yalıtım, yaşam alanımızı oluşturan binaların dış etkilere karşı (ısı, su, ses ve yangın) korunması amacıyla uygulanan bir yöntem olarak tanımlanabilir. Yalıtım binaların yapılış amaçlarına uygun olarak uzun yıllar boyunca sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla yapılır. Yapılara uygulanan yalıtım yöntemleri ile iç ve dış faktörlerden koruma sağlanıp bina ömrü uzatılabilir ve daha sağlıklı bir yaşam alanı oluşturulabilir. Yaşam alanımızı oluşturan yapılar sürekli olarak bulunduğu ortamda çevreden gelen olumsuz etkilere maruz kalır. Çevredeki bu olumsuz etkilere binalarımızı korumada en etkili yöntem yalıtımdır. Binalar buldukları ortamda sıklıkla aşırı güneş, kar, rüzgâr, yağmur, sızıntı suyu vb. dış etkenlere maruz kalırlar bu olumsuzluklar binaya zarar verirken, yüksek ses ve yangın tehlikesi gibi etkenler de doğrudan kullanıcıya zarar verir. Bu olumsuz etkenlerden korunma amacıyla yalıtım genel çerçevesiyle ısı yalıtımı, ses yalıtımı, su yalıtımı ve yangın yalıtımı olarak 4 ana kategoride ele alınır. Bir binaya yalıtım yapılırken bulunduğu coğrafyanın özellikleri, binanın yapıma ve kullanılma amacı, tasarımı ve kullanım aşaması gibi etkenler binanın maruz kalacağı dış etkenlerde değişikliklere sebep olabilir.

Binalara uygulanacak olan yalıtım bu etkenler doğrultusunda planlanır ve yapılır. Örnek olarak araç trafiğine yakın bölgelere inşa edilen binalarda ses yalıtımına özellikle dikkat edilmesi gerekecektir. Çok yağış alan bölgelere inşa edilmiş olan yapılara hem su hem de neme karşı korunaklı olacak şekilde yalıtım uygulamaları yapılmalıdır [10].

Yapılara yalıtımın doğru bir şekilde planlanıp uygulanması bireyler ve ülkeler açısından oldukça önemlidir. Yalıtım uygulamaları sıcaklık ve nem dengesini düzenleyerek terleme, yoğunlaşma ve donma gibi istenmeyen olaylarının önüne geçer. Taze hava miktarını artırarak sağlıklı ve güvenli bir yaşam ortamı oluşturur, bunun neticesinde gerekli konfor şartları sağlanmış olur. Yalıtımın bireysel faydaları arasında sağladığı yakıt tasarrufu, ısı kaybının azalmasıyla birlikte ısıtma sistemlerinin de azaltılması, dolayısıyla yer ve malzeme tasarrufu elde edilmesi, gürültü ve hava kirliliğinin önüne geçilmesi gibi maddeler de sıralanabilir. Yalıtımın ülkeler açısından öneminden bahsedecek olursak ısıtma sistemlerinde alınacak basit ve etkili önlemlerle birlikte ciddi oranlarda döviz tasarrufu sağlanabilir. Bunun yanı sıra yeni iş imkânları yaratarak istihdam sağlayıp ülke ekonomisini canlandırabilir [11].



Uygulanan yalıtım enerji tasarrufuna katkısı açısından büyük bir yarar arz etmektedir. Binanın bulunduğu bölgenin iklim koşulları, binanın kullanım amacı ve süresi, çevresindeki elemanların termal özellikleri, ısıtma ve soğutmada kullanılan sistemlerin özellikleri gibi etkenler binalarda kullanılan enerji miktarını belirler. Dünya genelinde yapılan binalar yıllık enerji tüketim ihtiyacı 15 kWh/m<sup>2</sup> 'yi geçmeyecek ve %90' a varan enerji tasarrufu sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu şekilde tasarlanıp yapılan binalar sadece enerji tasarrufu sağlamakla kalmayıp aynı zamanda ısıl konforda sağlamaktadır.



**Şekil 1. 3:** Binalarda görülen ısı kayıpları

Binalarda meydana gelen ısı kayıpları binanın maruz kaldığı çevresel koşullara ve kullanım amacına göre farklılık gösterir. Şekil 1.3'de görüldüğü gibi, binalarda meydana gelen ısı kayıplarının %35'ini dış duvarlarda, %25'ini çatıda, %25'ini pencere ve kapılarda, %15'i ise döşemelerde oluşmaktadır [12].

Binalara uygulanan yalıtımdan maksimum fayda sağlanması için bu yapı elemanlarından sadece birine uygulanması tek başına yeterli olmayacaktır. Bu yapı elemanları bir bütün olarak değerlendirilip hepsine yalıtım uygulanması gerekmektedir. Örneğin; binanın çatısında yalıtım uygulanıp dış duvarlarda yalıtım uygulanmazsa bina duvarlarından ısı kaybı meydana gelir, bina duvar ve tavanının kesişim noktalarında ısı köprüleri oluşur.

Meydana gelen ısı köprüleri içerideki sıcak hava ile dışarıdaki soğuk havanın birbirine temas etmesine neden olacak ve yoğuşma görülecektir. Konfor şartları ve insan sağlığına verdiği zararlardan ötürü yoğuşma istenen bir durum değildir. Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin yanı sıra kullanılan yakıtın türü de oldukça önemlidir. Fosil yakıtların kullanılması sonucunda CO<sub>2</sub> salınımı artmakta ve sera gazları açığa çıkmaktadır. CO<sub>2</sub> salınımı diğer sera gazlarına oranla küresel ısınma üzerinde %55 daha fazla etkiye sahiptir. Fosil yakıtlar arasında ilk sıralarda yer alan kömürün termik santrallerde, sanayide ve binalarda yakıt olarak kullanılması sonucu ortaya çıkan kül; civa, kurşun, arsenik vb. zararlı elementleri yapısında bulundurduğu için oldukça kirleticidir. Doğal gaz yanma verimliliğinin iyi olması ve kolayca kontrol altına alınabilmesi sebebiyle kömüre iyi bir alternatiftir.

Binalarda ısınma amacıyla kullanılan doğal gaz, kömüre göre %15 daha ekonomiktir ve %60 daha az CO<sub>2</sub> yayılımına sahiptir. Yalıtım için gerekli olan malzemelerin üretiminden başlayıp uygulanmasına kadar geçen süreçte ekonomi, fizik, kimya, inşaat, makine vb. birçok bilim dalı ortak ve detaylı çalışmalar yapmalıdır. Binalarda meydana gelecek enerji kayıplarını minimuma indirmek ve enerjinin sürdürülebilir kullanımını sağlamak için yalıtım planlamasının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, gerekli kanuni düzenlemeler yapılmalı, insanlar bilinçlendirilmeli, belirli standartlar belirlenerek bu standartlar çerçevesi içerisinde yeni yalıtım sistemleri geliştirilmelidir. Tasarım aşamasında alınacak önlemler ve planlamalarla birlikte enerji verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu planlamalar yapılırken binanın konumu, bulunduğu coğrafyanın iklimsel özellikleri, bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ve binanın kullanım amacı oldukça önemli parametrelerdir. Yapılara yalıtım uygulanarak toplam ısı iletim katsayısı azaltılabilir bunun neticesinde ısı transferi de azalarak bina ömrü uzatılabilir [12].

### **1.1.3. Yalıtım Materyallerinin Çevreye Zararları**

Isı yalıtım malzemeleri; ısı direnci yüksek olan, ısı kaybı ve kazançlarını azaltmak amacıyla kullanılan özel yapı malzemeleridir. Isı yalıtımı yapı elemanlarının ısı iletim dirençlerini artırmayı temel amaç edinerek hazırlanan malzemeler kullanılarak yapılır.

Kullanılan bu yalıtım malzemelerinin yalıtım üzerindeki başarısını ısı iletim katsayıları belirler. Isı iletim katsayısı ile ürünün yalıtım özelliği arasında ters orantı vardır.

Isı iletim katsayısı düştükçe yalıtım kalitesi artar. Bu nedenle yalıtımda kullanılacak malzemelerin düşük iletim katsayısına sahip olması aranan bir özelliktir [10].

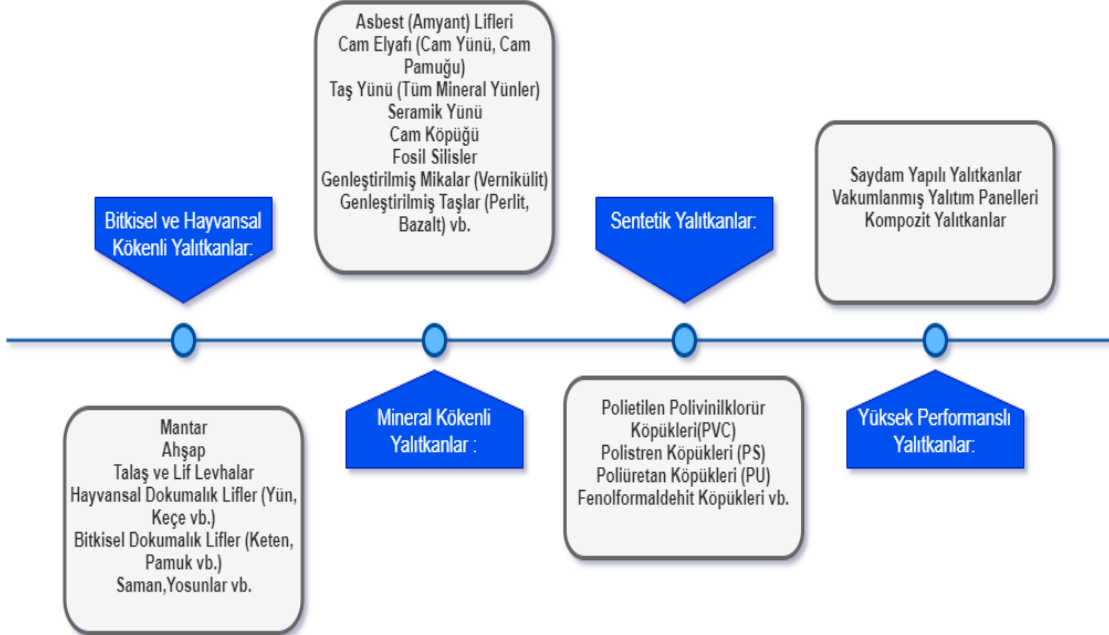
ISO ve CEN standartlarına göre bir malzemenin yalıtım malzemesi kategorisine girebilmesi için ısı iletim katsayısının 0,065 W/mK değerinden küçük olması gerekmektedir [13].

Bunlara ek olarak yalıtım malzemelerinin yangına karşı yüksek performans göstermesi, su emme değerlerinin az olması, yük dayanımlarının iyi olması, kullanımlarının kolay olması, ekonomik ve çevre dostu olması malzeme seçiminde önemli rol oynar [14].

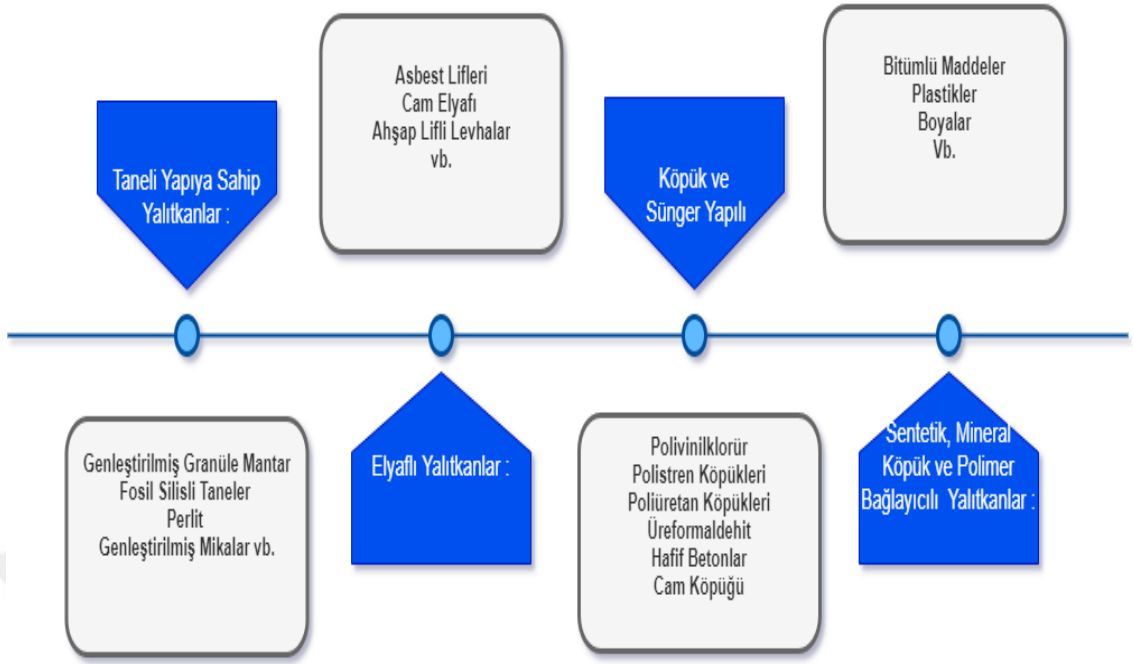
Isı yalıtımında kullanılan malzemeleri temel 2 ana başlık altında sınıflandırabiliriz [15].

Bunlar;

- ✓ Yalıtım materyalinin yapıldığı malzemeye göre
- ✓ Yalıtım materyalinin içyapısına göre



**Şekil 1. 4:** Yalıtım materyalinin, yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılması

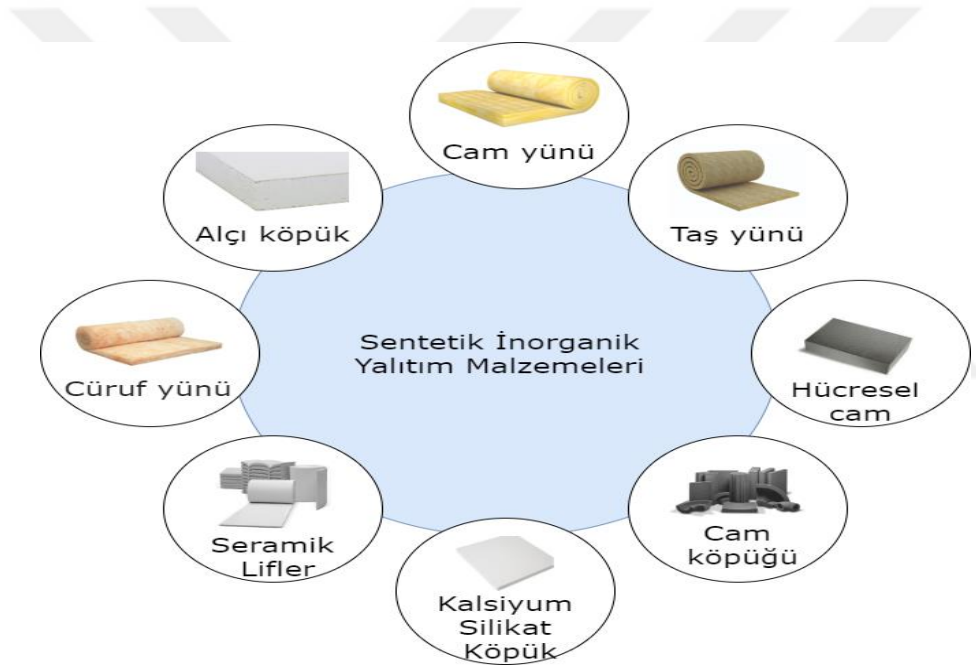


**Şekil 1. 5:** Yalıtım materyalinin iç yapısına göre sınıflandırılması

Tüm bu yalıtım malzemelerinin üretiminde kullanılan kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve diğer kimyasal maddeler doğrudan atmosfere yayılırlar. Bu kimyasalların atmosfere yayılması ile ozon tabakasında bulunan klor ve brom yoğunluğu artar ve ozon ile tepkimeye girerek ozonun parçalanmasına neden olurlar. Böylece ozon tabakasının ozon derişiminde azalmalar meydana gelir. Ozon tabakasının incilmesi sonucunda ultra-viole ışınlar dünyaya ulaşır bu da cilt kanseri ve katarakt gibi sağlık sorunlarına sebebiyet verir. Ozon tabakasının incilmesiyle birlikte tarımsal ürünlerde azalmalar yaşanacak, balıkçılık vb. ile endüstriyel materyaller üzerinde de olumsuz etkilere sebep olacaktır. Atmosferde bulunan karbondioksit ve diğer gazların yoğunluğunda meydana gelen artış sonucunda gazlar atmosferdeki ısıyı emerek doğrudan dünyaya yayarlar ve bu ısı yayımı sonucunda sera etkisi oluşur. Sera gazları sınıfında bulunan kloroflorokarbon küresel ısınmanın da başlıca sebepleri arasındadır. Küresel ısınmanın engellenmesi için sera etkisi yaratan gazlar içeren fosil yakıtların kullanımının azaltılması gerekmektedir. Bu fosil yakıtların kullanımını azaltmak için çevre dostu alternatif enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu olumsuzlukların yaşanmasını önlemek için birkaç ülkenin önlemler alması yeterli olmayacaktır tüm dünya devletlerinin fosil yakıt içerikli malzeme kullanımının önüne geçmesi gerekmektedir [16].

## 1.2. Çevre Dostu Yalıtım Malzemeleri

Isı yalıtım malzemeleri birçok farklı özellikler dikkate alınarak sınıflandırılabilir. Hammaddelere göre sınıflandırma yaptığımızda organik ve inorganik yalıtım malzemeleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Organik malzemeler hammadde yapısı değişmeden kalan çevre dostu malzemelerdir, inorganik malzemeler ise bazı özel işlemler sonucunda hammadde yapısı değiştirilen malzemelerdir. Kullanılan yalıtım malzemesine organik denilebilmesi için %25 oranından daha az miktarda katkı maddesi içermesi gerekmektedir.



Şekil 1. 6: Sentetik inorganik yalıtım malzemeleri



Şekil 1. 7: Doğal inorganik yalıtım malzemeleri



Şekil 1. 8: Sentetik organik yalıtım malzemeleri



**Şekil 1. 9:** Doğal organik yalıtım malzemeleri

### 1.2.1. Ahşap Yünü

Ahşap talaşının belirli bağlayıcılar kullanılarak yüksek sıcaklıklar altında preslenmesiyle şekillendirilip üretilen, yapı sektöründe heraklite olarak bilinen ahşap yünü yanmazlık özelliği ile inşaatlarda kullanılır.

- ✓ Heraklite ahşap yünü küf, nem ve pislığe neden olmaz, seslere oldukça dayanıklıdır.
- ✓ Temizlik gerektirmez.
- ✓ Yanmaz ve koku yapmaz.
- ✓ Kolay uygulanabilir.
- ✓ Yüksek kaliteli hammaddeler ve ileri üretim teknikleri ile üretilir.
- ✓ Yüksek ses yalıtımına ihtiyaç duyulan ses kayıt stüdyolarında, restaurantlarda, atış poliganları vb. yerlerde kullanılır.
- ✓ 0,09-0,15 W/mK ısı iletkenlik hesap değerlerine sahip olması nedeniyle ısı yalıtımında da iyidir.
- ✓ 0-110 °C arası kullanım sıcaklığı değerlerine sahiptir.
- ✓ Buhar geçirgenlikleri yüksektir.
- ✓ Çevre dostudur.



- ✓ Güneş ışınlarından fazla etkilenmez.
- ✓ Organik yapısı sebebiyle böcekler ve diğer organizmalar tarafından zarar görebilir.



**Şekil 1. 10:** Ahşap yünü [17]

### 1.2.2. Mantar Yalıtım Malzemeleri

- ✓ Kimyasal maddelere oldukça dayanıklıdır.
- ✓ Halojen ve eter yağlarına karşı direnci düşüktür.
- ✓ Yanıcıdır.
- ✓ Dökme mantarı nem çeker.
- ✓ Doğal yapısı nedeniyle böceklenmeye müsaittir.
- ✓ Genellikle soğuk hava tesislerinde, havalandırma kanallarında, alçak basınç kazanlarında zift emdirilerek preslenmiş ve şekillendirilmiş mantarlar kullanılır.



**Şekil 1. 11:** Mantar levha [18]



### 1.2.3. Selüloz Lifler

- ✓ Kağıt atıklarının hamur haline getirilip, bazı kimyasallarla karıştırıldıktan sonra yalıtılacak bölgelere uygulandığı bir üründür.
- ✓ Hamur haline getirilen kâğıtların içerisine katılan kimyasallar yanmayı geciktirir, bu kimyasalların en etkilisi borik asit ve alüminyum sülfattır.



Şekil 1. 12: Selüloz levha [19]

### 1.2.4. Kenevir

Kenevir uzun ve dayanıklı liflere sahip, yapı olarak sert ve tek yıllık çalimsı bir bitkidir. Hızlı büyüyen, yılda 3 sefer ürün verebilen, yenilenebilir bir doğal malzemedir.

Kolay işlenir ve gübrelemeye gerek duymaz. Düşük çevresel etkilere sahiptir. Kenevir ısı yalıtım kalıpları üretiminde kullanılır. Ayrıca ahşap bölümleri sıvıyı izole etmek amacıyla da kullanılır [2].

Kenevirin avantajları sıralanacak olursa;

- ✓ Anti bakteriyel bir yapıya sahiptir.
- ✓ Liflerinden yapılan kumaşlar sanayinin birçok alanında yaygın olarak kullanılır.
- ✓ Su geçirmez yapısı ile su izolasyonunda yaygın olarak kullanılır.
- ✓ Yanmaya karşı dayanıklıdır.
- ✓ Oksijen üretim miktarı diğer ağaçlara oranla oldukça yüksektir.
- ✓ Kağıt üretiminde oldukça başarılıdır.
- ✓ Kenevir tohumunun birçok sağlık sorununa fayda sağlayabilecek özellikleri vardır [11].



**Şekil 1. 13:** Kenevir [20]

#### **1.2.5. Koyun Yünü**

Koyun yünü yangın geciktirici özelliğe sahip, narin ve yumuşaktır. Ağırlığının %35'i oranında su ve nem tutabilme yeteneğine sahiptir. Delikli yapıya sahip olma özelliğinden dolayı ses yalıtımı için de oldukça uygun bir malzemedir.

Elastik bir yapıya sahiptir. Doğal yapısı sayesinde böceklenmeye müsaittir. Bor tuzları kullanılarak hazırlanmasıyla böceklenmenin önünü geçilebilir [21].



**Şekil 1. 14:** Koyun yünü [22]

### 1.2.6. Pamuk

Pamuk koyun yünü ile benzer özelliklere sahip yapı sektöründe doğrudan hammadde olarak kullanılmayan çok eski bir bitkidir. Koyun yününde olduğu gibi güvelenmeler olmaz. Az miktarda borat ile kullanımında yangından koruma da sağlanabilir. Kullanım sürecini tamamladıktan sonra tamamen geri dönüştürülebilir [23].



Şekil 1. 15: Pamuk

### 1.2.7. Saz

Genellikle su kenarlarında ve bataklıklarda yetişen saz, uzun yıllardır yapı materyali olarak kullanılır. İnce sazlar birbirlerine paralel olacak şekilde dizilip preslenerek çinko tellerle güçlendirilir. Bu bitkiler günümüzde konut yapılardan ziyade hayvan barınaklarında yaygın olarak kullanılır [2].



Şekil 1. 16: Saz [24]

### 1.2.8. Hindistan Cevizi Lifleri

Genel olarak ses yalıtımında yaygın olarak kullanılan hindistan cevizi lifleri nadir olarak ısı yalıtımında da kullanılır. Esnek ve sert yapısı nedeniyle çürümeye karşı dayanıklıdır. Antibakteriyel özelliğe sahiptir. Isıcam ya da lafeks eklenerek su yalıtımında da kullanılabilir [2].



Şekil 1. 17: Hindistan cevizi lifleri

## 1.3. Kompozit Yalıtım Malzemeleri

### 1.3.1. Kompozit Malzemeler Ve Özellikleri

Kompozit malzemeler iki ya da daha fazla malzemenin birleştirilerek daha iyi özelliklere sahip yeni bir malzeme üretilmesiyle elde edilirler. Oluşturulan kompozit malzemelerdeki bileşenler birbirleri içinde çözünmeye uğramadan tek bir malzemeymiş gibi hareket ederler [25].

Kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Kompozit malzemelerin olumlu özellikleri;

- ✓ Bileşenli yapılarından ötürü kolay şekillendirilebilir,
- ✓ Maliyetleri saf malzemelere nazaran düşüktür,
- ✓ Isıl genleşmeleri ayarlanabilir,
- ✓ Yorulma ve kırılma dayanımları yüksektir,
- ✓ Korozyon dirençleri yüksektir,
- ✓ Çoğu kimyasallara karşı yüksek direnç gösterirler,
- ✓ Darbe dayanımları yüksektir,
- ✓ Rijit özellik gösterirler,

- ✓ Termal iletkenlikleri iyidir,
- ✓ Mukavemet/ ağırlık oranı yüksektir,
- ✓ Estetik görünüme sahiptirler [26].

Kompozit malzemelerin olumsuz özellikleri;

- ✓ Kompozit malzeme üretim sürecinde oluşan hava kabarcıkları malzemenin yüzeyinde meydana gelen bozulmalar ile negatif etkilere sebep olur,
- ✓ Geri dönüşümleri zordur [27].

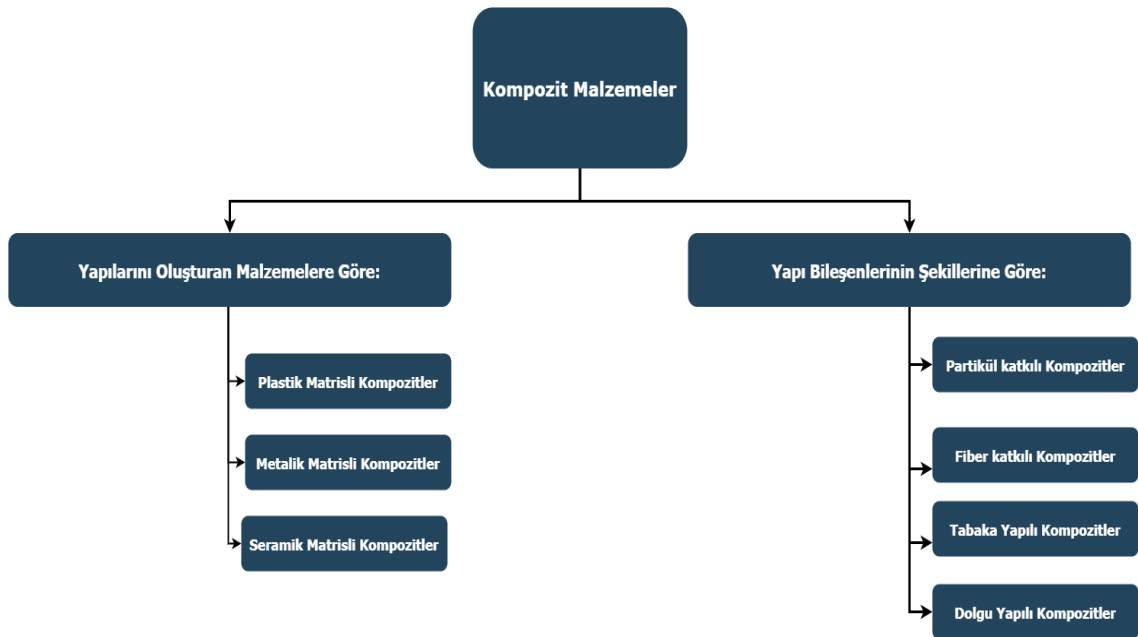
Kompozit malzemeler kullanım amaçlarına göre gerekli özellikler göz önünde bulundurularak dizayn edilir.

Kompozit malzemeler çevre koşulları, imalat yöntemleri, maliyet, hammadde özellikleri vb. gibi parametreler göz önünde bulundurularak tasarlanır. Kompozit malzemelerin raf ömürleri azdır [28].

### 1.3.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeleri, yapı bileşenlerine ve yapılarını oluşturan malzemelere göre iki ana başlık altında sınıflandırmak mümkündür.

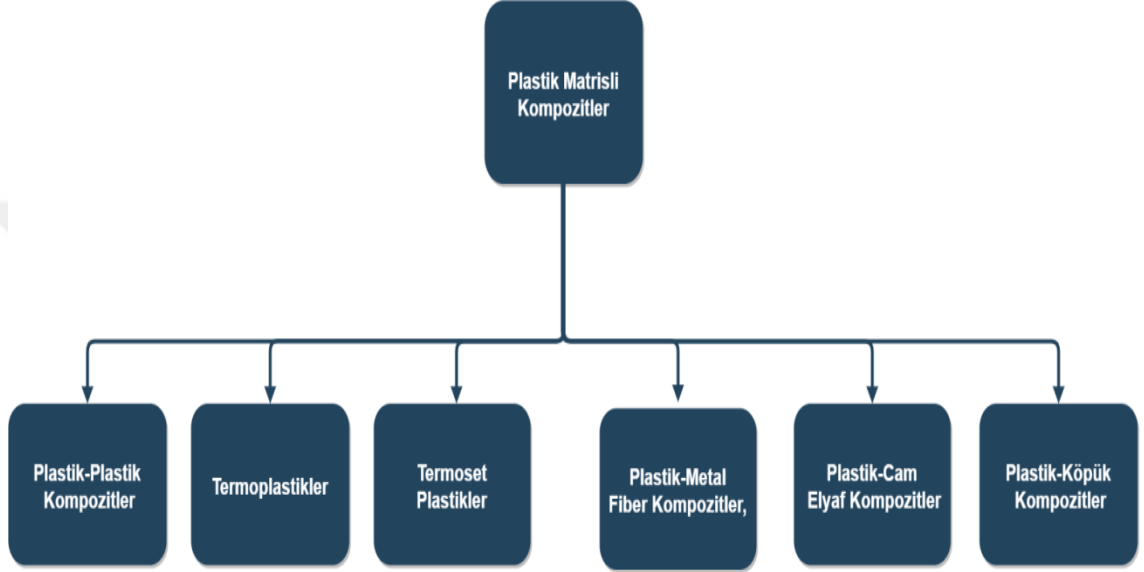
**Tablo 1. 2:** Kompozit malzemelerin sınıflandırılması



### 1.3.2.1. Yapılarını Oluşturan Malzemelere Göre Kompozit Malzemeler

#### 1.3.2.1.1. Plastik Matrisli Kompozitler

**Tablo 1. 3:** Plastik matrisli kompozitlerin sınıflandırılması



Plastik-Plastik Kompozitler: Plastiğin hem fiber hem de matris olarak kullanıldığı kompozit malzeme grubudur. Plastiğin fiber olarak kullanılması durumunda yük taşıma görevini üstlenir, matris olarak kullanılan plastik de darbe sönümleyici olarak görev alır. Kullanılan plastikler amaca uygun hizmet edecek şekilde seçilir.

Termoplastikler: Oda sıcaklığında katı halde bulunan, ısıya maruz kaldıklarında yumuşayıp viskoziteleri düşen, soğuduklarında sertleşen malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı kolay şekil verilebilir ve ucuzdurlar. Çekme dayanımları oldukça düşüktür bu sebeple çok tercih edilmezler. Oda sıcaklıklarında maruz kaldıkları kuvvet altında bile şekil değişikliklerine uğrayabilirler. Ergime sıcaklıkları düşüktür [29].

En çok kullanılan termoplastikler [30];

- ✓ Naylon
- ✓ Polietilen
- ✓ Karbonflorür
- ✓ Akrikler
- ✓ Selülozikler
- ✓ Viniller

Termoset Plastikler: İki farklı bileşenin karışmasıyla oluştukları ve yoğun çapraz bağlı yapılarından dolayı ısıtılıp şekil verildikten sonra mikro yapılarında değişiklikler meydana gelir. Meydana gelen bu değişiklikler sebebiyle soğutuldukları zaman eski hallerine dönmeleri mümkün değildir. Sıklıkla kullanılan termoset plastikler [31] ;

- ✓ Polyesterler
- ✓ Epoksiler
- ✓ Alkiter
- ✓ Aminler

Plastik-Metal Fiber Kompozitler: Endüstride sıkça karşılaştığımız metal fiber takviyeli plastik kompozitler mukavemeti yüksek ve hafif ürünlerdir. Bakır, alüminyum, çelik vb. metal fiber takviyeler ile polietilen gibi plastiklerin birleştirilmesiyle oluşturulan kompozit malzemelerdir [26,28].

Plastik-Cam Elyaf Kompozitler: Termosetler ve termoplastiklerin matris olarak, cam liflerinin fiber olarak kullanılmasıyla elde edilen uygun bileşimlerden oluşan bir üründür. Bu kompozitler büyük kuvvetleri iletirken, camın kırılğan yapısından dolayı dirençleri azdır [30].

Plastik-Köpük Kompozitler: Plastiklerin fiber olarak, köpüğün ise matris olarak görev yaptığı kompozit bileşenlerdir. Köpükler gözenekli yapıya sahip, yoğunluğu düşük, hücresel yapılarıyla doğal halde bulunabildikleri gibi yapay olarak da üretilmiş olabilirler. Köpüklerin sert, kırılğan ya da elastikliği hücre yapısına bağlıdır. Matris olarak kullanılan köpükler kullanılan plastik fiberlerin özelliklerine göre çeşitlendirilip farklı özelliklerde kompozitler üretilebilir [32].

### **1.3.2.1.2. Metal Matrisli Kompozitler**

Metal matrisli kompozit malzemeler üstün rijitlik göstermeleri, kayma ve basma dayanımlarındaki yükseklik ve sıcaklık dayanımlarından ötürü plastik matrisli kompozitlere kıyasla daha üstün özellikler sergilerler. Nem alma özellikleri yok denecek kadar azdır, kırılma tokluğu iyi, basma ve aşınma dayanımları yüksek malzemeler geliştirilebilir [33].

### **1.3.2.1.3. Seramik Matrisli Kompozitler**

Seramikler yüksek mukavemete sahip, rijit ama gevrek malzemelerdir. Seramik matrisli kompozitler malzemelerin tokluklarını arttırmak için geliştirilip üretilir. Böylece mukavemet ve rijitliğinden faydalanılarak gevrekliği azaltılabilir. Yüksek sıcaklıklara olan dayanımlarının yanı sıra oldukça iyi yalıtkanlık özelliği de sahiptirler [34].

## **1.3.2.2. Yapı Bileşenlerinin Şekillerine Göre Kompozit Malzemeler**

Kompozit malzemelerin yapı bileşenlerinin şekillerine göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

### **1.3.2.2.1. Partikül Katkılı Kompozitler**

Partikül esas kompozitler, bir veya iki boyutlu makroskobik partiküllerin veya boyutsuz olarak kabul edilen mikroskobik partiküllerin matris fazı ile oluşturdukları malzemelerdir. Metal, seramik ve polimerlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Metal partiküller sayesinde iletkenlikleri fazla, seramik sayesinde sertlikleri ve sıcaklık dayanımları iyidir. Yapının dayanımı kullanılan parçacıkların sertliğine bağlıdır [35].



#### **1.3.2.2.2. Fiber Katkılı Kompozitler**

Fiber katkılı kompozitlerin elde edilme sürecinde birçok özelliklerde artışa sebep olan, yüksek etkinliğe sahip lifler kullanılır. Fiber katkılı kompozitler mühendislikte çok yaygın olarak kullanılır. Bu kompozit malzemelerde fiberlerin şekli, uzunluğu, yönelişi, matrisin sahip olduğu mekanik özellikler ve matris-fiber ara yüzey özellikleri mühendislik performansı üzerinde etkilidir. Değişik tipte fiber kompozitlere tek yönlü pekiştirilmiş sürekli fiber kompozitler, rastgele yönlenmiş süreksiz fiber kompozitler, yönlendirilmiş süreksiz fiber kompozit ve örgü formunda fiberlerle pekiştirilmiş kompozitler örnek verilebilir [35].

#### **1.3.2.2.3. Tabaka Yapılı Kompozitler**

En eski ve en yaygın kullanım alanına sahip olan tabaka yapılı kompozit malzemeler farklı özelliklere sahip en az iki tabakanın birleşiminden oluşurlar. Üstün özelliklere sahip farklı tabakaların kullanılması ile çok yüksek mukavemetlere sahip malzemeler üretilebilir. Isıya ve neme oldukça dayanıklı malzemelerdir. Hafif yapıları ve yüksek dayanıklılıklarından ötürü kullanımları oldukça yaygındır [26,28].

#### **1.3.2.2.4. Dolgu Yapılı Kompozitler**

Dolgu yapılı kompozitler üç boyutlu sürekli bir matris malzemesinin üç boyutlu bir dolgu malzemesi ile doldurulması ya da emdirilmesi ile oluşturulan yeni bir malzemedir. Birbirleri içinde çözünüp kimyasal tepkimeler vermeyen bileşenler seçildiğinde en uygun özelliklere sahip kompozitlerin üretilmesi mümkündür.

#### **1.3.3. Yalıtımda Kullanılan Kompozit Malzemeler**

Kompozit yalıtım malzemelerinden bazıları şunlardır;

### 1.3.3.1. Cam Yünü

Yerli olarak temin edilen hammadde olarak silis kumu, kireç taşı rafine boraks ve sodyum sülfatın 1200°C – 1250 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesiyle elde edilir. Üretilen malzemelerin yoğunlukları 13-100 kg/m<sup>3</sup> arasında değişebilmektedir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklere göre üretilebilirler. Isı ve ses yalıtımında kullanıldığı gibi yangın güvenliğinde de kullanılır. Yüksek sıcaklık ve nem oranlarında bile boyut değişimi yaşamazlar. Zamanla bozulmalara uğramaz, çürümez, küflenmez, korozyona uğramazlar. Böceklenme olmaz. Kullanım sıcaklığı -50 / +250 °C aralığındadır. Açık hücreli bir yapıya sahiptirler [36]. Çatı kirişlerinde, eğimli ve düz çatılarda, havalandırılmalı duvar ve çift duvar arası boşluklarda ve asma kat döşemelerinde kullanılırlar. Yaygın olarak şilte şeklinde kullanılmasının yanı sıra sprey olarak da uygulanabilir [37].



**Şekil 1. 18:** Şilte halinde cam yünü [38]

### 1.3.3.2. Taş Yünü

Yerli olarak temin edilen hammadde olarak bazalt taşının 1350°C-1400°C gibi çok yüksek sıcaklıklarda ergitilip santrifüjlerde elde edilen liflerin bakalit ile yapıştırılmasıyla oluşturulur. Uygulama sıcaklığı -50/+750 °C aralığındadır.

Cam yününe oranla daha az esnek bir yapıya sahiptir. Dolgu malzemesi olarak da kullanımı mümkündür. Basınç dayanımı gerektiren demiryollarında ve yol yapımında kullanılmaktadır. Çürüme, küflenme, böceklenme ve UV ışınlarına karşı dayanıklıdır.

Endüstriyel uygulamalar için iyi bir yalıttır. Isı iletkenlik değerleri 0,035-0,050 W/(mK), su buharı direnç katsayısı 1, hacimce su emme değerleri ise %2,5 - %10 aralığında değişmektedir [39].



**Şekil 1. 19:** Şilte halinde taş yünü [40]

### **1.3.3.3. Poliüretan Köpük**

Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde iki ayrı kimyasal bileşenin bir araya getirilmesiyle oluşan, boru ve levha olarak üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Poliüretanlar açık gözenekli elastik ve kapalı gözenekli gevrek yapılar olmak üzere iki çeşittir. Poliüretan köpüğünün yoğunluğu 30-200 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Poliüretan köpük hafif asitlere, alkaline, petrol ürünlerine ve deniz suyuna oldukça dayanıklıdır.

Poliüretan köpükler salt yalıtım malzemesi olarak diğer yalıtım malzemelerine oranla çok ucuz olmasalar bile hazır prefabrik elemanlar olarak işçilikten ve zamandan fayda sağlarlar [41].



**Şekil 1. 20:** Poliüretan köpük [37]

#### **1.3.3.4. Genleştirilmiş Polistiren (EPS)**

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilir. Isı iletkenliği 0,034 kcal/mh°C 'dir. -1800 °C ile 85°C sıcaklık dayanımına sahiptir. Yoğunluğu 10-30 kg/m 'dir. Yoğunluğu arttıkça basınç dayanımı da artar. Solvent bazlı malzemelere ve tinerlere karşı dayanımları düşüktür. Dış cephe montalama ve iç cephe yalıtımlarında, yerden ısıtma sistemlerinin yalıtılmasında, çatılarda, asma tavanlarda, ambalajlarda ve boru yalıtımlarında dolgu malzemesi olarak kullanılırlar.



**Şekil 1. 21:** EPS [42]

#### **1.3.3.5. Ekstrüzyonla Üretilen Polistiren (XPS)**

Homojen hücresel bir yapıya sahip, hammaddesi polistiren olan, bir şişirme ajanı yardımı ile sabit basınç altında üretilip ısı yalıtımı yapmak amacıyla kullanılan köpük malzemelerdir.

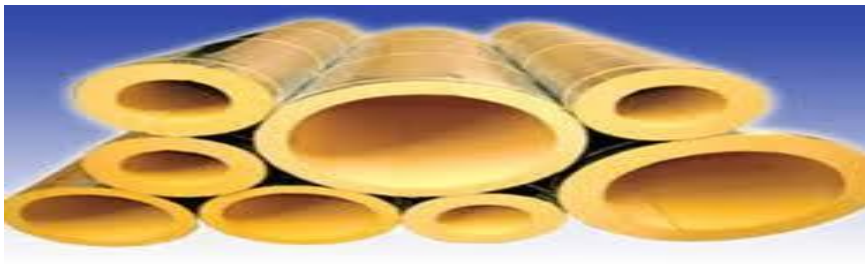
Isı iletkenliği 0.030 ve 0,040 W/ mK, sınır sıcaklıkları -50 °C ile +80 °C, yoğunluğu 25-50 kg/m<sup>3</sup> olan B1 yangın sınıfına sahip genellikle çatı katlarında ve tavanlarda kullanılan bir yalıtım malzemesidir.



**Şekil 1. 22:** XPS [42]

### 1.3.3.6. Fenol köpüğu

Şişirilip sertleştirilen fenol-formaldehit ile elde edilir. Sert, kırılğan, sürtünme ile yüzeyi tozlaşan, açık ya da kapalı gözenekli malzemelerdir. Hem levha hem de boru şeklinde üretilebilir. Diğer termoplastik köpük malzemelere nazaran basınç dayanımı daha azdır ancak yüksek sıcaklıklara dayanımı daha iyidir. Fiyatı EPS'ye oranla daha ucuzdur. 0,04 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine, -180/ +120 °C kullanım sıcaklığına, B1 yanma sınıfına, 35-120 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa, 120-150 kPa mekanik dayanıma sahip, tesisat yalıtımında kullanılan bir malzemedir.



**Şekil 1. 23:** Fenol köpüğu [43]

**Tablo 1. 4:** Isı yalıtım malzemeleri ürün standartları [43]

Camyünü	TS 901 EN 13162
Taşyünü	TS 901 EN 13162
EPS	TS 7316 EN 13163
EPS	TS 11989 EN 13164
Poliüretan	TS EN 13165
Fenol Köpüğü	TS EN 13166
Cam Köpüğü	TS EN 13167
Ahşap Lifli Levhalar	TS EN 13168
Genleştirilmiş Perlit	TS EN 13169
Genleştirilmiş Mantar	TS EN 13170
Ahşap Yünü Levha	TS EN 13171

#### 1.4. Bağlayıcılar ve Su Bağlayıcılar

Bağlayıcılar, taş ve tuğla kırıkları, çakıl ve kum gibi dolgu maddelerini birbirine bağlamak suretiyle yapay taş oluşumuna imkân veren malzemelerdir. İnce toz halinde olan bu dolgu malzemeler su eklenerek hamur hale getirilir ve plastikliğini kaybederek sertleşir, bu olaya priz denir. Priz kristalleşme özelliği ile fiziksel, moleküler yapısına hidrat suyu alması ile kimyasal özellik gösterir yani fizikokimyasal bir olaydır. Bağlayıcılarda olması istenilen temel özellikler işlenebilirlik, priz yapabilme yeteneği, yüksek dayanım ve durabilitedir.

İşlenebilirlikten kasıt harcın priz yapmadan önceki taze hali için geçerli olan kolay karıştırılabilir olması, karışırken ve taşınırken ayrışmaya uğramaması, homojen yapısını koruyabilmesidir. Priz süresinin uzun olmaması üretim için oldukça önemli bir ölçüttür. Prizden taşıyıcılık ve benzeri durumlarda mukavemeti sağlanması beklenip, bu dayanıma kısa sürede ulaşması beklenir. Prizi tamamlanmış bir harç hava, su ve çevresel etkilerle donma-çözülme, kimyasallara maruz kalma gibi reaksiyonlara direnç göstermelidir [44].

Bağlayıcı malzemeleri fiziksel durumlarına göre iki grupta toplamak mümkündür.

Bunlar;

- Toz bağlayıcı maddeler (kireç, alçı, çimento vb.)
- Sıvı bağlayıcı maddeler (yol yapımında kullanılan bitüm gibi hidrokarbonlu bağlayıcılar)

Bağlayıcı malzemeleri priz olayının oluşum şartlarına göre de iki grupta toplayabiliriz.

Bunlar;

- Hava bağlayıcılar (Hidrolik olmayan bağlayıcılar)
- Su bağlayıcılar (Hidrolik bağlayıcılar)

#### **1.4.1. Su Bağlayıcılar**

Havada ve suda priz yapma özelliği gösteren, suda erimeyen bağlayıcılardır. Hidrolik bağlayıcılar olarak da adlandırılabilir. Su bağlayıcılara çimento, su kireci ve alçı örnek verilebilir.

##### **1.4.1.1. Çimento**

Çimento; kireç, silisli kum ve kilin belli oranlarda karıştırılıp toz hale getirilip daha sonra su ile birleştirildiğinde plastik özellik gösterip, hidrasyon reaksiyonu ile de zaman içinde sertleşerek dayanım kazanan hidrolik bir yapay bağlayıcı malzemedir.

Çimento üretiminde yaklaşık %70 oranında kalker, %30 oranında kil karıştırılarak 1400 °C sıcaklıkta pişirilir.

Meydana gelebilecek erken katılaşmayı önlemek için %2 ila %6 oranında alçı taşı üretim prosesine katılır. Çimento, genellikle toz ve kuru halde bulunur. Bu haliyle mekanik direnci oldukça düşüktür. Çeşitli agregata ve su ile karıştırıldığında plastik bir hal alır ve bir süre sonra plastik özelliğini kaybederek sertleşir. Sertleşme işlemi gerçekleşikten sonra tekrar su eklenmesiyle eski plastik hale dönmesi mümkün değildir. Sertleşme evresini tamamlayan çimento taşlaşır. Çimento beton ve harçlarda bağlayıcı görevini üstlendiği gibi karo, briket, yapay taş ve blokların yapımında da kullanılır [45].





**Şekil 1. 24:** Çimento

#### **1.4.1.2. Alçı**

Alçı; harç ve sıva olarak eski zamanlardan günümüze kadar yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Bağlayıcı malzeme olarak ilk kullanım örneklerine Mısır'da rastlanmıştır. Alçı, yarı hidrat, çözülen ve çözülmeyen kalsiyum sülfat gibi kalsiyum sülfat çeşitlerinin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Pratikte alçı taşının uygun sıcaklık altında ısıtılıp öğütülmesi ile üretilir. Alçı su ile karşılaştıktan 2-7 dk sonra katılaşmaya başlar ve yaklaşık 30 dakika sonrasında tamamen katı bir hal alır. Alçının çekme ve basma mukavemeti zamanla oluşur.

Alçıya fazla su eklenmesi dayanımını azaltır. Tek başına dekorasyon ve onarım işlerinde kullanılabilir. İçerisine katılan lifli malzemeler ile çekme dayanımı arttırılabilir. Alçılar iyi bir ses yalıtım malzemeleridirler ve asitlerden etkilenmezler.

Isı yalıtım özelliğinin iyi olması onları mükemmel bir yangın koruyucu yapar. İşçilikleri kolaydır ve düzgün yüzey oluştururlar. Üretimde az enerji tüketimi gerektirirler.

Alçılar demir ve çeliğin korozyona uğramasına sebebiyet verebilirler. Günümüzde prefabrik yapı elemanları üretiminde, çimento üretiminde, seramik üretiminde, ısı ve ses yalıtımında yaygın olarak kullanılırlar [46].





**Şekil 1. 25:** Alçı [47]

#### **1.4.1.3. Su Kireci (Hidrolik Kireç)**

Su kireci, yapısında %10'dan daha fazla kil oranına sahip killi kalkerlerin sinterleme sınırının altında kızdırılmasıyla oluşturulur. Bu kızdırma işlemi sırasında oluşan sönmemiş kireç alümin ve silisle birleşir. Su ile işleme tabi tutularak toz haline getirilir, öğütülemez. Kireci suda söndürerek toz hale getirebilmek için yapısında en az %10 oranında CaO olması gerekir.

Bu şekilde elde edilen kireç su içinde erimeden katılaşır sertleşebilir. Bu sayede su içindeki yapılarda kolaylıkla kullanılabilir. Su buhar geçirgenliği yüksek, nefes alma özelliğine imkân sağlayan hidrolik kirecin ana kullanımı horasan harcı imalatıdır.

Çimento kullanılmayan harçlarda bağlayıcı malzeme olarak kullanımı yaygındır. Genel olarak nefes alma özelliği sebebiyle tarihi binaların restorasyon çalışmalarında kullanılır [48].



**Şekil 1. 26:** Hidrolik kireç bağlayıcı kullanılarak restore edilmiş tarihi bir yapı

### **1.5. Atık Kâğıt Değerlendirme**

Hayatımız boyunca sayısız ürün alıp tüketiyor ve tükettiğimiz ürün kadar da atık üretiyoruz. Atık miktarında meydana gelen artış zararlı içerikleri nedeniyle çevreye zarar verip insan sağlığını tehdit etmektedir [49].

Atıklar; üretim, tüketim, fiziksel ve kimyasal özellikler gibi birçok etkene göre sınıflandırılabilir. Genel olarak atıkları katı, sıvı, gaz ve ambalaj atıkları şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Katı atıklar; üretici tarafından istenmeyen, insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilememesi için doğru ve düzenli şekilde değerlendirilmesi gereken katı maddeleri ifade eder. Sınıfı ne olursa olsun atık; kullanılabilirliğini yitiren ve bunun sonucunda kullanıcılar için mali değeri olmayan maddelerdir [50].

Yetersiz temizlik ve doğru uygulanamayan atık yönetimi çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi sorunlara zemin hazırlayabilir [51].

Katı atıkların içeriklerinde bulunan hastalık yapıcı ve bulaştırıcı maddelerle doğrudan, sinek, fare vb. gibi hayvanların yaşam alanını oluşturması sebebiyle de dolaylı olarak insan ve çevre sağlığı üzerinde sorunlar yaratabilir [52].

Çevreye sorumsuzca bırakılan atıklar canlılara fiziksel zararlar da verebilir. Tüm bu olumsuzluklar yeniden değerlendirilebilme olanağı olan atıkların çeşitli işlemlerden geçirilerek üretim sürecine yeniden dâhil edilmesi için uygulanabilecek bir yöntem olan geri dönüşüme önem kazandırmıştır. Atık değerlendirme yöntemi olan geri dönüşümün amacı kaynakların hızla tüketilmesini önlemek ve atık çöp miktarındaki artışı durdurmaktır. Çöp olarak gördüğümüz cam, kağıt, plastik gibi maddeler dönüştürülüp tekrar kullanılabilir, bu da ülke ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Bunlara ek olarak ülkedeki katı atıkların depo ve taşıma sorununda önüne geçilebilir [53]. Değerlendirilebilir atıklar etrafındaki çöplerden ayrıştırılarak biriktirilir ve türlerine göre sınıflandırılır. Her atık kendi sınıfındakilerle birlikte değerlendirilir. Değerlendirme aşamasında fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirerek yeni bir malzeme oluşturulur. Oluşturulan bu yeni ürün ekonomiye geri döner [50]. Değerlendirilebilir atıklara cam, kâğıt, alüminyum, plastik, beton, demir, metal, ahşap, kimyasal atıklar, tekstil atıkları, organik atıklar vb. örnek olarak verilebilir. Değerlendirilebilir atıklardan biri olan kağıdın hammaddesi ormandır. Orman varlığında meydana gelen azalış, çevre baskısı ve toplumlarda oluşan çevre duyarlılığının giderek artması ve en önemlisi maliyet etkisi atık kağıtların kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Kağıdın hammaddesi olan selüloz özelliklerini koruyabildiği için yeniden kullanım bakımından oldukça uygundur [54]. Kimyasal, yarı kimyasal ve mekanik yöntemler kullanılarak farklı amaçlara hizmet edebilecek, çeşitli kalite sınıflarında yüzlerce kağıt üretilebilir [55]. Geri dönüşüm yapılacak atık kağıtların ilk adımda uygun sınıflara ayrıştırılması ve temizlenme işlemlerinin yapılması gerekir. Ayrıştırma işlemi yapılmadan bir araya getirilen atık kağıtlardan üretilen yeni üründe kalite ve verim kaybı yaşanabilir [56].

Orman kökenli endüstriye karşı yaşanan talep artışıyla birlikte odun kullanımında meydana gelen artış ağaç sayılarını azaltmıştır. Hammadde temininde yaşanan azalmalarda arz talep dengesini olumsuz etkilemiştir. Bu dengesizlik endüstride istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle alternatif lif kaynaklı kompozitler endüstri için oldukça önem kazanmıştır [57]. Ülkemizde toplam kâğıt tüketimi yaklaşık 6,3 milyon ton civarındadır.

Kullanılmış kâğıtlardan geri kazanılan liflerin endüstride yeniden kullanılması yüksek maliyetli hammadde temininin önüne geçecek ve bir çok pahalı işlemin tekrarlanmasını engelleyecektir [28]

## 1.6. Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanılabilen Biyolojik Atıklar

Binalardaki yaşam döngüsü temelli enerji talebinin azaltılması için yüksek performanslı yalıtım malzemelerin kullanılması, işletme enerjisinin azaltılması gereklidir. Yalıtım malzemeleri binalarda enerji verimliliğini artırmada önemli bir rol oynadığından, birçok çalışmada düşük çevresel etkiye sahip malzemeler geliştirilmeye başlanmıştır [58]. Bunlar arasında ilk sıralarda bitki sapsarı, yaprakları, kökleri, meyveleri ve tohumlarından elde edilen çevre dostu olarak en umut verici özelliğe sahip doğal lifler vardır [59]. Anız, ayçiçeği sapı, tekstil, ahşap talaş, kauçuk, kâğıt, zeytin çekirdeği ve PVC atıkları, mısır koçanı, hurma ağacı lifi, fındık kabuğu, çam kozalağı, soğan kabuğu, yer fıstığı kabuğu, atık pamuk sapsarı, atık hindistancevizi lifleri, şeker kamışı atığı vb. biyo bazlı atıklardan yalnızca birkaçıdır [60]. Tarımsal atıklar, dünya çapında yaygın olarak üretilmektedirler. İşletme enerjisinin ve üretimindeki çevresel etkilerin azaltılabilmesi yönüyle ısı yalıtımında kullanım için uygun olan en ilginç yenilenebilir malzemeler arasındadırlar [61].

## 1.7. Fındık Kabuğu

Fındık, Karadeniz Bölgesi'nin iklim şartlarına uygun olarak yetişen, kış aylarında çiçeklenen tek yıllık bir bitkidir.

Ağustos ayında olgunlaşan fındıklar toplanıp kurutularak Eylül ve Ekim aylarında genellikle kabuksuz olarak satışa çıkarılır. Üretimden çıkan kabukların çoğu yakacak olarak kullanıldığı gibi küçük bir kısmı da öğütülüp un haline getirilerek çikolata gibi bazı gıdalarda katkı malzemesi olarak kullanılır. Fındık kabuklarından kontralit yapılır ve boya sanayiinde kullanılabilir. Fındık kabuğu ayrıca beton sağlamlığını artırmak ve ısı yalıtımı sağlamak içinde kullanılabilir. Günümüzde halen fındık kabuğu yeterince değerlendirilememektedir. Fındık kabuklarından maksimum fayda sağlamak amacıyla daha fazla çalışmalar yapılmalıdır [62]. Fındık kabuğunun özellikleri Tablo 1. 5' deki gibidir.

**Tablo 1. 5:** Fındık kabuğunun özellikleri [63]

Nem	8,96
Elementel Analiz	
Karbon	51
Hidrojen	4,3
Azot	0
Kükürt	0
Oksijen	43
Kısa Analiz	
Uçucu Madde	73,5
Sabit Karbon	24,7
Kül	3,88
Alt Isıl Değer (MJ/kg)	21,13



**Şekil 1. 27:** Fındık kabuğu

### **1.8. Çam Kozalağı**

Kozalaklar, iğne yapraklı ağaçların tohumlarını içinde bulunduran organlardır. Ait oldukları ağaçların türlerine göre şekilleri ve makro yapıları değişiklik göstermesine rağmen iç yapıları hemen hemen aynıdır. Genel olarak odunsu bir malzemeden oluşurlar.

Odun, ağaç ve çalılıkların gövde ve köklerini oluşturan lifli ve sert bir yapıya sahip olan malzemedir. Doğada bol miktarda bulunur. Ucuz ve selülozik bir malzemedir.

Termoplastik esaslı kompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılabilirdiği gibi mekanik özelliklerinin iyi olmasından dolayı dolgu maddesi olarak da kullanılabilir.



**Şekil 1. 28:** Kozalak

### **1.9. Yün Lifi**

Yün liflerinin teknik amaçlarla kullanılması eski Mısırlılardan başlayıp günümüze kadar devam etmektedir. Yün lifleri teknik uygulamalarda kullanılan en önemli doğal lifler arasında pamuktan sonra ikinci sıradadır. Yün lifleri protein yapıda olup keratinden oluşmaktadır. Yün lifleri diğer liflerden daha çeşitli moleküller arası çekime sahiptir. Yün doğal ortamlarda geliştiği için bakteri ve mantarlara karşı güçlü bir mekanizmaya sahiptir, bu özelliği sayesinde teknik uygulamalarda kullanılan yün liflerinde bakteri ve mantarların üreme olanağı azdır. Yünün kutikula tabakası mikropların life tutulmasını engellemektedir. Yün lifleri hidrofobik özelliklere sahiptirler.

Yün yapısında yüksek oranda azot ve nem içeriği bulundurması nedeniyle geç tutuşurluk özelliğine sahiptir. Yüksek tutuşma sıcaklığına sahip olması sebebiyle olası bir yanma durumunda ortamda en son tutuşan ürün olma özelliği gösterir. Yanma esnasında daha kolay tutuşabilir olan erime ve damlama ürünleri oluşturmazlar. Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve elektrik yalıtımı uygulamalarında kullanılmak amacıyla seçilen lif ve malzemelerin doku yapısı oldukça önemlidir.

Yün yüzyıllardır doğal sıcaklığı koruma özelliğinden faydalanmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özelliği sayesinde sıcaklık değişimlerini azaltarak ısıtma ve soğutma enerjilerinden tasarruf sağlamaktadır. Yün lifleri sahip oldukları eşsiz özelliklerin yanı sıra aynı zamanda yüksek terbiye teknikleri ve teknolojileri ile

kendilerinden istenilen özellikleri sağlayabilmeleri açısından oldukça ilgi çekici durumdadırlar.



**Şekil 1. 29:** Koyunyünü [64]

### **1.10. Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri**

Yalıtımın amacı ısı iletiminin azaltılması veya kontrol altına alınması, binadaki iç ve dış ortam şartlarından oluşabilecek çeşitli sorunların engellenmesidir. Yalıtım malzemelerinin bu sorunlara cevap verebilmesi için istenen özelliklere sahip olması gerekir. Optimum yalıtım şartlarının sağlanması için yalıtım malzemelerinden istenen özellikler alt başlıklar halinde açıklanmıştır [65].

#### **1.10.1. Düşük Isı İletim Katsayısı**

Bir maddenin bir metre uzaklığındaki bir noktasının sıcaklığını, 1 K artırmak için gerekli olan güç değeri ısı iletim katsayısı olarak tanımlanır. Isı iletim kat sayısı ne kadar düşükse yalıtım malzemesi o kadar iyi olur. TS 825 standardında tanımlı bazı malzemelerin ısı iletim değerleri Tablo 1.6'da verilmiştir.



**Tablo 1. 6:** Bazı malzemelerin ısı iletim değerleri [14]

Malzeme	Isı iletim değeri
Metaller	35,00 - 384,000 [W/(mK)]
Donatılı Beton	2,20 - 2,500 [W/(mK)]
Donatısız Beton	1,65 - 2,100 [W/(mK)]
Tuğla	0,19 - 1,400 [W/(mK)]
Gaz beton	0,11 - 0,290 [W/(mK)]
EPS, XPS gibi ısı yalıtım malzemeleri	0,02 - 0,045 [W/(mK)]

### 1.10.2. Malzemenin yoğunluğu

Bir maddenin birim hacimdeki kütlesi yoğunluk terimi ile ifade edilir. Yalıtım malzemesinin yoğunluğu malzemenin mekanik dayanım ve stabilitesine bağlıdır. Malzeme seçimi yapılırken en uygun dayanım ve mukavemeti gösteren yoğunluktaki malzeme tercih edilmelidir.

### 1.10.3. Boyutsal kararlılık

Sıcaklık farkı malzemeler üzerinde termal gerilmelere sebebiyet verir. Bunun neticesinde sıcaklık ya da basınç etkisiyle malzemeler şekil değişimine uğrayabilir. Bu istenmeyen bir durumdur [66].

### 1.10.4. Mekanik dayanım

Yalıtımda kullanılacak malzeme birlikte kullanılacağı yapı elemanından kaynaklanacak basma, çekme veya eğilme deformasyonlarına ya da meydana gelebilecek şekil değişimlerine karşı koyabilecek mekanik dayanıma sahip olmalıdır.

Genelde ısı yalıtım malzemeleri mekanik dayanım açısından zayıftırlar bu sebeple koruyucu bir sac levha ile üzerleri örtülerek kullanılırlar.



### 1.10.5. Buhar difüzyonuna karşı dirençli olması

Bina iç cephelerinde oluşan su buharı gözenekli yapıya sahip elemanların gözeneklerinden geçip dış ortama ulaşmaya çalışır ve bu sırada doyma sıcaklığı ya da altındaki sıcaklıktaki yüzeylere temas ederek yoğuşup su haline gelir. Bu durum yapı elemanlarında küflenmelere ve kabarmalara sebep olur. Bu fiziksel ve kimyasal etkiler yapıyı ve sağlığımızı olumsuz etkiler. Yalıtım malzemesi seçiminde buhar difüzyon direnci yüksek malzemeler seçilmelidir.

### 1.10.6. Kimyasal etkilere karşı dayanım

Yalıtım malzemeleri geniş çeşitliliğe sahip malzemelerden üretilmekte ve farklı ortam şartları altında kullanılmaktadırlar. Kullanım ortamlarındaki çeşitlilik sebebiyle malzemeler üzerinde bozunmalara sebep verecek her türlü kimyasal etkilere karşı dayanıklı olmaları gerekmektedir [67].

### 1.10.7. Sıcaklık dayanımı

Yalıtımda kullanılacak malzemelerin maruz kalacağı sıcaklık değerlerinin önceden belirlenmesi gereklidir. Her malzemenin karakteristik özellikleri üzerinde bozunmaların meydana geleceği sıcaklık değerleri vardır. Malzeme seçiminde sıcaklık dayanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı malzemelerin kullanım sıcaklıkları Tablo 1.7’de verilmiştir.

**Tablo 1. 7:** Bazı malzemelerin maksimum kullanım sıcaklığı

Malzeme	Maksimum kullanım sıcaklığı
Seramik yünü	1800 [°C]
Taş yünü	750 [°C]
Cam köpüğü	430 [°C]
Poliüretan	110 [°C]
EPS	75-80 [°C]
XPS	75-80 [°C]

#### **1.10.8. Yanmazlık**

Yalıtım malzemesinin ısı dayanımı çalışma sıcaklığının altında olmamalı ve yanmama özelliğine sahip olması gereklidir. Yanıcı malzemelerle mantolama yapmaktan kaçınılmalı ve malzemeler yangın yönetmeliğine uygun olmalıdır [10].

#### **1.10.9. Kolay işlenebilirlik**

Yalıtım malzemeleri uygulanırken kesme, delme, oyma gibi bir takım işlemlere maruz kalacaktır. Bu işlemlerin ihtiyaç duyulduğu durumlarda rahatça yapılabilmesi gerekir. Zorluk yaşanması işçilik masraflarında artışa sebep olacaktır.

#### **1.10.10. Sıva tutuculuk**

Yalıtım malzemelerini uygulama alanlarındaki çeşitlilik sebebiyle maruz kaldıkları mekanik etkilerden korunmak için üzerlerine sıva gibi ek malzemeler takviye edilir. Yalıtım malzemelerinin bu koruyucu malzemelere uyum sağlayabilir olmaları gereklidir.

#### **1.10.11. Çürümeye karşı dayanım**

Yalıtım malzemeleri yıpranma ve çürüme gibi fiziksel ya da kimyasal çözünmelere karşı dayanıklı olmalıdır. Böylece yalıtımda süreklilik sağlanabilir ve yeni malzeme masraflarının önüne geçilebilir.

#### **1.10.12. Parazitlere karşı dayanıklı**

Yalıtım malzemeleri kendi iç yapısında ve kullanıldığı alandaki malzemelerin performansında olumsuz etkilere sebep olacağı için meydana gelebilecek her türlü böceklenmeye karşı dayanıklı olmalıdır.

### **1.10.13. Uzun ömürlü olması**

Binalarda kullanılan yalıtımın etkisi binanın kullanım ömrünü etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Yalıtım malzemesinin uzun ömürlü olması enerji tasarrufunun ve sağlıklı binaların devamlılığını sağlamak için oldukça önemlidir.

### **1.10.14. Koku vermemeli**

Konfor şartlarının bozulmasına sebebiyet vereceği ve insan sağlığını olumsuz etkileyebileceği için yalıtım malzemelerini kokusuz olması gereklidir.

### **1.10.15. Ekonomik olması**

Yalıtımın temel hedefi olan enerji tüketiminin azaltılması dolaylı olarak bütçemizde katkı sağlamaktadır. Binaların ilk yalıtım maliyetleri arasında sayılan yalıtım malzemelerinin fiyatı toplam maliyeti doğrudan etkilemektedir. Yalıtım malzemelerinin fazla maliyetli olmaması için kullanım amacına uygun kalınlıkta malzeme seçimi yapılmalıdır.

### **1.10.16. İnsan sağlığı için tehlike oluşturmamalı**

Yalıtım malzemeleri olası bir yangın sonucu ortama zehirli gazlar salmamalı, uygulama esnasında çalışanlara fiziksel ya da kimyasal nedenlerden dolayı zarar vermemelidir. İç yapıları alerjen ve kanserojen maddeler içermemelidir [68].

## **1.11. Literatür Araştırması**

Frydrych ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları çalışmada doğal ve yapay liflerden yapılmış kumaşların termal yalıtım özelliklerini kıyaslamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda tenceipliğinden yapılan yapay kumaşların pamuk ipliğinden yapılan

kumaşlarla kıyaslandığında daha düşük termal iletkenliğe ve yüksek difüzyona sahip olduğu gözlemlenmiştir [69].

Asdrubali 2006 yılında yapılarda yeşil ve yenilenebilir maddelerin ses yalıtımında kullanılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında 50 mm kalınlığındaki 28 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğundaki selüloz ürününün farklı frekanslarda ses yutum özelliklerini incelemiş ve elde ettiği değerleri cam yünü ve polistiren ile kıyaslamıştır. Sentetik yalıtım malzemelerinin yerine selülozdan yapılan yalıtım malzemelerinin kullanımının ses yalıtımında daha iyi sonuçlar verdiği, cam ve taş yününe iyi bir alternatif olabileceği sonucuna ulaşmıştır [70].

Batar ve arkadaşları 2009 yılında yaptığı çalışmalarında; atık kâğıt, atık bor ve perlit kullanarak sıva malzemesi yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucu en iyi karışım oranında üretilen malzemenin ısı iletkenlik değerini 0,17 W/m<sup>2</sup>K ve mukavemet değerini 61,44 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulmuşlardır. Bu değerler diğer malzemeler ile karşılaştırıldığında ısı geçirgenlik değerinde %26, mukavemet değerinde %31 oranında iyileşme sağladığını belirtmişlerdir. Bu çalışmayla atık malzemeleri değerlendirerek çevre dostu bir sıva malzemesi geliştirilmişlerdir [19].

Kozak 2010 yılında yazmış olduğu bilimsel ve teknik nota pamuk atıklarının keçeleştirilerek düz ve eğik sathlar ile hava akımını engelleyecek yerlerde tercih edilen organik temelli yalıtım malzeme üretiminde kullanıldığını belirtmiştir. Sıcak su geçen boruların izolasyonunda kullanılan halat ve hortum şeklindeki organik yalıtım malzemeleri yapımında pamuk ve jüt atıklarının kullanıldığını vurgulamıştır [71].

Zhou ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları çalışmalarda pamuk sapı ve reçine kullanarak çevre dostu ısı yalıtım malzemesi üretmeyi hedeflemişlerdir.

Yaptıkları çalışmalar sonucunda pamuk sapı lifinden üretilen yalıtım malzemesinin diğer yalıtım malzemelerine oranla daha iyi sonuçlar vererek iyi bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir [72].

Karabiyik 2010 yılında yaptığı bir çalışmasında yalıtımın, yalıtımın uygulanacağı arsanın seçiminden başlayıp, yapının tasarımı, yapımı ve kullanım aşamalarını da kapsayan bir proseste gerçekleştiğine dikkat çekmiştir [73].

Cristel ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları çalışmalarında tarım atıklarından elde edilen bitkisel lifleri çimento kompozitler ile takviye etmişlerdir. Çalışma sonucunda bitkisel lif kullanımı üretilen kompozitin termal iletkenliğini olumsuz etkilediği ve mekanik dayanımını arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca lif kullanımındaki artışa bağlı olarak kompozitlerin ağırlığının da azaldığını vurgulamışlardır [74].

Raju ve Kumarappa 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada yer fıstığını kimyasal reaksiyona tabi tutarak biyolojik içerikli kompozit malzeme yapmışlardır. 7:3 ve 6:4 hacim oranlarında değişik tanecik boyutuna sahip yer fıstığı kabuğu ve epoksi reçine kullanılarak kompozit malzemeler hazırlanmıştır. 6:4 oranına sahip yarım milimetre boyutlu kompozit malzeme maksimum gerilme, eğilme ve darbe dayanımı göstererek amaca hizmet etmiştir. Kompozit malzemede kullanılan epoksi miktarı artırıldığında su emmesinin indirgediği görülmüştür [27].

Monika ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmada doğal fiberler kullanarak ürettikleri kompozit malzemelerin ısı iletim katsayılarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda söz konusu kompozitlerin yapay liflerle üretilenlere kıyasla daha düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğunu ve bu sayede daha ekonomik, çevre dostu ve daha iyi mekanik özellikler gösteren malzemeler ürettiklerini belirtmişlerdir [75].

Binici ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmalarında pamuk atıkları, uçucu kül, epoksi reçine ve barit kullanarak yeni bir yalıtım malzemesi üretmişlerdir. Ürettikleri yalıtım malzemesinin termal iletkenlik, ultrasonik ses eğilme dayanımı ve radyoaktif geçirgenliği deneyleri yapmış malzemenin dayanıklılığı ve ekonomikliğini araştırmışlardır. Ürettikleri yalıtım malzemesinin diğer malzemelere kıyasla daha iyi ısı ve ses yalıtımı sağladığından yalıtım için uygun malzemeler olduğu fikrini savunmuşlardır [76].

Binici ve arkadaşları 2012 yılında yapmış oldukları ‘*Ayçiçek Sapı ve tekstil atıkları ile yalıtım malzemesi üretimi*’ adlı projelerinde tarımsal atık olan ayçiçeği sapları ve tekstil atıklarıyla ısı yalıtım levhası üretmişler, alçı ve su yardımıyla oluşturdukları kompozit levhaların ısı yalıtım özelliklerini incelemişlerdir. İncelemeler sonucunda levhaların ısı yalıtımında kullanılabileceğini saptamışlardır [77].

Sangrutsamee ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmada atık kâğıt, çimento ve kum karışımından kompozit blok yapmışlar ve bu malzemenin su alma kabiliyeti ile termal iletkenlik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında gazete kâğıtları, ofis kâğıtları, karton ve bunların farklı oranlardaki kombinasyonlarını kullanmışlardır. Hazırladıkları numunelerin ısı iletkenliklerine, su emme yüzdelere ve basma dayanımlarını araştırmışlar ve elde ettikleri sonuçlara göre yeni malzemenin sahip olduğu termal özellik nedeniyle yapılarda yalıtım amaçlı kullanılabileceğini ve düşük enerji tüketen çevre dostu bir malzeme olduğunu belirtmişlerdir [78].

Kocagül 2013 yılında yaptığı bir çalışmada insan nüfusundaki artışa paralel olarak enerji tüketiminin de arttığını, Türkiye’de tüketilen enerjinin %31 gibi büyük bir kısmının konutlarda kullanıldığını, binalardaki enerji verimliliğini arttırmak ve enerji tasarrufu sağlamak için ciddi adımlar atılması gerektiğini aksi takdirde ekonomik ve çevresel sorunların yaşanacağına değinmiştir [36].

Güleç ve arkadaşları 2014 yılında yapmış oldukları çalışmalarında atık fındık kabukları ve yüksek yoğunluklu polietilen kullanarak APK üretmişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucu elde ettikleri veriler fındık kabuklarının yüksek yoğunluklu polietilen ile birlikte kullanıldığında oldukça başarılı kompozit malzemeler üretilabileceğini göstermiştir [79].

Patnaik ve ark. 2015 yılında yaptıkları çalışmalarında yapı endüstri uygulamaları için atık yün ve geri dönüştürülmüş polyester (RPET) elyaftan geliştirilmiş ısı ve ses yalıtım örneklerini değerlendirmişlerdir. Atık yün lifleri ısı yalıtımı uygulamaları için oldukça uygun bir hammadde olmasının yanı sıra sınırlı miktardadırlar. Bu problemin önüne

geçmek için atık yün lifleri iki kat mat şeklinde 50/50 oranlarda geri dönüştürülmüş polyester elyaf lifleriyle karıştırılmıştır. Ayrıca %100 atık yün ve %100 RPET elyaflar kullanılarak üç numune daha hazırlanmıştır. Tüm bu numuneler ısı yalıtımı, akustik, nem emme ve yangın özellikleri için test edilip aynı zamanda da yüksek nem koşulları altındaki davranışları incelenmiştir. İki kat %50 atık yün ve %50 RPET mat en iyi yalıtım, akustik, nem emme ve yangın özellikleri göstermiştir [71].

Kaya 2015 yılında yaptığı çalışmasında atık kağıt olarak ofis, gazete ve karton kağıdı kullanarak ürettiği levhaların fiziksel, mekanik, termal, ısı yalıtım, ses yalıtım ve yangın yalıtım özelliklerini araştırmıştır. Çalışmada üç farklı tipte atık kâğıdın fiziksel ve mekanik performansları değerlendirilmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre ürettikleri biyokompozit malzemenin iç mekânlarda yalıtım malzemesi olarak kullanılabilceği kanısına varmıştır [56].

Üçgül ve Turak 2015 yılında yapmış oldukları '*Tekstil katı atıklarının geri dönüşümü ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi*' adlı projelerinde tekstil atıklarının değerlendirilmesi ve ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması üzerinde incelemeler yapmışlardır. Ürettikleri kompozit ısı yalıtım malzemesi çimento ve tekstil atıklarından oluşmuştur. Su bazlı yapısıyla çimento yalıtım değerleri standartlarını yakalamış ancak istenilen değer üzerinde bir sonuç vermiştir [81].

Binici ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları '*Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio based materials*' adlı çalışmalarında doğal lifli mısır koçanı ve epoksi reçine karıştırılıp kompozit bir malzeme üretilmişlerdir. Epoksi ile oluşturulan bu kompozit alçı ve çimento bileşenlerinden üretilen malzemedен daha iyi ısı yalıtım değerleri vermiştir. Doğal lifli atıklarla oluşturulan kompozitlerin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilceğini kanıtlamıştır [82].

Ariany ve ark. 2018 yılında avlanma yerindeki uzaklığa bağlı olarak meydana gelebilecek avın tazeliğini yitirmesi sonucu yaşanabilecek sorunları önlemek için bir sistem kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. Bu sorunu gidermek amacıyla yola çıkarak atık kağıtlar kullanarak, geleneksel balıkçı teknelerinde var olan ambarların

yalıtımı için, maliyeti düşük, dayanımı yüksek, çevre dostu alternatif malzemeler üretmek için çalışmalar yapmışlardır. Önerilen yalıtım sisteminin hayata geçirilmesiyle avların tazeliği korunarak balık fiyatları iyileştirilebilir. Isı yalıtım sisteminin tasarımı için sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan ısı transferi analizleri kullanılmıştır [83].

Casini 2019 yılında yaptığı çalışmasında, binaların temel yalıtım malzemelerini detaylı olarak incelemiş, yeni ve mevcut binaların maliyetlerini, çevresel özelliklerini ve enerji performanslarını incelenerek karşılaştırmıştır. Çalışmasında enerji ve çevre verimliliğini artırmak için en uygun çözümleri göstermeyi amaçlamıştır.

Çalışma ve uygulama koşullarında aerjel nanoporous malzemeler, mineral, sentetik ve biyo-bazlı yalıtım malzemeleri, termo-higrometrik özellikler, mekanik dayanım, yangın reaksiyonu, akustik performans, dayanıklılık, kurulum kolaylığı ve işlenebilirlik yönüyle değerlendirilip maliyet ve çevresel sürdürülebilirlik açısından karşılaştırmalar yapılmıştır [84].

Krzysik arkadaşları atık gazete kağıtlarından elde ettikleri lifleri tek başlarına ve odun liflerinin farklı oranlarıyla karıştırarak kuru yöntemle sert lif levha üretim imkanlarını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda atık kağıtlardan elde edilen liflerin odun lifi ve tutkal ile karıştırılmasının levhaların direnç ve fiziksel özelliklerini azalttığını ancak asitlendirilmiş liflerin levhalardaki su alma kapasitesini düzenlediğini görmüşlerdir [85].

Jerman ve ark. 2019 yılında tarihi ve geleneksel yapıların ısı performansının iyileştirilmesi amacıyla bina zarflarının güçlendirilmesinin sadece iç ısı yalıtım sistemlerinin kullanılmasıyla çoğu zaman mümkün olabileceğini göstermiştir. Tarihi yapı zarflarının iç kısımlarındaki ısı yalıtım levhalarına uygulanabilen bazı biyomalzemelerin termal özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre ahşap sunta, koyun yünü, keten, kenevir ve jüt liflerini düşük ısı iletkenliği ve yüksek nem yayıcılığı özelliklerinden ötürü iç ısı yalıtım sistemlerinde uygulanabilecek iyi adaylar olarak sınıflandırmışlardır [86].



Yavuz 2019 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında yün, saman, keten ve kilin yalıtım özelliklerinden faydalanarak doğal bir kompozit malzeme üretmiştir. Yaptığı deneyler ve analizler sonucu üretilen malzemenin ısı transfer katsayısının lif tipi ile değiştğini, kompozit yapımında kullanılan lifin oranı arttıkça ısı transfer katsayısının düştüğünü görmüştür. Üretilen malzemeler içerisinde Lif2 olarak adlandırdığı koyun yününün lif olarak kullanıldığı ve 2000 Mesh'lik kilin dolgu maddesi olarak kullanıldığı numunenin ısı transfer katsayısı  $\lambda=0,061$  W/mK olarak bulunmuştur [11].



## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Çalışmada dolgu maddesi olarak çam kozalağı, fındık kabuğu, atık kağıt ve aynı zamanda organik lif olarak atık koyun yünü kullanılmıştır. Fındık kabuğu Karadeniz Bölgesi Giresun ilinde yetişen fındıklardan, çam kozalağı Sarıkamış ormanlarından ve koyun yünü Kars yöresinden temin edilmiştir. Ayrıca ofislerde kullanılan atık kağıtlar boyutları küçültülerek dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Bileşenlerin su emiciliklerinin giderilmesi dolayısıyla küflenme, böceklenme gibi özelliklerinin azaltılması amacıyla hidrofobik ajan kullanılmıştır. Kullanılan Zycosil marka su itici yüzey aktif ajan RDchem Yalıtım Mühendislik Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir, silan Alfa kimya firmasından temin edilmiştir. Bağlayıcı olarak kullanılan ARAKRIL®ADC 250 marka PVA stiren akrilik reçine Kimtex Boya Kimyasalları firmasından temin edilmiştir.

#### 2.1.1. Atık kağıt

Çalışmada hammadde kaynağı ve takviye elamanı olarak kullanılan atık kağıtlar ofis ortamlarından temin edilmiştir. Kullanılan kağıtların örnek görüntüleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 1: Kırpılmış atık kağıdın görüntüsü

### 2.1.2. Koyun yünü

Çalışmada kullanılan koyun yünleri Kars yöresinden temin edilmiştir. Kullanılan koyun yünlerinin literatürden alınan mikroskop altındaki örnek görüntüleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2: Koyun yününün mikroskop altındaki görüntüsü [87]

### 2.1.3. Fındık kabuğu

Çalışmada kullanılan fındık kabuğu Karadeniz Bölgesinin fındık üretimi ile ünlü şehri Giresun’dan temin edilmiştir. Bölgenin insanları bu kabuklarını yakacak olarak kullanmaktadır. Kullanılan fındık kabuğu Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 3: Fındık kabuğu

#### 2.1.4. am Kozalağı

Çalışmada kullanılan am kozalağı Kars'ın Sarıkamış ilçesindeki am ağaçlarından toplanarak temin edilmiştir. Bölgenin insanları bu kozalıkları yakacak olarak kullanmaktadır. Çalışmada kullanılan am kozalıkları Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



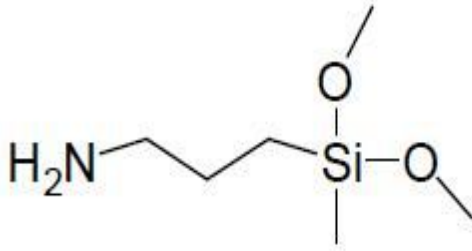
Şekil 2. 4: am kozalağı

#### 2.1.5. Silan

Çalışmada kullanılan hidrofobik ajan taş ve beton binalarda su yalıtımı sağlamak için kullanılabilen ve suda çözünmeyen bir materyaldır. Nano teknoloji sayesinde inorganik yüzeylere molkl seviyesinde hidrofobik özellik kazandırır. Solvent içermediği için ekolojiktir. Nano ebatlı yapısı sayesinde zeminin derinliklerine kadar nufuz edilir ve uzun süreli su iticliği sağlar. Solvent bazlı silanlara göre teknoloji maliyetleri düşüktür. Yanıcı değillerdir ve kolay uygulanırlar. A.B.D. Kaliforniya eyaletinin en sıkı VOC standartlarına uyar. Beton veya taş zemine kimyasal olarak bağlanır ve kuruduğunda suya karşı zemine mükemmelen bir mukavemet kazandırır. Nefes alır ve zeminde bozunmalara neden olmaz. Şekil 2.5'de kullanılan silanın kum üzerindeki performansı, Şekil 2.6'da da moleküler yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2. 5: Silanın kum üzerindeki performansı [88]



Şekil 2. 6: Silanın moleküler yapısı

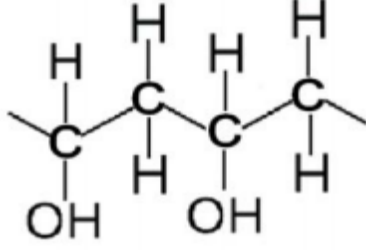
### 2.1.6. Reçine

Çalışmada bağlayıcı olarak kullanılan su bazlı APEO ve plastifiyan içermeyen anyonik-nonyonik stiren ve akrilik asit ester içerikli emülsiyondur.

Su ve alkalilere karşı yüksek direnç gösterir. Bu özelliklerinden ötürü seramik yapıştırıcılarında dolgu malzemelerinde kullanılabilir.

Pigment bağlama gücü yüksektir. İçerdiği dispersiyon bazı başlangıç koruyucu ajanları sayesinde mikroorganizmalara karşı korunma sağlar.

İç ve dış cephe boya ları, tekstore boya ları, yüksek PVC içerikli boya lar, astar ve sıva uygulamaları için uygundur. Şekil 2.7’de kullanılan reçinenin moleküler yapısı Tablo 2.1’de de reçinenin sahip olduğu teknik özellikler gösterilmektedir.



**Şekil 2. 7:** Kullanılan reçinenin moleküler yapısı

**Tablo 2. 1:** Kullanılan reçinenin moleküler yapısı

	Değer	Standart
Katı 1/2 h 150 °C	% 50±1	DIN EN ISO 3251
pH	7.0-9.0	DIN ISO 976
Viskozite Brookfield RVDV-II	8000-11000 Mpa	DIN EN ISO 2555
Yoğunluk	1,04 g/cm <sup>3</sup>	ISO 8962
MFFT	17±2 °C	ISO 2115
Film Görünüşü	Berrak	
Tg	19±2 °C	DIN 53 765(DSC)
Iyonik Yük	Anyonik-Nonyonik	

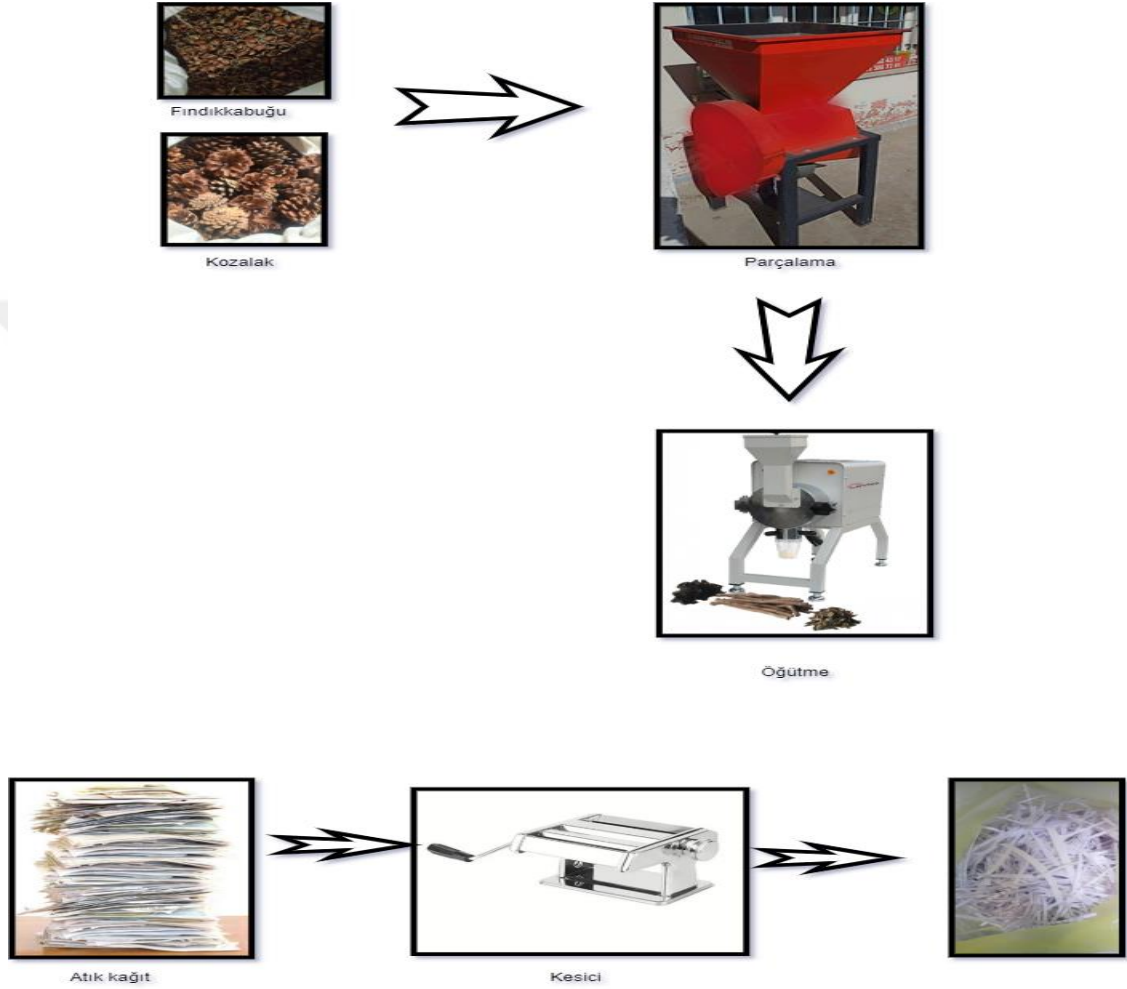
## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Hammaddenin Hazırlanması

Aşama 1: Fındık kabukları ve çam kozalakları **Haseki** marka çeneli bir kırıcıda parçalandıktan sonra Kafkas Üniversitesi Kimya Mühendisliği Laboratuvarında bulunan **Loyka** marka LKD 100 Numune Öğütücü Kırıcı Değirmende 0,5 mm ölçekli elek kullanılarak öğütülmüş ve çalışma için hazır hale getirilmiştir. Ofiste kullanımları

sonucu atık hale gelen kağıtlar *Maxisol Maxilife* marka kesicide kesilerek çalışmada kullanılmak için hazırlanmıştır.

1. Aşamada yapılan işlemlerin görseli Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

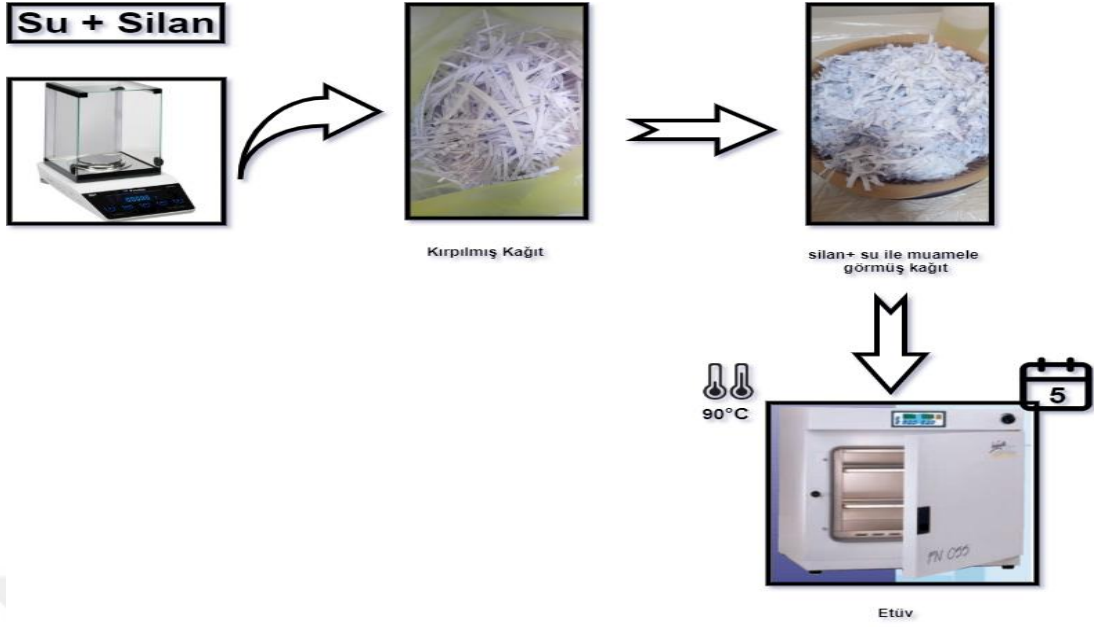


Şekil 2. 8: Aşama 1

Aşama 2: Kırpma işlemine tabi tutulan kağıtlar 0,1 gr hassasiyetindeki *KERN ACJ 220-4M* marka hassas terazide tartılarak hazırlanılan 200 ml silan + 125 ml su karışımına batırılarak hidrofobik hale getirilmiştir. Kafkas Üniversitesi Kimya Mühendisliği Laboratuvarında bulunan *Nüve* marka etüvde 90 °C sıcaklık altında 5 gün boyunca kurumaya bırakılmıştır.

2. Aşamada yapılan işlemlerin görseli Şekil 2.9.’da gösterilmiştir.



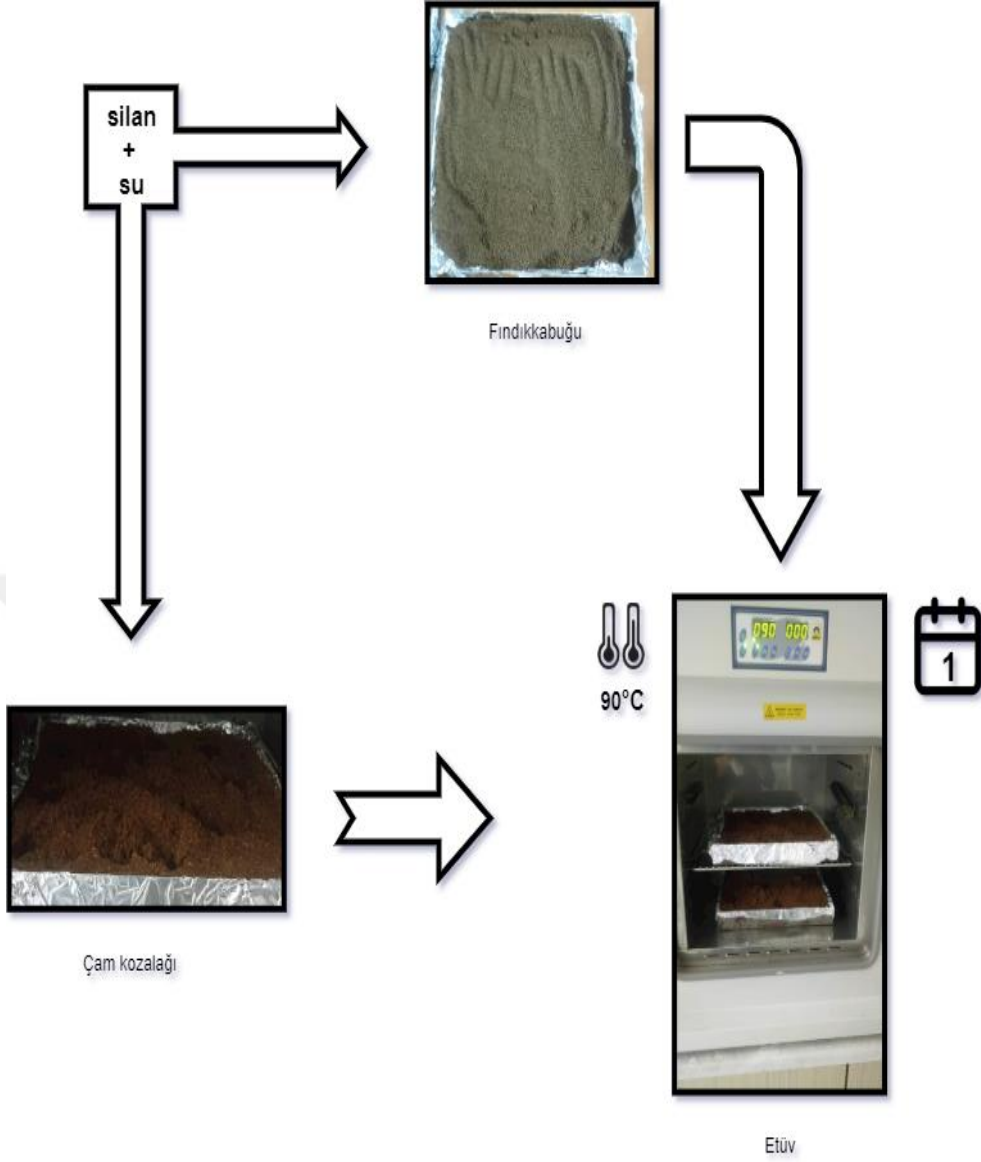


**Şekil 2. 9:** Aşama 2

Aşama 3: Öğütülerek hazırlanmış 1 kg çam kozalağı 100 ml silan + 650 ml su ile hazırlananan karışıma batırılarak hidrofobik hale getirilmiş ve 90 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde 1 gün boyunca kurumaya bırakılmıştır. Aynı işlemler 1,5 kg fındık kabuğu için de uygulanmıştır.

3. Aşamada yapılan işlemlerin görseli Şekil 2.10' da gösterilmiştir.





**Şekil 2. 10:** Aşama 3

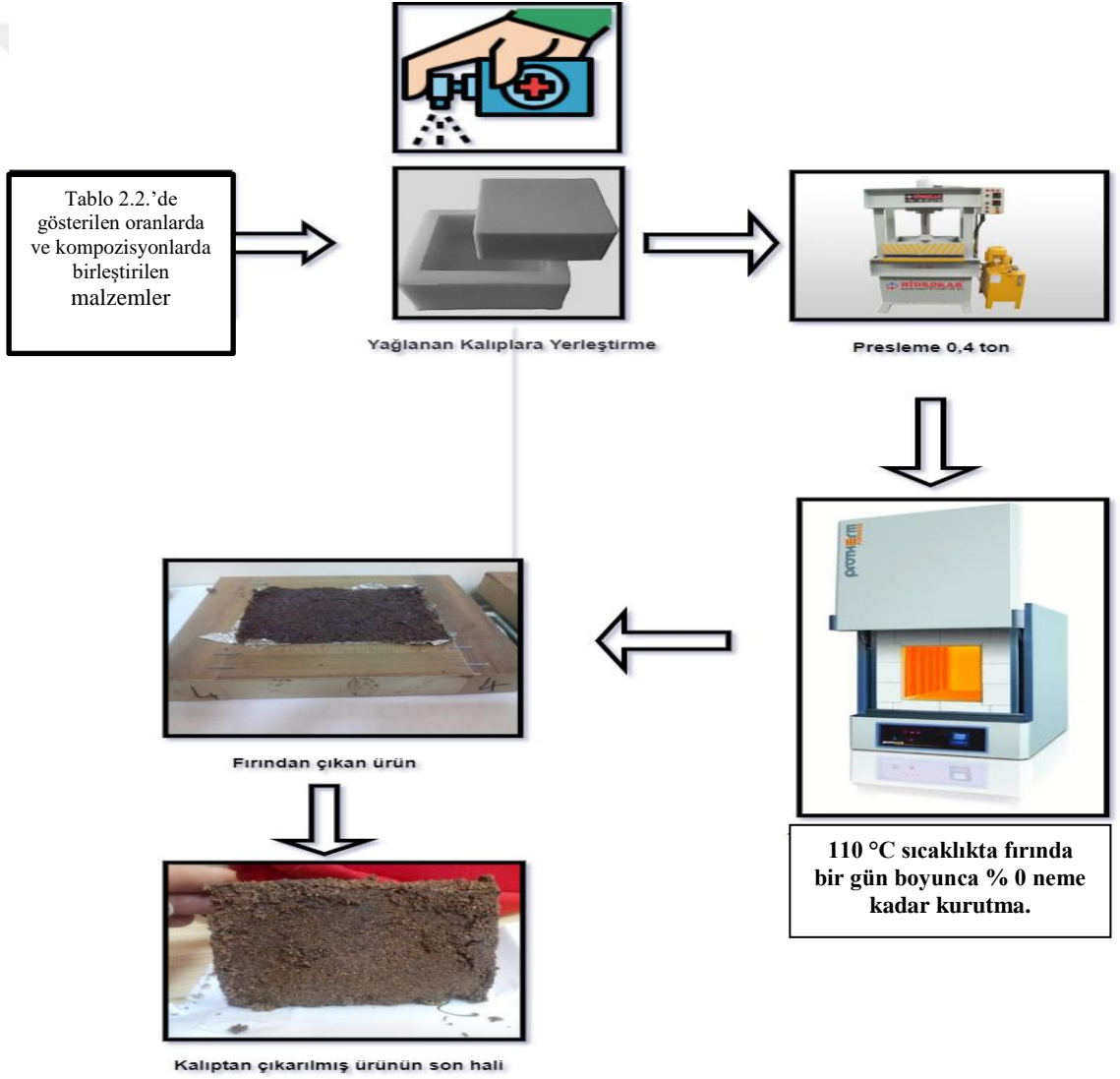
### 2.2.2. Deneme Numunelerinin Üretimi

Bu aşamada hidrofobik hale getirilerek ön hazırlığı tamamlanan hammaddeler üretimi yapılacak yalıtım malzemesinin ana elemanları olacak şekilde farklı kompozisyon ve bileşim oranlarında kullanılarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Hidrofobik hale getirilen malzemeler Tablo 2.2’de gösterilen oranlarda ve kompozisyonlarda birleştirilmiştir.

**Tablo 2.2:** Numunelerin birleşim oranları ve presleme şekli

No	Reçine %	Su %	Fındık Kabuğu %	Çam Kozalağı %	Koyun Yünü %	Kağıt %	Kombinasyon %	Presleme Şekli %
N1	0,35	0,37	0,24			0,03	Fındıkkabuğu Kağıt Fındıkkabuğu	Plakalar halinde pres
N2	0,35	0,37	0,22			0,06	Fındıkkabuğu Kağıt Fındıkkabuğu	Plakalar halinde pres
N3	0,35	0,37	0,19			0,09	Fındıkkabuğu Kağıt Fındıkkabuğu	Plakalar halinde pres
N4	0,35	0,37	0,22		0,03	0,03	Fındıkkabuğu Yün Kağıt	Plakalar halinde pres
N5	0,35	0,37	0,22		0,03	0,03	Fındıkkabuğu Yün Kağıt Fındıkkabuğu Yün Fındıkkabuğu	Plakalar halinde pres
N6	0,35	0,37	0,22		0,03	0,03	Yün Kağıt Fındıkkabuğu	Karışım halinde pres
N7	0,35	0,37		0,20		0,08	Çam kozalağı Kağıt Çam kozalağı	Plakalar halinde pres
N8	0,35	0,37		0,20	0,08		Çamkozalağı Yün Çamkozalağı	Plakalar halinde pres
N9	0,35	0,37		0,22	0,03	0,03	Çamkozalağı Yün Çamkozalağı Kağıt Çamkozalağı Yün Çamkozalağı	Plakalar halinde pres
N10	0,35	0,37		0,22	0,03	0,03	Yün Kağıt Çamkozalağı	Karışım halinde pres
N11	0,35	0,37		0,22	0,03	0,03	Yün Kağıt Çamkozalağı	Plakalar halinde Pres (hidrofobik olmayan karışım)

Hidrofobik hale getirilen malzemeler Tablo 2.2’de gösterilen oranlarda ve kompozisyonlarda birleştirilerek 5x5 cm boyutlarına sahip daha önceden yağlanmış kalıplara yerleştirilerek kompozit bir malzeme oluşturulmuştur. Hazırlanan bu kompozit malzemeler Kafkas Üniversitesi Mühendislik Atölyesinde bulunan **HİDROKAR** marka hidrolik presleme makinasında 0,4 ton basınç altında oda sıcaklığında preslenmiştir ve yine aynı atölyedeki **PROTHERMPLF** marka laboratuvar tipi fırında 110 °C sıcaklıkta bir gün boyunca %0 neme kadar kurutulmuştur. Üretim sisteminin akış şeması Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 11:.. Üretim sisteminin akış şeması

### 2.2.3. Numunelerin Ölçülmesi

Kurutulan malzemelerin hidrofobik ve hidrofobik olmayan hallerinin Şekil 2.12’de gösterilen *Zeiss* marka *Sigma 300* model cihaz ile Sem görüntüleri ve Şekil 2.13’de gösterilen *PANalytical Empyrean* XRD ile XRD sonuçları alınmış karşılaştırılmıştır.

Aynı zamanda Şekil 2.15’de gösterilen *Micromeritics 3 Flex 3 portlu BET* yüzey alanı ve mikro gözenek boyutlu ölçüm cihazı ile yüzey alanı ölçümü yapılmış hidrofobik ajanın dolgu malzemesi yüzeyinde nasıl bir değişikliğe sebep olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. 12: SEM cihazı

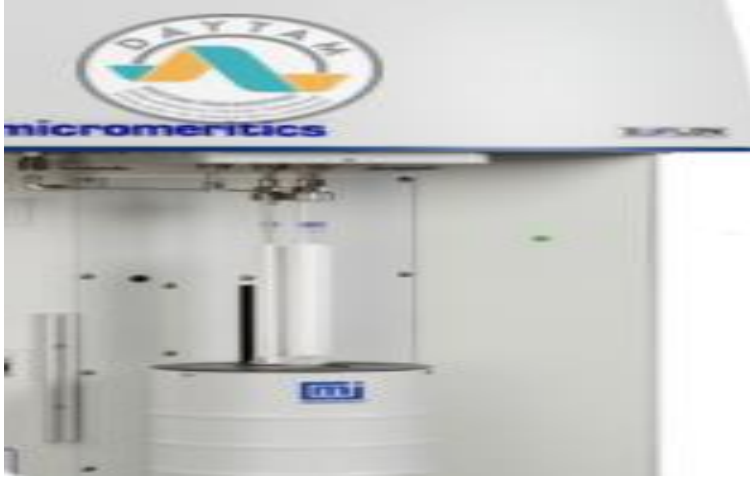


Şekil 2. 13: XRD cihazı

Kalıplardan çıkarılan numunelerin Şekil 2.17’de görülen *Lasercomb* marka *Fox50* model bir cihaz ile ısı iletkenlik testleri ve Şekil 2.14’de görülen *Shimadzu* marka *DTG 60H - DSC 60* model cihaz ile TGA analizleri yapılmıştır.

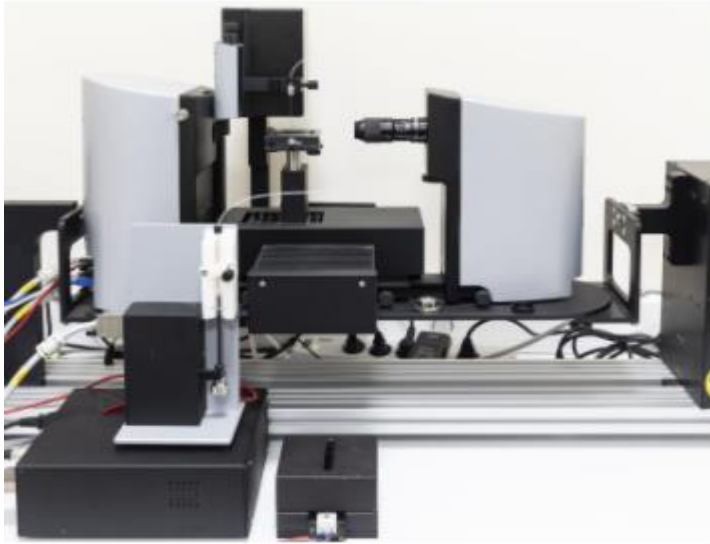


Şekil 2. 14: TGA cihazı



**Şekil 2. 15:** BET cihazı

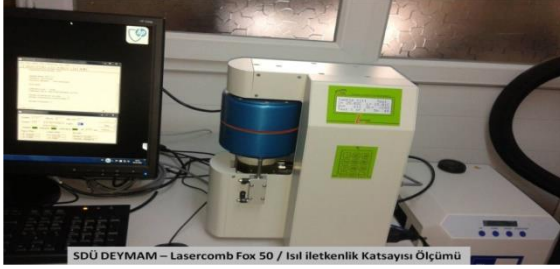
Hidrofobiklik düzeyini belirlemek için Şekil 2.16’da gösterilen *Attension Theta Flex* marka cihaz ile temas açıları ölçülmüştür. Numunlerin su emme oranları ve yoğunlukları belirlenmiştir.



**Şekil 2. 16:** Temas açısı ölçüm cihazı

### 2.2.3.1. Numunelerin Isı Geçişi Testi

Numunelerin ısı iletkenliğine Şekil 2.17’de görülen *Lasercomb* marka *Fox50* model ısı iletkenlik ölçüm cihazı ile bir saatlik zaman diliminde ölçülmüştür.



Şekil 2. 17: Isıl iletkenlik ölçüm cihazı

### 2.2.3.2. Numunelerin Mekanik Testleri

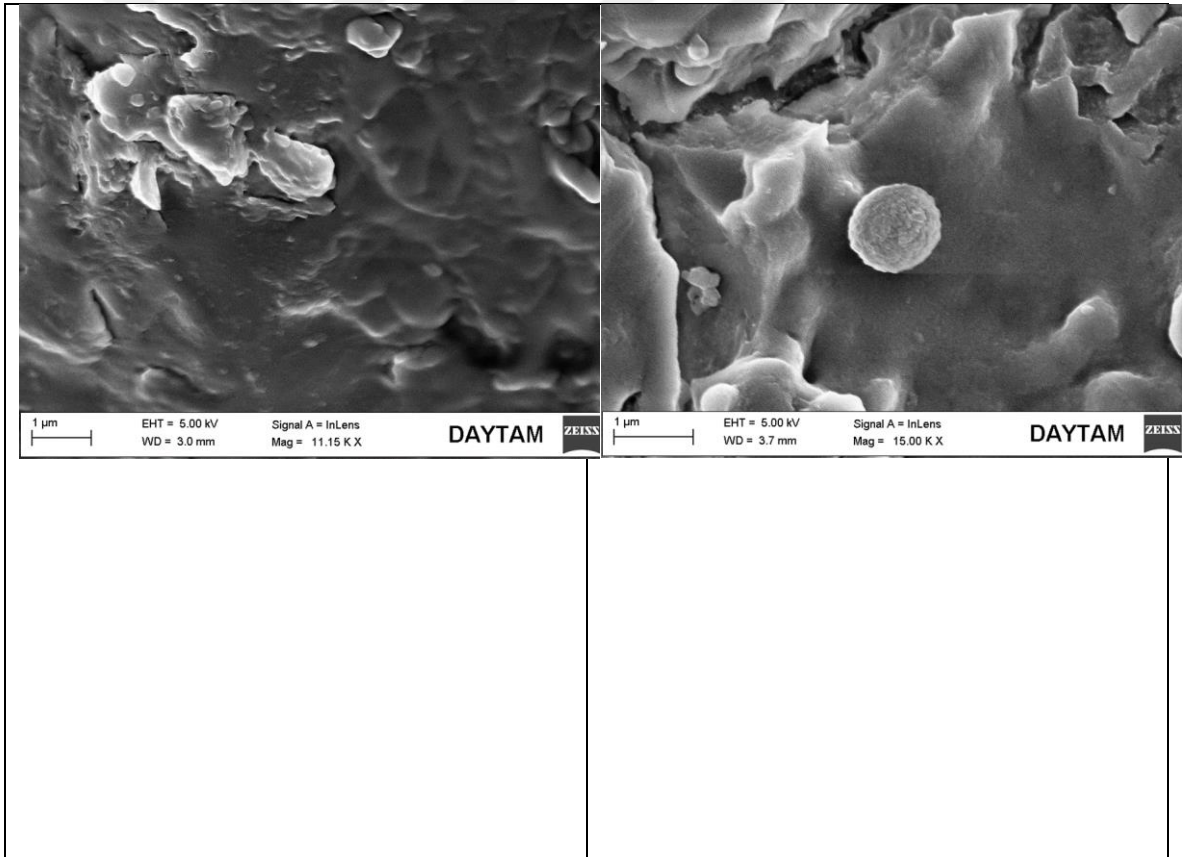
Hazırlanan tüm malzemelerin yüke ve basınca dayanım testi Şekil 2.18’de görülen *UTEST* marka *UTM-8050* ton kapasiteli yükleme aleti ile yapılmıştır. Basma testi test hızı 1mm/dak 100 kN luk load cell kullanılmıştır. 1 mm displacement için testler yapılmıştır.



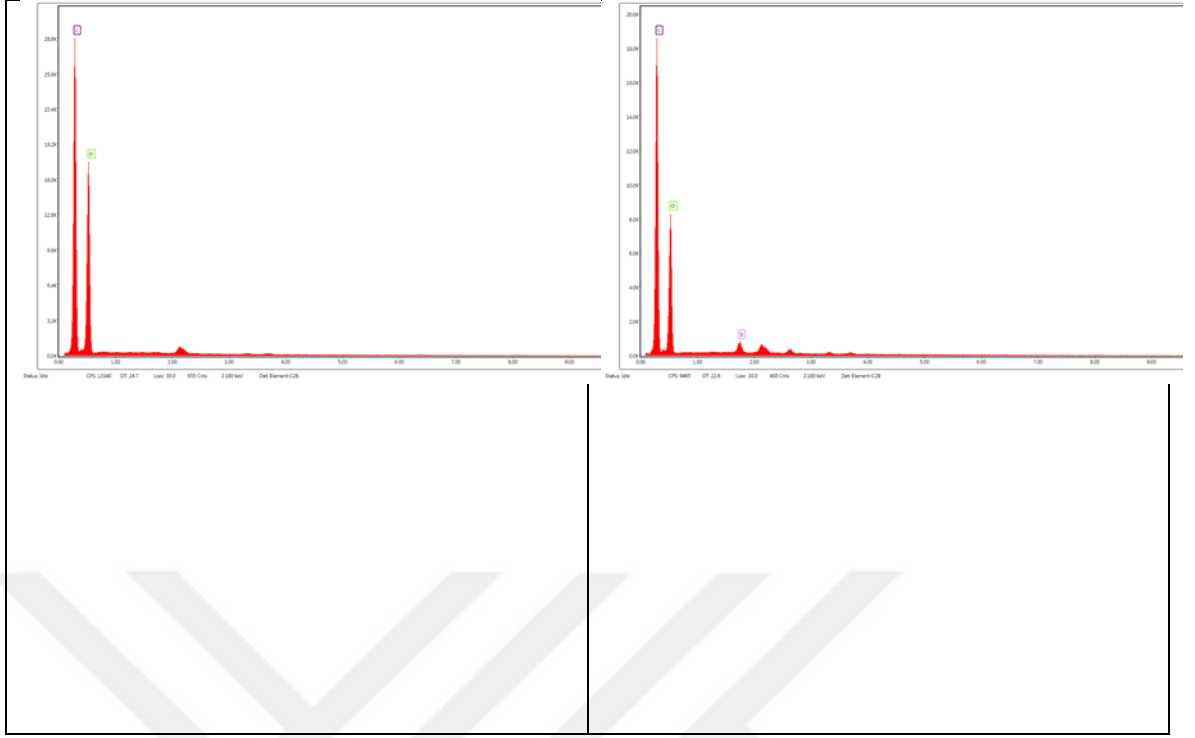
Şekil 2. 18: Basma Testi Cihazı

### 3. BULGULAR

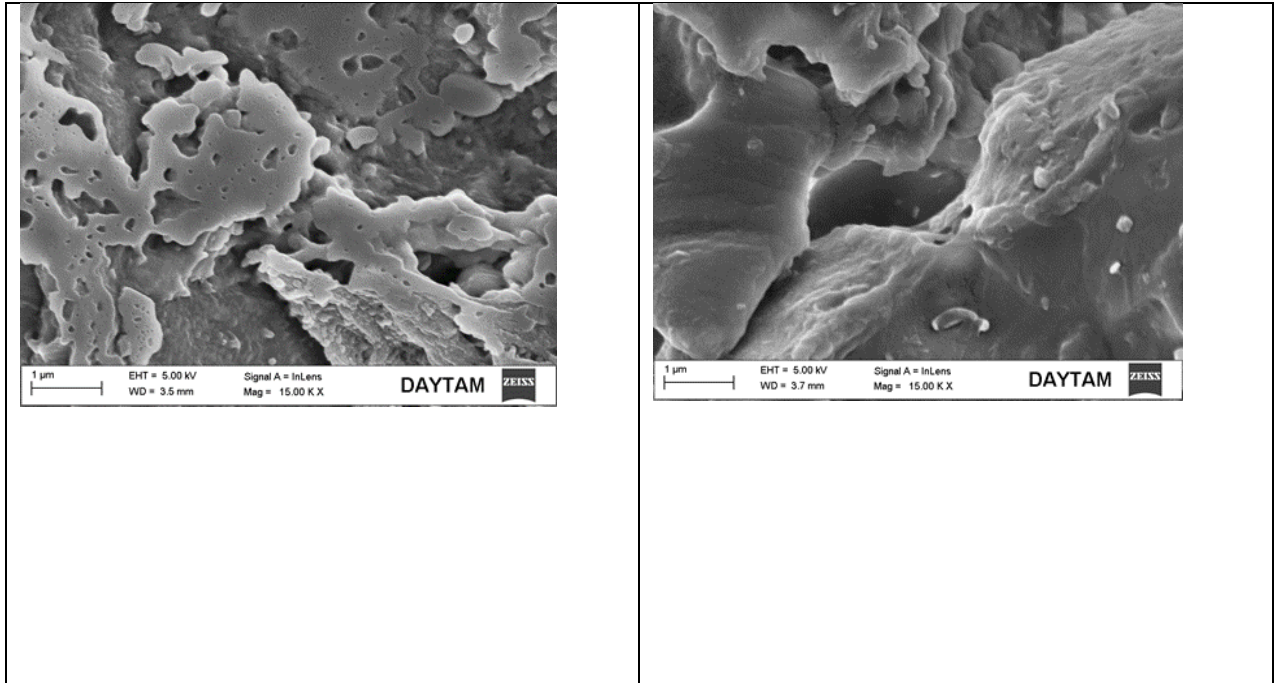
Deneyleerde ilk olarak kullanılan numunelerin hidrofobik hale getirilmesiyle başlanmıştır. Üretilecek malzeme doğal içerikli olduğundan rutubetten dolayı çürüme ve bozunumlara karşı koymanın en önemli adımlarından biridir. Ayrıca kullanılan silanın böceklenme ve mantar oluşumu gibi olumsuz özellikleri önlemesi sebebiyle istenmeyen bu durumu ortadan kaldırmak için uygun bir malzeme olduğundan kullanılan materyalin yüzeyini silan bazlı bir malzeme ile kaplamak hem malzemenin korunumu hem de kullanılacak yapının iç ve dış etkenlerden korunumu için önemlidir.

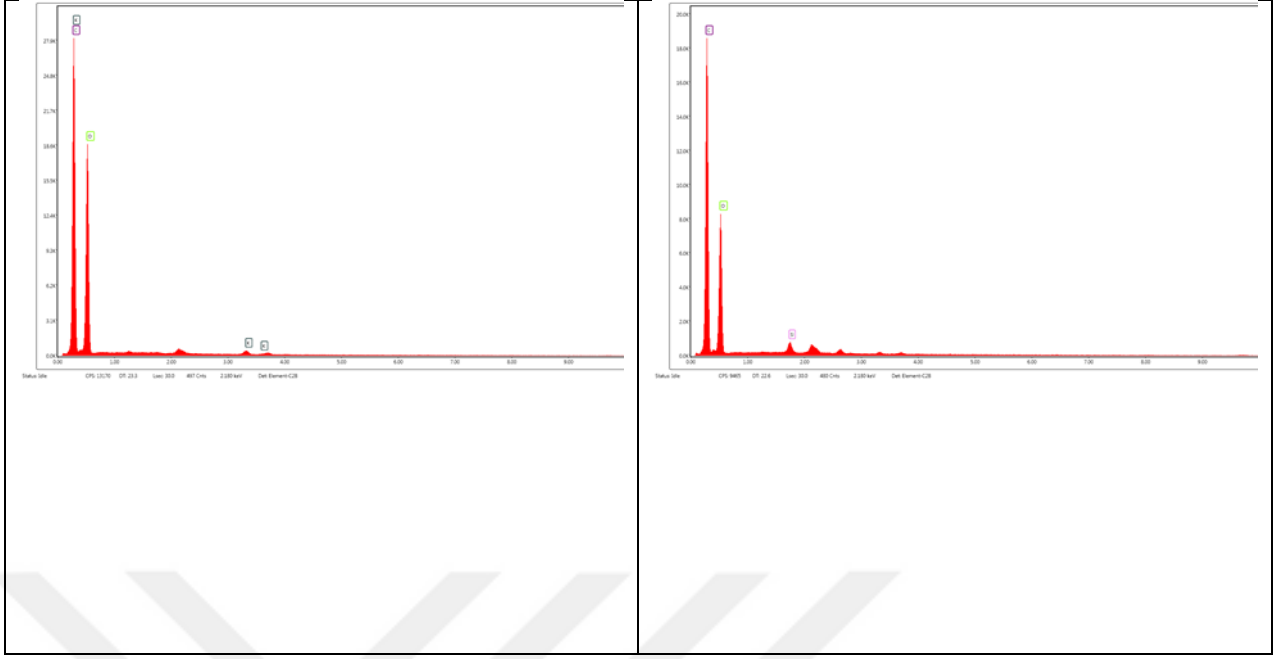






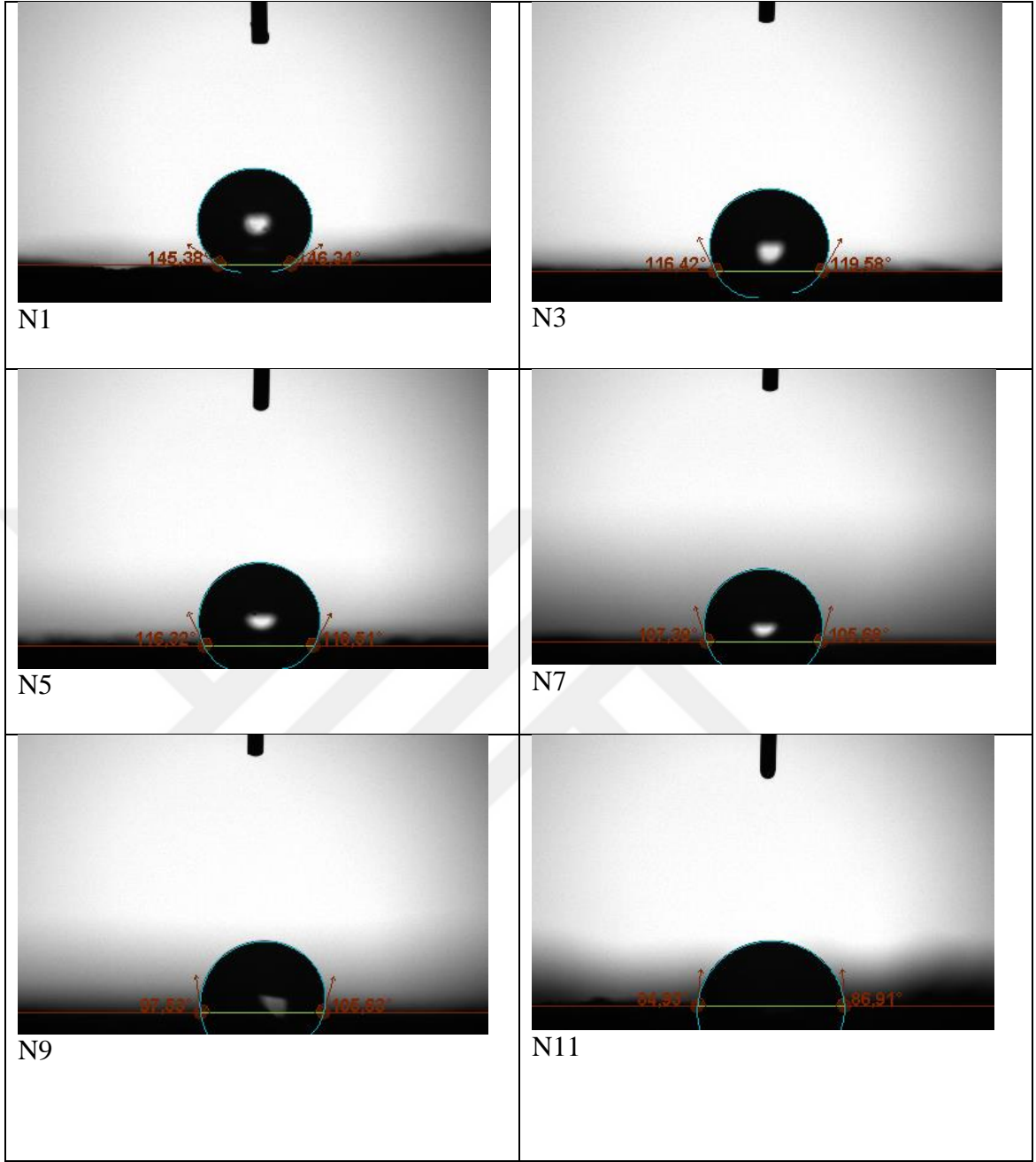
**Şekil 3. 1:** Fındık kabuğunun işlem görmemiş hali ve silan ile kaplı (dirofobik) halinin SEM ve XRD sonuçları





**Şekil 3. 2:** Çam kozalağının işlem görmemiş hali ve silan ile kaplı (dirofobik) halinin SEM ve XRD sonuçları

Yapılan BET yüzey alanı ölçümlerinde fındık kabuğunun yüzey alanı değeri 20,5466 m<sup>2</sup>/g'dan 11,6940 m<sup>2</sup>/g'a düşerken bu değerler çam kozalağı için 24,5741 m<sup>2</sup>/g'den 12,8316 m<sup>2</sup>/g'a düştüğü belirlenmiştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 incelendiğinde Sem görüntülerinden kaplanan yüzeydeki daralmalar ve düzelmeler rahatlıkla görülmektedir.



**Şekil 3. 3:** Bazı numunelerin temas açısı sonuçları

Üretilen malzemelerin bazılarının su ile temas açısı görüntüleri Şekil 3.3’de verilmiştir.

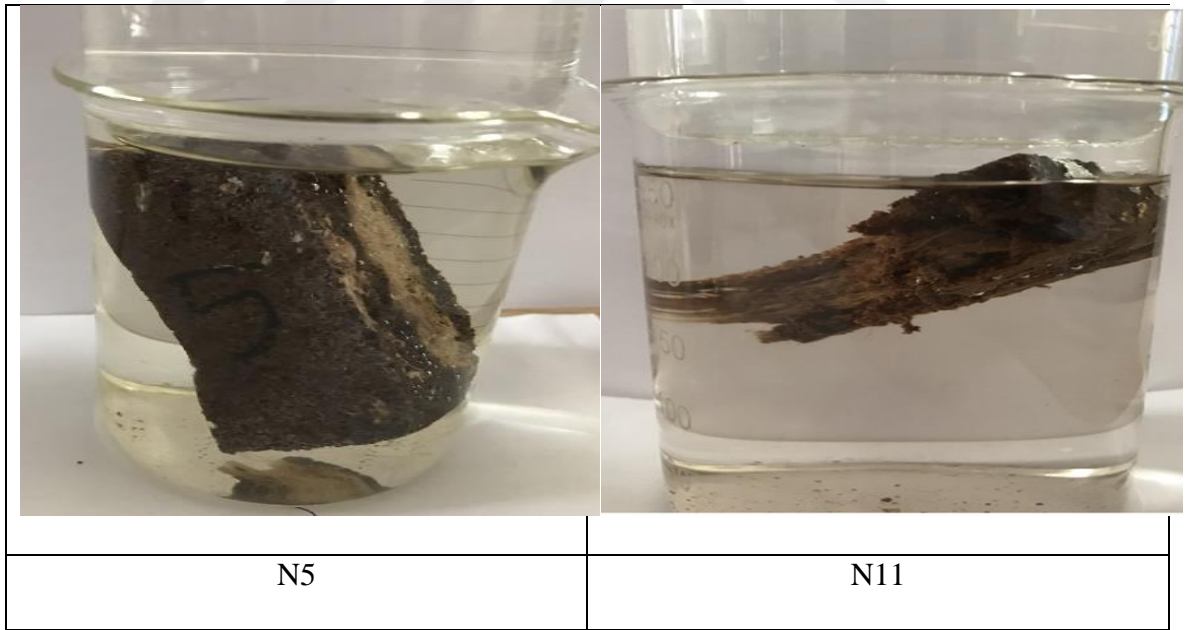
Şekil 3.3’den de görüldüğü gibi temas açıları  $84^{\circ}$ - $146^{\circ}$  arasında değişmektedir.

Uluslararası Standartta temas açısı  $90^\circ$  üzerinde olan malzemeler hidrofobik malzemeler ve  $150^\circ$  üzerinde olan malzemeler ise süper hidrofobik olarak adlandırılmaktadırlar

[89 - 90, 91, 92]. Dolayısıyla Şekil 3.3'den görüleceği gibi özellikle N1 nolu malzemenin neredeyse süper hidrofobik düzeyde olduğu görülmektedir.

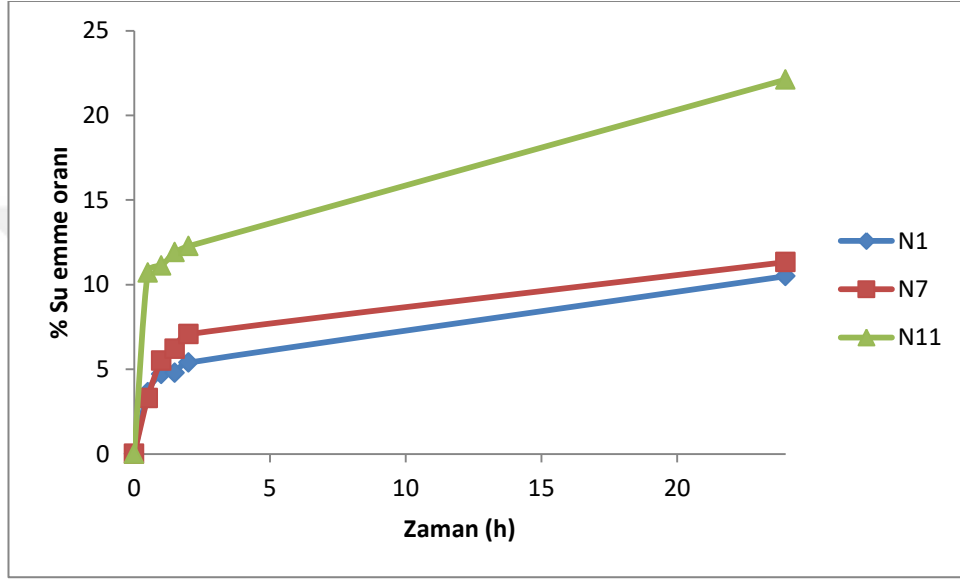
Ayrıca hidrofobik hale gelen malzemenin yüzey alanı hidrofilik halinden küçük olduğundan yüzeyi yapıştırmak için kullanılacak su bazlı bağlayıcının yüzeye tutunma oranında daha az olacaktır [93]. Bunun yanı sıra malzemenin içine nüfus edemeyen, yüzeyde kalan bağlayıcının kurutulması daha kolay olacaktır.

Her iki durum ekonomik açıdan büyük kazanç demektir. Hidrofobik ajan kullanılmadığı için temas açısı değeri  $90^\circ$ 'nin altında çıkan tek numune N11 nolu numunedir.



**Şekil 3. 4:** N5 Hidrofobik ve N11 hidrofobik olmayan numunelerin su içinde 24 saat sonra görünümü

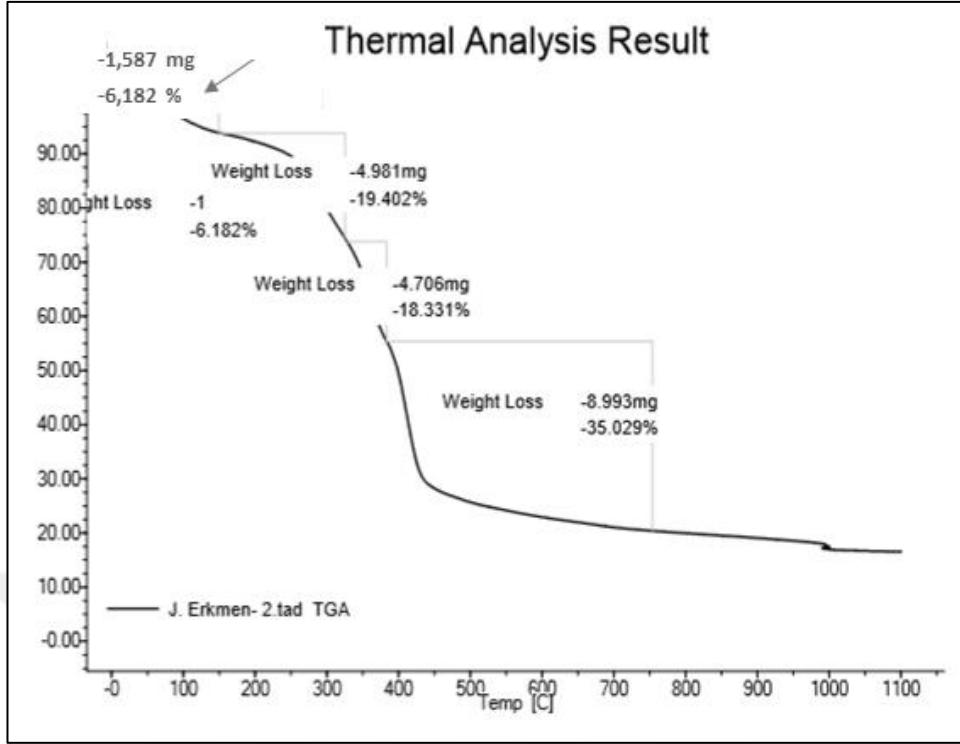
Şekil 3.4’de N11 nolu numune hidrofobik ajan içermediğinden su içinde nasıl dağıldığı rahatlıkla görülmektedir. N5 nolu numune hidrofobik ajan içerdiğinden numune içerisine su girişini engellemiş, ıslanma ya da su emme yalnızca yüzeyde gerçekleşmiştir.



Şekil 3. 5: N1, N7 ve N11 numunelerinin su emiciliği testi sonuçları

Şekil 3.5’de su emme testi N1 (hidrofobik bileşim fındık kabuğu kağıt kombinasyonu), N7 (hidrofobik bileşim çam kozalağı kağıt kombinasyonu) ve N11 (hidrofobik olmayan karışım) numuneleri için su emme deneylerinin sonucu verilmiştir. 30 dakika aralıklarla ilk beş ölçüm yapılmış, 24 saat sonra son ölçüm yapılmıştır.

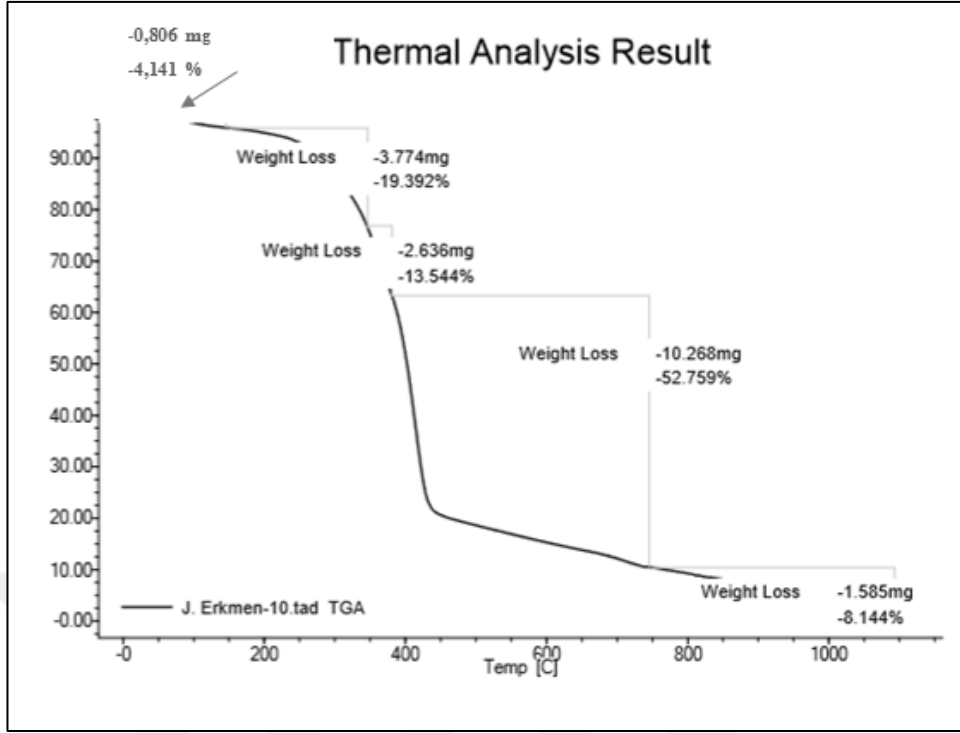
Bu üç numune karşılaştırıldığında hidrofobik olmayan N11 nolu numunenin su emiciliğinin %22,11 oranıyla en yüksek olduğu görülmüştür. N11 nolu numunenin su emiciliği %52,51 oranında N1 nolu numuneden ve %48,75 oranında N7 nolu numuneden fazla olduğu görülmektedir.



**Şekil 3. 6:** N2 nolu numunenin TGA sonucu

Şekil 3.6'da N2 nolu numunenin TGA sonucu gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere sıcaklığın yükselmesiyle 5 farklı noktada ağırlık kaybı görülmektedir. N2 nolu numunenin bileşimine bakıldığında kağıt, fındık, PVA stiren akrilik reçine ve sudan oluşmaktadır. İlk 105 derecedeki ağırlık kaybı malzeme içerisindeki suyun kaybindan olmaktadır.

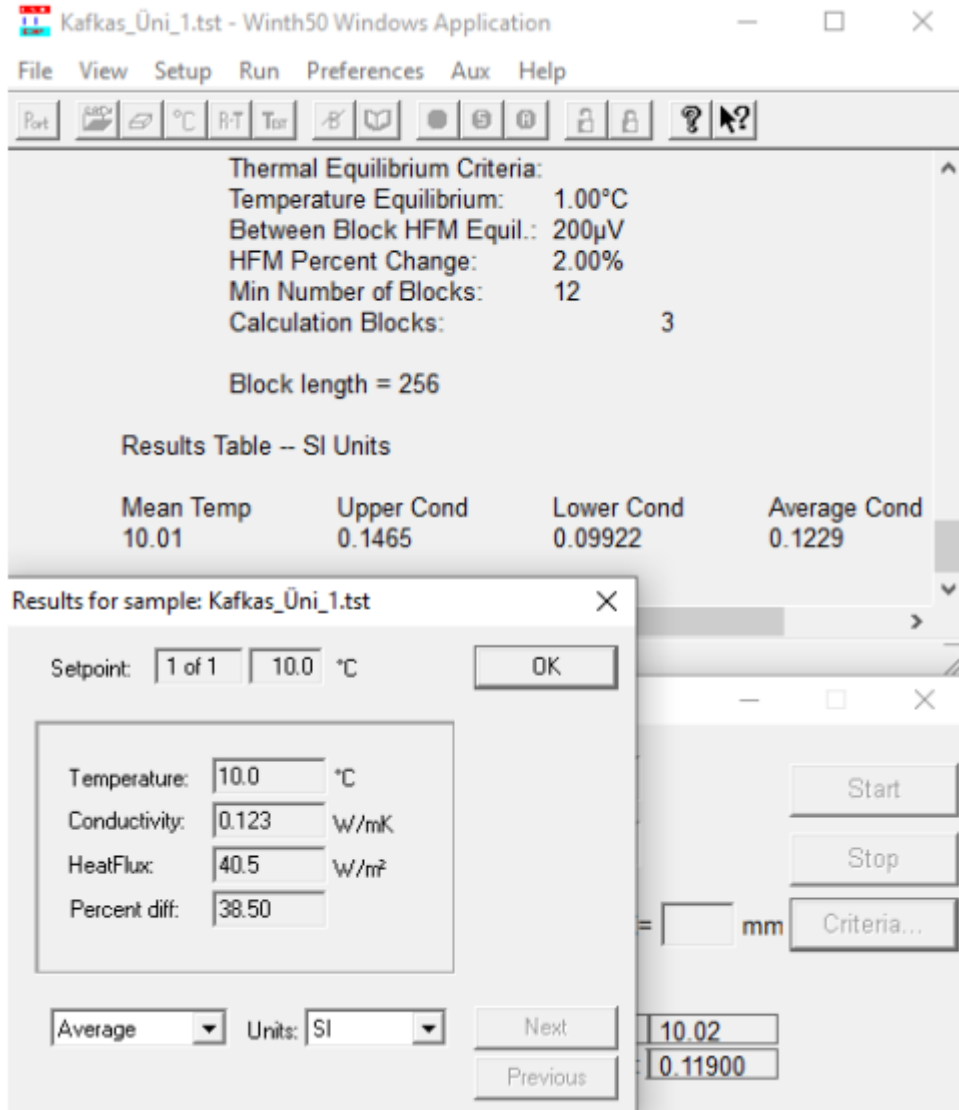
250-300 derece arasındaki kayıplar ise düşük derecede organik yapılar, 300-600 arasında odunsu yapılar dediğimiz daha sert yapılar kaybolmaktadır ki bu alanda bu numunede fındık kabuğunun olduğu bilinmektedir, en son olarak 500-600 derece civarında plastik yapıların bozulduğu görülmektedir ki bu bizim numunemizin bağlayıcı kısmını göstermektedir.



**Şekil 3. 7:** N10 nolu numunenin TGA sonucu

Şekil 3.7’de N10 nolu numunenin TGA sonucunu göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi sıcaklığın yükselmesiyle 5 farklı noktada ağırlık kaybı görülmektedir. N10 nolu numunenin içeriği yün, kağıt, çam kozalağı, PVA stiren akrilik reçine ve sudan oluşmaktadır.

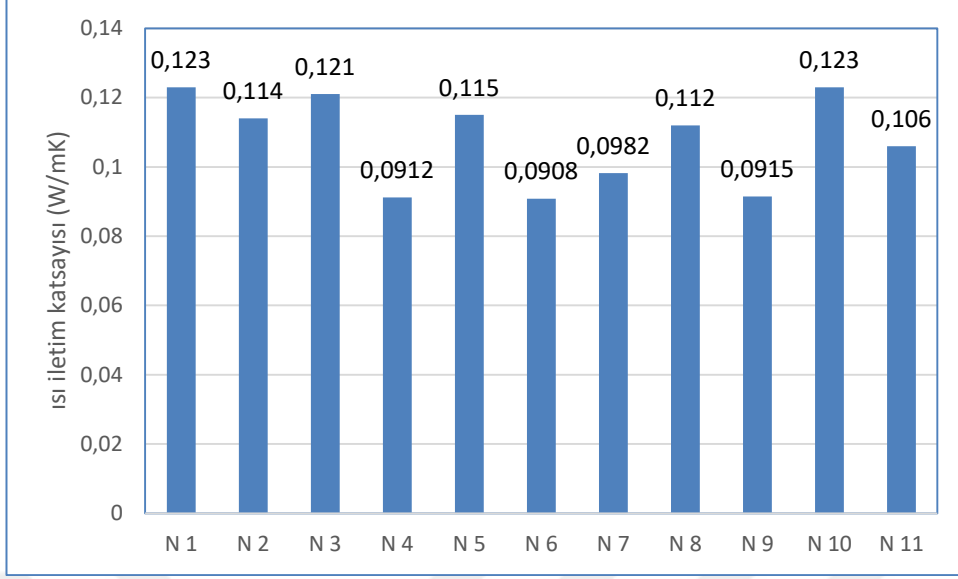
Yine ilk 105 °C’lik kısmı kaybolan suyu, ikinci basamak düşük bir organik yapı olan kağıdı üçüncü basamak odunsu yapı olan çam kozalağını ve dördüncü basamak reçineyi ve son olarak beşinci basamak yün kaybını göstermektedir. Her iki TGA grafiğinin sonucu da bileşimleriyle doğru orantılı olarak kendini göstermektedir.



**Şekil 3. 8:** N10 nolu numunenin ısı iletim katsayısı cihaz çıktısı görüntüsü

Şekil 3.8'de ısı iletim katsayısı deneyleri yapılan cihazın N10 numunesine ait ekran görüntüsü verilmiştir.

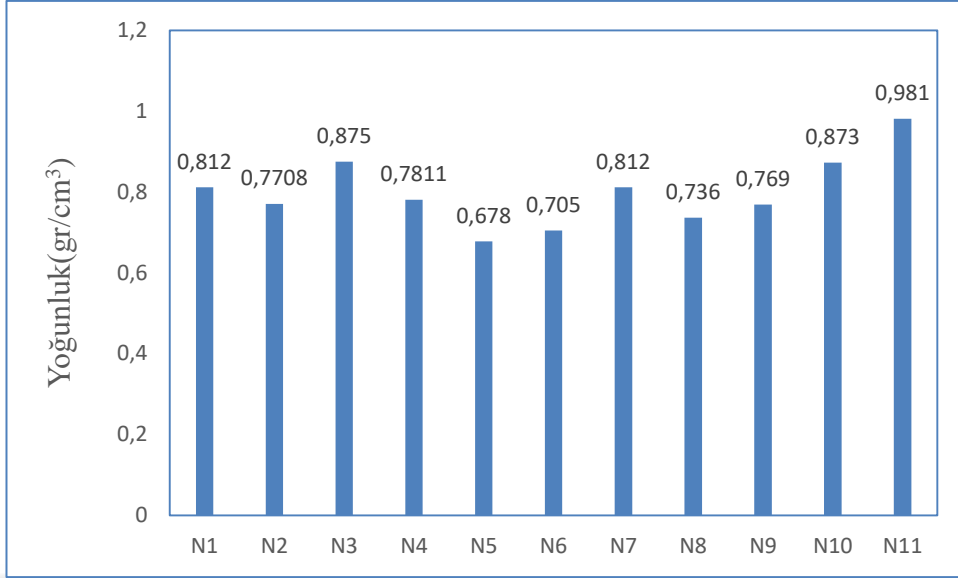




**Şekil 3. 9:** Numunelerin ısı iletim katsayıları

Şekil 3.9’da numunelerin ısı iletim katsayılarını gösterilmektedir. Hazırlanan numuneler içerisinde en düşük ısı iletim katsayısı 0,0908 W/mK ile N6 nolu numunedir. Numunenin içeriği dolgu malzemesi olarak %10 atık kağıt, %90 fındık kabuğudur.

Tablo 2.2 ve Şekil 3.9 birlikte incelendiğinde atık kağıt ilavesi yapılan numunelerin ısı iletim katsayılarının daha düşük olduğu görülmektedir. Üretilen malzemelerin ısı transfer katsayılarının normal ahşap kompozit malzemeler ile kıyaslandığında oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Örneğin yapılan bir çalışmada yapıda kullanılan ahşap mühendislik ürünlerin ısı iletim katsayıları çapraz lamine kereste (CLT) 0,1161 W/mK, kontrplak 0,9656 W/mK, parallam (PSL) 0,9724 W/mK, micro-lam (LVL) 0,1013 W/mK ve Kerto-Q-LVL 0,9598 W/mK olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlerden bazıları daha önce elde edilen ahşap kompozitlerin altında çıkmıştır [94].



**Şekil 3. 10:** Tüm numunelerin yoğunluk değerleri

Şekil 3.10'a bakıldığında malzeme yoğunluklarının  $0,678 \text{ gr/cm}^3$  ile  $0,981 \text{ gr/cm}^3$  arasında değiştiği görülmektedir. Malzemenin yoğunluğunun düşük olması her zaman tercih sebebidir. Şekil incelendiğinde yünün ilave edildiği malzemelerin yoğunluklarının daha düşük olduğu görülmektedir.  $0,678 \text{ gr/cm}^3$  yoğunlukla en hafif numune N5 nolu numunedir. N11 nolu numune ise  $0,981 \text{ gr/cm}^3$  yoğunluk ile en ağır numunedir.

Tablo 2.2 incelendiğinde N11 nolu numunenin üretimi esnasında hidrofobik ajanın kullanılmadığı görülmektedir. Bu nedenle kullanılan dolgu ve lif malzemelerin yüzey alanları hem BET ölçümlerinden hem de SEM görüntülerinden anlaşılacağı gibi hidrofilik yüzeylere göre daha büyüktür. Dolayısıyla kullanılan bağlayıcı miktarının büyük yüzey alanlarına daha fazla tutunması sonucu malzeme yoğunluğunun arttığı görülmektedir.

N11 nolu numuneye en yakın karışım oranı N10 nolu numunedir fakat aralarında ciddi anlamda yoğunluk farkı vardır. Bunun tek sebebi dolgu ve lif malzemelerin yüzeylerinin hidrofobik ajanla kaplanmamış olmasıdır.

**Tablo 3. 1:** Numunelerin basma testi sonuçları

Numune no	Çap mm	Yükseklik mm	Max kuvvet N	Max incelme %	Max stres (N/mm <sup>2</sup> )	Max strain %
1	59,7	30,2	72360,23	32,33	20,12	54,00
2	59.6	30.0	81296.9	52,58667	21.1401	52.55
3	60.8	30.7	61200	36,36156	20.0792	36.3616
4	58.30	26.7	45206.3	41,19101	16.9345	41.1910
5	59	24.71	52646.9	44,59328	19.2566	44.5933
6	59.4	32.13	16056.3	34,24525	5.99416	32.5453
7	57.40	26.60	32446.3	41,47744	12.5389	41.4774
8	61.0	27.60	44331.3	423,4231	15.1691	30.8877
9	60.0	27.32	38737.5	40,26354	13.7003	40.2635
10	61,5	16.50	97462.5	66,51205	32.8093	69.9963
11	61.0	16.10	64218.8	71,1118	21.9742	71.1118

Hazırladığımız numunelerin hiç birinde basma test sonucunda kırılma ve dağılma görülmemiştir. Deneyler numune kalınlığında azalma ile sonuçlanmıştır. Tablo 3.1’de verilen değerler tüm numunelerin basma testi sonuçlarıdır.

Hemen hemen tüm numuneler uygulanan kuvvet karşısında oldukça yüksek bir dayanım göstermiştir, numunenin uygulanan kuvvet karşısında gösterdiği dayanım inşaat sanayinde su ve ısı yalıtımının yanı sıra darbelere karşı da oldukça kuvvetli bir numune

olduğunu göstermektedir. Özellikle N10 numaralı numunenin kuvvet gerilme dayanımı karşısında verdiği tepkinin çok olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2 tekrar incelendiğinde N10 nolu numune yün, kağıt ve çam kozalağı tozunun karışım yapılarak preslendiği numune olduğu görülmektedir. Tablo 3.1 ve Şekil 3.11 incelendiğinde yünün ilave edildiği numunelerin dayanımının arttığı görülmektedir. Yünün lif dayanımının kağıttan daha fazla olduğu bilinmektedir. Deney sonuçlarının bu durumu destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Bu özellikleri ile bu malzemeler zemin ve tavan yalıtımı için de kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Şekil 3.11 incelendiğinde basma testi sonucunda oldukça yüksek basma kuvveti uygulanmasına karşın yalnızca N5 ve N7 nolu numunelerde yüzeysel çatlama ve N6 nolu malzemede küçük bir kısım malzeme kaybı görülmektedir. Numunelerin uygulanan kuvvet karşısında vermiş olduğu tepki yalnızca uygulanan kuvvetin etkisiyle sıkışmadan dolayı incelme olmuştur. N9, N10 gibi dolgu malzemesinin çam kozalağı tozu olduğu numunelerde şekilsel olarak daha yüksek bir dayanım görülmektedir.



**Şekil 30. 11:** Basma testi sonucunda numunelerin görünümleri

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Üretilen malzemelerin ısı transfer katsayıları 0,0908 W/mK ile 0,123 W/mK arasında değişmektedir. En düşük ısı transfer katsayısına N6 nolu numune sahiptir. N6 nolu numune %10 Yün, %10 Kağıt, %80 fındık kabuğu tozu bileşimli kompozit malzemedir. Tüm numunelerin iletim katsayılarının piyasadaki kompozit ahşap malzemeler ile kıyaslandığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. Genellikle doğal yapı malzemelerinin kullanıldığı yapılarda malzemeleri ısı iletim katsayılarından dolayı ısı kayıplarının çok fazla olduğu, malzemenin rutubetlenme ve böceklenmeye açık olduğundan malzeme kayıplarının önüne geçilememesi gibi sebeplerden dolayı mümkün olduğunca bu sağlıklı yapılardan uzak durulduğu görülmektedir. Isı iletim katsayılarının büyüklüğü gün geçtikçe büyüyen sentetik içerikli inşaat malzemelerin kullanımını artırmaktadır. Bu çalışmada üretilen malzemeler doğal yapı malzemelerine alternatif olarak üretilmiştir.

Yüzeyi hidrofobik ajanla kaplanan malzemelerin yüzey alanlarının küçüldüğü BET analizi ile belirlenmiş ve SEM ile görüntülenmiştir. BET analiz sonuçlarında kullanılan malzemelerin yüzey alanlarının %47,78 ile %43,08 arasında küçüldüğü görülmüştür. Bunun başka bir göstergesi olarak N11 nolu numunenin yoğunluk ölçümü sonucunda, hidrofobik ajan kullanılmamasının fazla bağlayıcı emilimi ile sonuçlandığı görülmüştür. Yapılan temas açısı ölçümleri ve su emme testi sonuçları hidrofobik olan numunelerin ya da yüksek temas açılara sahip malzemelerin daha az su emme kapasitesinin olduğu görülmüştür.

Yapı sanayinde kullanılan malzemelerin yoğunluklarının herhangi bir yıkılma riskine karşı oldukça düşük olması istenmektedir. Deprem bölgelerinin çoğunlukta olduğu ülkemizde malzeme yoğunluğunun düşük olması çok istenen bir özelliktir. Kırsal ve deprem bölgelerinde ahşap yapıların tercih edilmesinin nedenlerinden biri de budur. Bu çalışmada üretilen malzemelerin yoğunluk değerleri  $0,678 \text{ gr/cm}^3$  ile  $0,981 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. Bu değerler betonarme inşaat malzemeleriyle kıyaslandığında oldukça düşük bir değerdir.

Doğal ürünlerin kullanılması sağlık açısından iyi olduğu gibi çevre açısından da olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle inşaat sanayinde kullanılan ağaç kereste miktarı çok yüksek olduğundan tabii varlıklara oldukça büyük zarar verilmektedir. Ahşabın sağlığı ve dekoratif özellikleri için tercih konusu olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada üretilen malzeme biyolojik bitki ve hayvan artıklarından elde edildiği için oldukça doğal ve sağlık açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir.

Genellikle dağ, köy ve kasaba evlerinde kullanılan ahşap malzemeler sağlıklı olmalarından dolayı tercih edilmektedir. Bu çalışmada üretilen malzemeler içerikleri açısından oldukça doğa dostudur, dolgu malzemelerinin doğal atık olmasının yanı sıra bu malzemeleri bir araya getirmek için kullanılan bağlayıcı ise stiren akrilik kopolimer su bazlı bir bağlayıcıdır ve doğada tamamen yok olabilme özelliğine sahiptir. Üretilen bu malzemeler ahşap malzemelerden daha dayanıklı ahşap sağlığında bir yalıtım ve inşaat malzemesi olarak kullanılabilir.

Çam kozalağı kullanılan numunelerin basma dayanımlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Özellikle N10 numaralı numune  $97462,5 \text{ N}$  kuvvet dayanımı ile oldukça

dayanıklı bir malzemedir bunun çam kozalağının yapısının fındık kabuğundan daha lifli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. N5 nolu numune 0,678 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluk ile en hafif, N1 numunesi oda sıcaklığında %10,5/gün su emiciliği en düşük olan numunedir.

Kullanılan malzemeler tamamen atıktır. Çalışmada kağıt atıkları, çam kozalağı, fındık kabuğu ve atık yün parçaları kullanılmıştır. Çevresel açıdan kirlilik oluşturabilecek ekonomik değeri olmayan malzemelerden ekonomik değeri oldukça yüksek, uygulanabilirliği yüksek bir malzeme elde edilmiştir. Bu konudaki en büyük handikap tüm doğal malzemelerde olduğu gibi su emiciliğinden dolayı küflenme, böceklenme olması ve zamanla malzemenin kaybının gündeme gelmesidir. Silan kullanılmasının amacı malzemelerin yüzeylerini kaplayarak hidrofobik hale getirmek, böcek ve küflenmelere karşı koymaktır. Silan hem malzeme yüzeyini kaplayıp yüzey alanını küçültmüştür hem de su iticiliği ve kimyasal yapısı sayesinde biyolojik canlı oluşumunu engellemiştir. Bu numuneler inşaat malzemesi olarak kullanıldığında rutubet karşıtı doğal malzeme olarak kullanılacaktır. Hem çevresel atıkların kullanılması hem de bu atıkların ekonomik değeri olan ürünlere dönüştürülmesi sağlanmıştır. Bu mühendislik açısından bir win-win işlemidir. Temiz üretimin önem kazandığı günümüz dünyasında bırakın atık üretmeyi çevresel atıkları sağlığa zararlı olmayan bir ürüne dönüştürülen bir prosestir. Bu prosesin ürünleri olan malzemeler inşaat ve yalıtım sanayinde kolaylıkla kullanılabilir.

Dünya çapında üretilen yalıtım malzemeleri sera gazı salınımı yüksek petrokimya atığı malzemelerdir. Bunların sağlık açısından zararlı oldukları bilinen bir gerçektir.

Bitkisel ve hayvansal atıklardan üretilen bu malzemenin doğal içerikli olduğundan dolayı herhangi bir sera gazı salınımı olmayacaktır.



Bu malzemelerin üretimin en büyük avantajlarından biri de istenilen şekil verilerek üretilebilecek olmalarıdır. Bu özellikleri dekorasyon amaçlı rahatlıkla kullanılacak olmalarını kolaylaştırmaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] Taş, M. (2019). Ambalaj Atıklarından Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi.
- [2] Kırbıyık, E. (2012). Ses Ve Isı Yalıtımlı Ekolojik Yapı Malzemelerinin İncelenmesi Ve Trakya Bölgesinde Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Yalıtım Malzemesi Olarak Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi.
- [3] Bayraktar, D., & Bayraktar, E. A. (2018). Okul Binalarında Isı Yalıtımı Maliyetinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 57–72.
- [4] Kuru, A. (2012). Tekstil Elyaf Teleflerinden Isı Depolama Özelliğine Sahip Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [5] Karaağaç, İ., Durmuş, G., Uluer, O., Aktaş, M., & Tülü, F. (2015). Kompozit Isı Yalıtım Levhalarında Isı İletim Katsayısı Tespit Yaklaşımları. El-Cezerî Fen Ve Mühendislik Dergisi.
- [6] Durmuşoğlu, S. (2015). Türkiye'nin Enerji Politikaları Ve Komşu Ülkeler İle Uluslararası İlişkilerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- [7] Ataman, A. R. (2007). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi.
- [8] Koçaslan, G., & Dani, T. (2006). Türkiye'nin Enerji Kaynakları Ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi, 144.
- [9] Çalışkan, N. O. (2003). Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 9.

- [10] Şen, A. O. (2006). Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada Ve Türkiyede Yalıtım (Yüksek Lisans Tezi).
- [11] Yavuz, H. İ. (2019). Hidrofobik Olarak Aktive Edilmiş Kil Katkılı Doğal Liflerle Kompozit Yalıtım Malzemesi Üretimi Ve Malzemelerin Isı Transfer Katsayılarının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi.
- [12] Ögetürk, İ. (2019). Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Batman Üniversitesi.
- [13] Candan, N. (2007). Isı Yalıtım Sistemleri Ve Özelliklerinin Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi.
- [14] Sapan, M. A. (2017). Erzurum İlinde Isı Yalıtım Kalınlıklarının Enerji, Ekonomik Ve Çevresel Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi.
- [15] Akıncı, H. (2007). Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri Ve Fiyat Analizleri (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi.
- [16] Ataç, B. (2007). Kamu Ekonomisi. Anadolu Üniversitesi.
- [17] Heraklite Ahşap Yünü. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From [Http://Aksasunger.Com/Heraklite-Ahsap-Yunu](http://Aksasunger.Com/Heraklite-Ahsap-Yunu)
- [18] Organik Yapı Ve Yalıtım Malzemeleri | Gnyapı. (N.D.). Gn Yapı. Retrieved From [Https://Www.Gnyapi.Com.Tr/Organik-Yapi-Yalitim-Malzemeleri/](https://Www.Gnyapi.Com.Tr/Organik-Yapi-Yalitim-Malzemeleri/)
- [19] Batar, T., Köksal, N. S., & Yersel, Ş. E. (2009). Atık Bor, Atık Kâğıt Ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi Ve Karakterizasyonu. Ekoloji, 18(72), 45–53.
- [20] Keten Ve Kenevirden Oluşan Bitkisel Esaslı Isı Ve Ses Yalıtım Yünü - Yalıtım Dünyası - Çanakkale İzolasyon Su Ve Isı Yalıtımı - İsonem Ürünleri - Yapı Kimyasalları. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From

[Http://Www.Canakkaleyalitim.Com/Canakkale-Yalitim-95-Keten-Ve-Kenevir-den-Olusan-Bitkisel-Esasli-Isi-Ve-Ses-Yalitim-Yunu.](http://www.canakkaleyalitim.com/canakkale-yalitim-95-keten-ve-kenevir-den-olusan-bitkisel-esasli-isi-ve-ses-yalitim-yunu)

- [21] Süpüren Mengüç, G., & Özdil, N. (2014). Özel Hayvansal Lifler. *Electronic Journal Of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2).
- [22] Yalıtım Mı, Aman Dikkat. (2009, May 18). Küçük Evim'in Güncesi. Retrieved From [Https://Kucukevim.Wordpress.Com/2009/05/18/Yalitim-Mi-Aman-Dikkat/](https://kucukevim.wordpress.com/2009/05/18/yalitim-mi-aman-dikkat/)
- [23] Tıkansak, T., & Yüksek, I. (2016). Yapılarda Isı Yalıtım Malzemeleri Seçimi Üzerine Bir Araştırma. *Enerji Teknolojileri Ve Mekanik Tesisat Dergisi*.
- [24] Kamiscati.Eu | İlyas Tuna Saz / Kamış Çatı Ustası. (N.D.). Kamiscati.Eu | İlyas Tuna Tarafından. Retrieved June 9, 2020, From [Https://Kamiscati.Eu/](https://kamiscati.eu/)
- [25] Gong, L.-X., Zhao, L., Tang, L.-C., Liu, H.-Y., & Mai, Y.-W. (2015). Balanced Electrical, Thermal And Mechanical Properties Of Epoxy Composites Filled With Chemically Reduced Graphene Oxide And Rubber Nanoparticles. *Composites Science And Technology*, 121, 104–114.
- [26] Itoh, M. (2002). Fiber Reinforced Plastics Using A New Heat-Resistant Silicon Based Polymer. *Journal Of Materials Science*, V. 37(17), 3795–3801.
- [27] Raju, G. U., & Kumarappa, S. (2011). Experimental Study On Mechanical Properties Of Groundnut Shell Particle-Reinforced Epoxy Composites. *Journal Of Reinforced Plastics And Composites*, 30(12), 1029–1037.
- [28] Mazumdar, S. (2001). *Composites Manufacturing: Materials, Product, And Process Engineering*. Crc Press.
- [29] Ebewele, R. O. (2000). *Polymer Science And Technology*. Boca Raton: Crc Press.
- [30] Mert, M., & Çopur, O. (2007). Lif Bitkileri Üretimini Artırılması Olanakları, 24.

- [31] Ding, G., Fu, J., Dong, X., Chen, L., Jia, H., Wenqi, Y., & Shi, L. (2013). Preparation And Properties Of Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane/Epoxy Hybrid Resins. *Polymer Composites*, 34(10), 1753–1760.
- [32] Alüminyum Kompozit Panel, Pleksi, Dekota, Folyo, Reklam Malzemeleri. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From <https://www.kompozitsatis.com/blog/plastik---kopuk-kompozitler.html>.
- [33] Bektaş, N. B. (2011). Kompozit Malzemeler Ve Üretim Yöntemleri.
- [34] Sarıkaya, E. (2019). Doğal Fiber Takviyeli Kompozit Üretimi Ve Mekanik Özelliklerinin Tespiti. Retrieved From <http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/handle/11499/26917>
- [35] Alüminyum Kompozit Panel, Pleksi, Dekota, Folyo, Reklam Malzemeleri. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From <https://www.kompozitsatis.com/blog/yapısal-bilesenlerinin-sekline-gore-kompozit-malzemeler.html>
- [36] Kocagül, M. (2013). Isı Yalıtımında İdeal Yalıtım Malzemesi Kullanılmasının Deneysel Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi.
- [37] Yalıtım. (2015, October 16). Tmmob Makina Mühendisleri Odası. Retrieved June 9, 2020, From <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/yalitim>
- [38] İzodergi 142 - Yalıtım Kalınlıkları - İzoder. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From <https://www.izoder.org.tr/dergiler/izoder-142-e-dergi/>
- [39] İzoder. (2014). Bina Ve Tesisatlarda Isı Yalıtım Teknik Şartnamesi.
- [40] Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, R., & Harrison, P. (2002). *Green Building Handbook: Volume 1: A Guide To Building Products And Their Impact On The Environment*. Routledge.

- [41] Akfix - Akfix Çözüm Ustası. (N.D.). Akfix. Retrieved June 9, 2020, From [Http://Www.Akfix.Com.Tr/](http://www.akfix.com.tr/)
- [42] Eken, M. (2012). Yalıtım Malzemesi Üretiminde Atık Malzemelerin Kullanılması (Yüksek Lisans Tezi). Sütçü İmam Üniversitesi.
- [43] Yumpu.Com. (N.D.). Isı Yalıtım Sektör Araştırması - İto. Yumpu.Com. Retrieved June 9, 2020, From [Https://Www.Yumpu.Com/Tr/Document/Read/23585252/S-Yalitm-Sektor-Arastrmas-İto](https://www.yumpu.com/tr/document/read/23585252/S-Yalitm-Sektor-Arastrmas-İto).
- [44] Bulut, Ü. (2007). Perlitin Puzolanik Aktivitesi (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [45] 6.-Bağlayıcılar.Pdf. (N.D.). Retrieved From [Https://Yazreyhan.Com/Wp-Content/Uploads/2015/05/6.-Ba%C4%9flay%C4%B1c%C4%B1lar.Pdf](https://yazreyhan.com/wp-content/uploads/2015/05/6.-Ba%C4%9flay%C4%B1c%C4%B1lar.Pdf)
- [46] Alçı Hakkında Bilgi Ve Tarihçesi / Kurumsal | Alçıbay. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From [Http://Www.Alcibay.Com/Tr/Kurumsal/Alci-Hakkında-Bilgi-Ve-Tarihcesi-7](http://www.alcibay.com/tr/kurumsal/Alci-Hakkında-Bilgi-Ve-Tarihcesi-7).
- [47] Alçı Ve Alçıpan Ürünleri - Yapı Bims. (N.D.). Retrieved June 9, 2020, From [Http://Yapibims.Com.Tr/Urungruplari/4\\_Alci-Ve-Alcipan-Urunleri](http://yapibims.com.tr/urungruplari/4_Alci-Ve-Alcipan-Urunleri).
- [48] Uğur, T., & Güleç, A. (2016). Harç, Sıva Ve Diğer Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlayıcılar Ve Özellikleri. Restorasyon Ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (17), 77–91.
- [49] Kaçtıoğlu, S., & Şengül, Ü. (2011). Erzurum Kenti Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Tersine Lojistik Ağı Tasarımı Ve Bir Karma Tamsayı Programlama Modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 24(1), 89–112.

- [50] Güven, Y., & Gündüzalp, A. (2016). Waste And Waste Types, Waste Management, Recycling And Consumer: Çankaya Municipality And Instance Of Neighbourhood Consumers.
- [51] Palabıyık, H. (2001). Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [52] Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1996). Sağlık Açısından Çöp. Tıbbi Dokümantasyon Merkezi Toplum Sağlığı Dizisi.
- [53] Agarwal, S. K. (1990). Waste Management: A Systems Perspective. *Industrialmanagement & Data Systems*, 5, 90.
- [54] Üner, B., & Şahin, H. (2009). Geri Dönüşümde Yaş Pres Ve Kurutmanın Lif Özelliklerine Etkisi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 5(1), 145–158.
- [55] Biermann, C. J. (1993). *Essentials Of Pulping And Papermaking*. San Diego: Academic Press.
- [56] Kaya, A. İ. (2015). Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [57] Tutuş, A., & Çiçekler, M. (2017). Atık Kağıt Geri Kazanımı Ve Kastamonu Ekonomisine Katkısı.
- [58] Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life Cycle Energy Analysis Of Buildings: An Overview. *Energy And Buildings*, 42, 1592–1600.
- [59] Khedari, J., Charoenvai, S., & Hirunlabh, J. (2003). New Insulating Particleboards From Durian Peel And Coconut Coir. *Building And Environment*, 38(3), 435–441.

- [60] Wu, J., Wang, X., Wang, Q., Lou, Z., Li, S., Zhu, Y., ... Wei, H. (2019). Nanomaterials With Enzyme-Like Characteristics (Nanozymes): Next-Generation Artificial Enzymes (I). *Chemical Society Reviews*, 48.
- [61] Zhang, L., & Hu, Y. (2014). Novel Lignocellulosic Hybrid Particleboard Composites Made From Rice Straws And Coir Fibers. *Materials & Design*, 55, 19–26.
- [62] Kurnaz, M. (2019). Ekolojik Malzemeler Kullanılarak Üretilen Isı Yalıtım Levhalarının Özelliklerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- [63] PehliVan, E., & Taner, F. (2006). Fındık Kabuklarının Yb/Ys Mini Reaktörde Sıvılaştırılmasında Tane Boyutunun Ve Reaktör İçindeki Basıncın Sıvılaştırma Verimi Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 21(1), 11–20.
- [64] Yün Lifi, Özellikleri Ve Kullanım Alanları. (N.D.). Yün Lifi, Özellikleri Ve Kullanım Alanları - Tekstil Sayfası. Retrieved From <https://Tekstilsayfasi.Blogspot.Com/2013/01/Yun-Lifi-Ozellikleri-Ve-Kullanim.Html>
- [65] Isı Yalıtım Malzemesi Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Unsurlar. Malzeme Bilimi Ve Mühendislik Sitesi. Retrieved June 9, 2020, From <https://Malzemebilimi.Net/Isi-Yalitim-Malzemesi-Seciminde-Dikkat-Edilmesi-Gereken-Unsurlar.Html>
- [66] Altınışık, K. (2006). Isı Yalıtımı. Nobel Yayın Dağıtım.
- [67] Ekinci, C. E. (2003). Yalıtım Teknikleri. İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım.



- [68] Evcil, N. (2000). Isı İzolasyonu Ve Dış Duvarlarının Enerji Etkin Yenilenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [69] Frydrych, I., Dziworska, G., & Bilka, J. (2002). Comparative Analysis Of The Thermal Insulation Properties Of Fabrics Made Of Natural And Man-Made Cellulose Fibres. *Fibres And Textiles In Eastern Europe*, 10, 40–44.
- [70] Asdrubali, F., Schiavoni, S., & Horoshenkov, K. V. (2012). A Review Of Sustainable Materials For Acoustic Applications. *Building Acoustics*, 19(4), 283–311.
- [71] Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması. (N.D.). Retrieved June 9, 2020.
- [72] Zhou, X., Zheng, F., Li, H., & Lu, C. (2010). An Environment-Friendly Thermal Insulation Material From Cotton Stalk Fibers. *Energy And Buildings*, 42, 1070–1074.
- [73] Karabıyık, E. (2010). Toplu Konut Yapılarında Su Yalıtım Ve Marmara Bölgesi İçin Çözüm Örnekleri (Thesis). Fen Bilimleri Enstitüsü. Retrieved From
- [74] Onésippe, C., Passé-Coutrin, N., Toro Perea, E., Delvasto, S., Bilba, K., & Arsène, M.-A. (2010). Sugar Cane Bagasse Fibres Reinforced Cement Composites: Thermal Considerations. *Composites Part A: Applied Science And Manufacturing*, 41, 549–556.
- [75] Mounika, M., Ramaniah, K., Prasad, A. R., Rao, K. M., & Reddy, K. (2012). Thermal Conductivity Characterization Of Bamboo Fiber Reinforced Polyester Composite. *Journal Of Materials And Environmental Science*, 3, 1109–1116.

- [76] Binici, H., Aksogan, O., Gemci, R., Bölümü, M., & Türkiye, K. (2020). Pamuk Atıkları Ve Tekstil Külleri İle Üretilen Hafif Yapı Malzemelerinin Yalıtım Özellikleri.
- [77] BiNiCi, H., SeviNç, A., & Eken, M. (2012). Ayçiçek Sapı Ve Tekstil Atıkları İle Yalıtım Malzemesi Üretimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(1), 1–5.
- [78] Sangrutsamee, V., Srichandr, P., & Poolthong, N. (2012). Re-Pulped Waste Paper-Based Composite Building Materials With Low Thermal Conductivity. Journal Of Asian Architecture And Building Engineering, 11(1), 147–151.
- [79] Güleç, T., Tufan, M., Çukur, U., Akbaş, S., & İmamoğlu, S. (2015). Atık Bardaklardan Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri (Atık Bardaklardan Üretilen Ahşap Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri). Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(2), 176–182.
- [80] Patnaik, A., Mvubu, M., Muniyasamy, S., Botha, A., & Anandjiwala, R. D. (2015). Thermal And Sound İnsulation Materials From Waste Wool And Recycled Polyester Fibers And Their Biodegradation Studies. Energy And Buildings, 92, 161–169.
- [81] Üçgül, İ., & Turak, B. (2015). Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü Ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Academic Platform Journal Of Engineering And Science, 3.
- [82] Binici, H., Aksogan, O., & Demirhan, C. (2016). Mechanical, Thermal And Acoustical Characterizations Of An İnsulation Composite Made Of Bio-Based Materials. Sustainable Cities And Society, 20, 17–26.

- [83] Ariany, Z., Said, S. D., & Hartono. (2018). The Development Of Thermal Insulation System On Fish Cargo Hold By Utilizing Paper Waste (Cellulose) For Improving Catch Quality. *Advanced Science Letters*, 24(12), 9886–9889.
- [84] Casini, M. (2020). Insulation Materials For The Building Sector: A Review And Comparative Analysis. In *Encyclopedia Of Renewable And Sustainable Materials* (Pp. 121–132). Elsevier.
- [85] Hendrickx, F., Maelfait, J.-P., & Lens, L. (2008). Effect Of Metal Stress On Life History Divergence And Quantitative Genetic Architecture In A Wolf Spider. *Journal Of Evolutionary Biology*, 21(1), 183–193.
- [86] Jerman, M., Palomar, I., Kočí, V., & Černý, R. (2019). Thermal And Hygric Properties Of Biomaterials Suitable For Interior Thermal Insulation Systems In Historical And Traditional Buildings. *Building And Environment*, 154, 81–88.
- [87] Yn687.Pdf. (N.D.). Retrieved From <https://katalog.marmara.edu.tr/muyayinevi/yn687.pdf>
- [88] Zycosil Türkiye Distribütörü. (N.D.). Retrieved October 2, 2020, From <http://zycosilturkiye.com/zycosil.html>
- [89] Yasuda, T., Okuno, T., & Yasuda, H. (1994). Contact Angle Of Water On Polymer Surfaces. *Langmuir*, 10(7), 2435–2439.
- [90] Ma, Y., Cao, X., Feng, X., Ma, Y., & Zou, H. (2007). Fabrication Of Super-Hydrophobic Film From Pmma With Intrinsic Water Contact Angle Below 90°. *Polymer*, 48(26), 7455–7460.
- [91] A New Environmentally Friendly Insulating Material Designed From Natural Materials | Request Pdf. (N.D.). Researchgate.

- [92] Zhang, X., & Qin, Y. (2019). Contact Angle Hysteresis Of A Water Droplet On A Hydrophobic Fuel Cell Surface. *Journal Of Colloid And Interface Science*, 545, 231–241.
- [93] Yilbas, B. S., Al-Sharafi, A., Ali, H., & Al-Aqeeli, N. (2017). Dynamics Of A Water Droplet On A Hydrophobic Inclined Surface: Influence Of Droplet Size And Surface Inclination Angle On Droplet Rolling. *Rsc Advances*, 7(77), 48806–48818.
- [94] Öztürk, H., Birinci, A. U., & Demirkir, C. (2017). Yapısal Ahşap Ürünlerinin Isı Yalıtım Özellikleri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 522–527.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Mihriban SARI  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Kahramanmaraş/Elbistan – 09.09.1995  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**İletişim (e-posta)** : [sarimihriban@outlook.com](mailto:sarimihriban@outlook.com)  
[sarimihriban46@gmail.com](mailto:sarimihriban46@gmail.com)

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

**Lise** : Mükrimin Halil Anadolu Lisesi (2008-2012)  
**Lisans** : Kafkas Üniversitesi (2013-2017)  
**Yüksek Lisans** : Kafkas Üniversitesi (2017-Halen)

**Yayınları (SCI ve diğer)** : Erkmen J., Yavuz H.İ., Kavcı E., Sarı M., (2020). A new environmentally friendly insulating material designed from natural materials. Construction and Building Materials, 255

**Kongre Bildirisi (Özet Metin)** : Erkmen J., Sarı M., Yavuz H.İ. Production Of Hydrophobic Activated Clay Added Composite Insulation Material And Investigation Of Changes In Heat Transfer Coefficients. 4 Th International Conference On Advances In Natural Applied Sciences, 16.06.2019.(Ağrı/ TÜRKİYE).

Omar M.A., Sarı M., Foto Voltaik-Termal (Pv/T) Güneş Enerji Sistemleri. UMTEB 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi,11.04.2019.(Iğdır/ TÜRKİYE).

**Proje:** Erkmen J., Sarı M., Yavuz H.İ., Sarı M. (2019). Hidrofobik Olarak Aktive Edilmiş Bentonit Katkılı Kompozit Yalıtım Malzemesi Üretimi ve Malzemenin Termal Özelliklerinin İncelenmesi. 2019-FM-57. Kafkas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi.(Kars/ TÜRKİYE)

