



MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BİOKOMPOZİT ANAHTAR PRİZ  
ÜRETİMİ VE MEKANİK, TERMAL VE  
ELEKTRİKSEL DAVRANIŞLARININ  
İNCELENMESİ**

HAKAN ERKUŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Programı

**DANIŞMAN**

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın BOZTOPRAK

**İSTANBUL, 2024**



MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BİOKOMPOZİT ANAHTAR PRİZ  
ÜRETİMİ VE MEKANİK, TERMAL VE  
ELEKTRİKSEL DAVRANIŞLARININ  
İNCELENMESİ**

HAKAN ERKUŞ  
(533320010)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı  
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Programı

**DANIŞMAN**

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın BOZTOPRAK

İSTANBUL, 2024

# MARMARA ÜNİVERSİTESİ

## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans/Doktora Hakan Erkuş'un "Biokompozit Anahtar Priz Üretimi ve Mekanik, Termal ve Elektriksel Davranışlarının İncelenmesi" başlıklı tez çalışması, .....tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

### Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın BOZTOPRAK (Danışman)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA).....

Prof. Dr. Münir TAŞDEMİR (Üye)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA).....

Prof. Dr. Murat YAZICI (Üye)

Bursa Uludağ Üniversitesi ..... (İMZA).....

### ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....tarih ve .....sayılı kararı ile Hakan Erkuş'un Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

**Prof. Dr. Bülent EKİCİ**

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım sürecinde her konudaki bilgi ve tecrübesinden yararlandığım ve süreç boyunca beni sürekli yönlendiren, kenevir ve fındık kabuğu temininde yardımcı olan, uygulama çalışmalarında benim kadar emek harcayan değerli hocam, danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Yalçın BOZTOPRAK'a teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Test numunelerinin hazırlanması, enjeksiyon ve ekstrüzyon proseslerinin uygulanması, mekanik, fiziksel ve termal testlerin uygulaması aşamalarında laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan ve yapılan çalışmalarda bilgi, tecrübe ve emeklerini esirgemeyen Prof. Dr. Münir TAŞDEMİR hocama ve tüm hazırlık ve test aşamalarında desteklerini esirgemeyen kıymetli Arş. Gör..Elif ULUTAŞ'a,

Yüksek lisans eğitimim süresince, eğitimim için iş yerinden kullanmam gereken izinler konusunda desteğini esirgemeyen Panasonic Electric Works Türkiye firmasına, firmanın imkanlarını kullanmama olanak sağlayan, bilgi ve tecrübesine defalarca başvurduğum Panasonic Electric Works Türkiye firmasında birlikte çalıştığımız kıymetli müdürüm Sayın Onur KESKİN'e,

Attığım her adımda koşulsuz bir şekilde arkamda duran, her türlü desteğini benden esirgemeyen değerli eşim Rumeysa ERKUŞ'a ve bu tez çalışması sırasında dünyaya gelen motivasyon kaynağım kıymetli oğlum Kıvanç ERKUŞ'a ve tabi beni bu günlere getiren aileme,

Tez yazım sürecinde desteklerini esirgemeyen, zor anlarımda bana destek sağlayan kıymetli arkadaşım Murat KÖSE'ye teşekkürü borç bilirim.

**HAZİRAN 2024**

**HAKAN ERKUŞ**

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	v
SEMBOLLER .....	vi
KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ .....	xi
BÖLÜM 1. GİRİŞ .....	1
1.1 Polimerik Malzemeler .....	2
1.2 Kompozit Malzemeler .....	3
1.3 Biyokompozit Malzemeler.....	4
1.4 Literatür Taraması .....	5
BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
2.1. Kullanılan Malzemeler .....	8
2.1.1. Polikarbonat- Akrilonitril Bütadien Stiren (PC/ABS).....	8
2.1.2. Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) .....	9
2.1.3. Kenevir.....	10
2.1.4. Fındık kabuğu .....	12
2.2 Kullanılan Cihazlar ve Makineler .....	13
2.2.1. Terazî .....	13
2.2.2. Öğütücü .....	14
2.2.3. Elek analizi .....	14
2.2.4. Kurutma fırını .....	15
2.2.5. Ekstrüzyon makinesi.....	16
2.2.6. Enjeksiyon makinesi .....	17
2.2.7 Biyokompozit malzemelerin üretim prosesi.....	20
2.3 Mekanik Testler .....	21
2.3.1. Çekme testi.....	21
2.3.2. Darbe testi .....	22
2.3.3 Çentik açma .....	24
2.3.4 Sertlik testi.....	24
2.3.5 Aşınma testi.....	25

2.3.6 Üç nokta eğme testi.....	26
2.4 Fiziksel Testler .....	27
2.4.1 Erime akış indeksi (MFI).....	27
2.4.2 Yoğunluk .....	28
2.4.3 Vicat yumuşama sıcaklığı.....	29
2.5 Termal Testler.....	30
2.5.1 Yanmazlık sınıfı .....	30
2.5.2 Kızgın tel alevlenebilirlik .....	31
2.5.3 Bilye basınç testi .....	32
2.6 Elektriksel Testler .....	33
2.6.1 Yüksek gerilim testi.....	33
BÖLÜM 3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	35
3.1 Mekanik Testlerin Sonuçları .....	35
3.1.1 Çekme testi.....	35
3.1.2 3 Nokta eğme .....	38
3.1.3 Sertlik testi.....	42
3.1.4 Darbe mukavemeti .....	44
3.2 Fiziksel Testlerin Sonuçları.....	47
3.2.1 Yoğunluk .....	47
3.2.2 Erime akış indeksi .....	49
3.2.3 Vicat yumuşama sıcaklığı.....	52
3.2.4 Aşınma oranı.....	55
3.2.5 Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri .....	66
3.3 Termal Testlerin Sonuçları.....	67
3.3.1 UL94 yanmazlık testi.....	67
3.3.2 Kızgın tel deneyi.....	68
3.3.3 Bilye basınç testi .....	69
3.4 Elektriksel Testlerin Sonuçları .....	71
3.4.1 Yüksek gerilim testi.....	71
BÖLÜM 4. SONUÇLAR .....	72
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	83

## ÖZET

### **BIYOKOMPOZİT ANAHTAR PRİZ ÜRETİMİ VE MEKANİK, TERMAL VE ELEKTRİKSEL DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

Kompozit malzemeler artık dünyada ve ülkemizde geniş yer tutmaktadır. Hemen her sektörde kompozit malzemelerden faydalanılmakta ve gün geçtikçe önemi daha da anlaşılmaktadır. Rüzgâr enerjisi, uzay, havacılık, eğlence sektörleri bunlardan sadece birkaçıdır. Biyokompozit malzemeler özellikle biyobozunur olmaları ve çevreyi daha az kirletmeleri sebebiyle araştırma konusudur. Biyokompozitlerinin yenilenebilir kaynaktır, ucuzdur ve bazı durumlarda tamamen geri dönüştürülebilir.

Tezimizde elektrik-elektronik sektöründe, inşaatlarda, evimizde, okulda, hastanede kısacası günlük hayatımızda rastladığımız her yerde var olan anahtar priz üretimlerini incelemek, farklı doğal takviye elemanları (kenevir, fındık kabuğu vb.) kullanarak anahtar priz üretmek ve mekanik ve termal özelliklerini incelemek ana hedefimizdir. Bu şekilde biyokompozit malzemedan anahtar priz üretimi ile çevreye katkı sağlanmış olacaktır. Kullanılacak olan biyomalzemeler, termoplastik malzeme ile farklı oranlarda karıştırılıp öncelikle ekstrüzyon ile granül haline getirilecek, sonrasında plastik enjeksiyonda kalıba basılarak üretim yapılacaktır. Üretimi yapılan numunelerin mekanik ve termal özellikleri incelenecektir. Anahtar-priz üretimi genellikle PC/ABS-PC ve ABS hammaddeleri kullanılarak gerçekleştiriliyor. Bunlara ek olarak katkı malzemeleri, boya ve takviye elemanları ile istenilen ek özellikler kazandırılıyor. Günlük hayatımızın vazgeçilmesi olan elektrik enerjisine ulaşmanın en kolay yolu, anahtar ve prizlerden geçiyor. Kullanılan bu ürün grupları için mekanik dayanım ve yanmaya karşı dayanım gibi özellikler istenmektedir. Tezimizde amacımız tüm bu özellikleri biyokompozit malzemeler ile sağlamaktır.

Plastik enjeksiyon makinelerinde yapılan üretimlerde enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, ütüleme basıncı ve süresi, kalıp ısıları, hammadde ısısı, nemi ve özellikleri gibi birçok parametre bulunmaktadır. Enjeksiyon prosesinde tüm bu özellikleri standart olarak ayarlayabilmek ancak doğru girdi yani hammadde ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle biyokompozit malzemelerin granül boyutları, içerisindeki nem miktarı (eğer nemli ise kurutmaya tabi olmalıdır), karışım oranları gibi parametreler kontrol altına alınmalıdır. Bilimsel proses parametreleri kullanılarak süreç takip edilecek, uygun ve ekonomik etkileri göz önünde bulundurularak araştırmalar yapılacaktır.

## **ABSTRACT**

### **BIOCOMPOSITE SWITCH SOCKET PRODUCTION AND INVESTIGATION OF MECHANICAL, THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR**

Composite materials are increasingly pivotal globally and domestically, finding extensive application across diverse sectors, including wind energy, aerospace, and entertainment, among others. Biocomposite materials, particularly notable for their biodegradability and reduced environmental impact, have garnered significant research interest. They represent a renewable and cost-effective solution, often entirely recyclable.

Our thesis focuses on examining the production of electrical outlets and switches, ubiquitous in daily life, across sectors ranging from electrical-electronic to construction, residential, educational, and healthcare facilities. The primary aim is to produce these items using various natural reinforcing elements, such as hemp and hazelnut shells, while investigating their mechanical and thermal properties. This approach aims to contribute to environmental sustainability by manufacturing electrical outlets and switches from biocomposite materials. Typically, the production of electrical outlets and switches relies on PC/ABS-PC and ABS raw materials. Additional components, including additives, paints, and reinforcing elements, are incorporated to impart desired supplementary properties. Mechanical strength and resistance to combustion are key properties sought for these essential product categories.

In the production processes of plastic injection machines, numerous parameters, including injection pressure, speed, packing pressure and time, mold temperatures, raw material temperature, moisture, and properties, must be considered. Achieving standardized adjustment of all these features during the injection process is contingent upon the correct input, i.e., raw materials. Therefore, parameters of biocomposite materials, such as granule sizes, moisture content (if present, must undergo drying), and mixing ratios, must be meticulously controlled. Employing scientific process parameters, research will be conducted while considering appropriate and economical effects.

## SEMBOLLER

<b><math>\Sigma a</math></b>	: Akma mukavemeti
<b><math>\Sigma k</math></b>	: Kopma mukavemeti
<b><math>^{\circ}C</math></b>	: Santigrat derece
<b>D</b>	: Yoğunluk
<b>Dk</b>	: Dakika
<b>Dev</b>	: Devir
<b>F</b>	: Kuvvet
<b>G</b>	: Gram
<b>J</b>	: Joule
<b>kJ</b>	: Kilojoule
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekare
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>Mm</b>	: Milimetre
<b>N</b>	: Newton
<b>Nm</b>	: Newton metre
<b>Sn</b>	: Saniye
<b>L</b>	: Boy
<b>D</b>	: Çap

## **KISALTMALAR**

**ABS** : Akrilonitril Bütadien Stiren

**ISO** : International Organization for Standardization

**MFI** : Ergime Akış İndisi (Melt Flow Index)

**PC/ABS** : Polikarbonat/Akrilonitril bütadien strien

**PP** : Polipropilen

**SEM** : Taramalı Elektron Mikroskobu

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Polimerlerin kullanım alanları (Öncel, 2016).....	1
Şekil 2. 1 Polimerlerin zincir yapıları (Çetin, 2024).....	2
Şekil 3. 2 Kompozit malzemelerin yapısı (Mansur, 2016).....	4
Şekil 2. 1 Kenevir sapı ve öğütülmüş formu.....	12
Şekil 2. 2 Fındık kabuğu ve öğütülmüş formu.....	13
Şekil 2. 3 Terazı .....	14
Şekil 2. 4 Öğütücü.....	14
Şekil 2. 5 Elek analiz cihazı .....	15
Şekil 2. 6 Kurutma fırını .....	16
Şekil 2. 7 Çift vidalı ekstrüzyon makinesi .....	17
Şekil 2. 8 Plastik enjeksiyon makinesi.....	19
Şekil 2. 9 Çekme testi cihazı.....	22
Şekil 2. 10 Standart çekme numunesi .....	22
Şekil 2. 11 Darbe testi cihazı .....	23
Şekil 2. 12 Çentik açma cihazı.....	24
Şekil 2. 13 Shore test cihazı ve kullanılan uçlar (Kopeliovich, 2023).....	25
Şekil 2. 14 Aşınma test cihazı.....	26
Şekil 2. 15 3 Noktalı eğme test cihazı.....	27
Şekil 2. 16 MFI test cihazı .....	28
Şekil 2. 17 Yoğunluk test cihazı .....	29
Şekil 2. 18 Vicat yumuşama sıcaklığı test cihazı.....	29
Şekil 2. 19 ZLT-GTR kızaran tel test cihazı.....	31
Şekil 2. 20 Kızgın tel ve test numunesi.....	32
Şekil 2. 21 Kuru ısı sterilizatörü .....	32

Şekil 2. 22 Yükleme cihazına yerleştirilen numune .....	33
Şekil 2. 23 Klimatik test cihazı .....	34
Şekil 2. 24 İzolasyon test cihazı.....	34
Şekil 3. 1 ABS- PC/ABS kenevir polimer kompozitinin, çekme mukavemeti ve kopma uzaması .....	36
Şekil 3. 2 ABS- PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması.....	38
Şekil 3. 3 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerlerinin grafiksel gösterimi .....	40
Şekil 3. 4 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerlerinin grafiksel gösterimi .....	42
Şekil 3. 5 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin sertlik değerlerinin grafiksel gösterimi .....	43
Şekil 3. 6 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerlerinin grafiksel gösterimi .....	44
Şekil 3. 7 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerlerinin grafiksel gösterimi .....	45
Şekil 3. 8 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerlerinin grafiksel gösterimi .....	46
Şekil 3. 9 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerlerinin grafiksel gösterimi .....	48
Şekil 3. 10 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerlerinin grafiksel gösterimi .....	49
Şekil 3. 11 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerlerinin grafiksel gösterimi .....	50
Şekil 3. 12 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerlerinin grafiksel gösterimi .....	51
Şekil 3. 13 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerlerinin grafiksel gösterimi .....	53
Şekil 3. 14 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerlerinin grafiksel gösterimi.....	54

Şekil 3. 15 ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m-40m-60m-80m .....	60
Şekil 3. 16 PC/ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m-40m-60m-80m .....	60
Şekil 3. 17 ABS+Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m-40m-60m-80m.....	65
Şekil 3. 18 PC/ABS+Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m-40m-60m-80m .....	65
Şekil 3. 19 Saf ABS ve PC/ABS ile kenevir ve fındık kabuğu SEM görüntüleri.....	66
Şekil 3. 20 Kızgın tel deneyine maruz kalmış PC/ABS+%7 fındık kabuğu.....	69
Şekil 3 21 Yüksek gerilim testi uygulama örneği .....	71
Şekil 4. 1 ABS+ %3 Kenevir karışımının çerçeve üretiminde uygulanması .....	79

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1 PC/ABS'in teknik özellikleri.....	8
Tablo 2. 2 ABS'in teknik özellikleri.....	9
Tablo 2. 3 Tez numuneleri ve takviye elemanları.....	20
Tablo 2. 4 Yanma sınıflandırması.....	30
Tablo 3. 1 ABS- PC/ABS kenevir polimer kompozitinin, çekme mukavemeti ve kopma uzaması .....	35
Tablo 3. 2 ABS- PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması.....	37
Tablo 3. 3 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin gerilme ve maksimum şekil değiştirme değerleri .....	39
Tablo 3. 4 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerleri .....	41
Tablo 3. 5 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin sertlik değerleri .....	43
Tablo 3. 6 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri.....	44
Tablo 3. 7 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerleri .	45
Tablo 3. 8 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerleri .....	46
Tablo 3. 9 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri .....	47
Tablo 3. 10 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri....	48
Tablo 3. 11 ABS-PC/A BS kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri	50
Tablo 3. 12 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri .....	51
Tablo 3. 13 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerleri .....	53
Tablo 3. 14 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerleri.....	54
Tablo 3. 15 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m.....	56

Tablo 3. 16 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 40m.....	57
Tablo 3. 17 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 60m.....	58
Tablo 3. 18 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 80m.....	59
Tablo 3. 19 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 20m.....	61
Tablo 3. 20 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 40m.....	62
Tablo 3. 21 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 60m.....	63
Tablo 3. 22 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri (cm <sup>3</sup> /Nm) 10N 80m.....	64
Tablo 3. 23 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yanmazlık değerleri .....	67
Tablo 3. 24 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yanmazlık değerleri ..	68
Tablo 3. 25 Kızgın tel deney sonucu .....	69
Tablo 3. 26 ABS-PC/ABS fındık kabukları ile üretilen test numuneleri.....	70
<b>Tablo 3. 27</b> ABS-PC/ABS kenevir ile üretilen test numuneleri.....	71

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemelerin kullanımı, endüstriyel üretim süreçlerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle plastik malzemelerin çevresel etkileri ve geri dönüşüm zorlukları, araştırmacıları alternatif ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelere yönlendirmektedir. Bu bağlamda, kenevir ve fındık kabuğu gibi doğal dolgu maddeleri, polimer kompozitlerin mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmek amacıyla yaygın olarak araştırılmaktadır. Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) ve Polikarbonat/ABS (PC/ABS) karışımları, mühendislik plastikleri arasında önemli bir yere sahiptir. ABS, darbe dayanımı, işlenebilirlik ve maliyet etkinliği gibi özellikleriyle bilinirken, PC/ABS karışımları, yüksek darbe dayanımı ve ısı direnci sunar. Bu özellikler, ABS ve PC/ABS'yi otomotiv, elektronik ve inşaat gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda tercih edilen malzemeler haline getirmektedir.

Bu çalışmada, ABS ve PC/ABS matrislerine kenevir ve fındık kabuğu gibi doğal dolgu maddelerinin eklenmesiyle elde edilen kompozitlerin mekanik, termal ve elektriksel özellikleri incelenecektir. Doğal dolgu maddelerinin kullanımı hem malzeme maliyetlerini düşürmek hem de çevresel sürdürülebilirliği artırmak açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, bu tür kompozitlerin performans özelliklerinin anlaşılması, endüstriyel uygulamalarda daha geniş bir kullanım alanı bulmalarına olanak tanıyacaktır (Aylin, 2024).



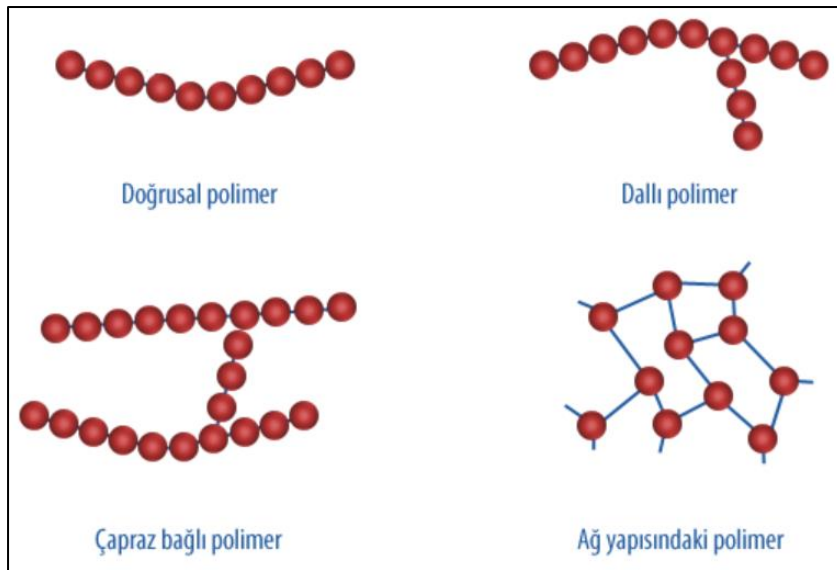
Şekil 1. Polimerlerin kullanım alanları (Öncel, 2016)

Bu tez çalışması, kenevir ve fındık kabuğu dolgu maddelerinin ABS ve PC/ABS matrisleri üzerindeki etkilerini araştırarak, bu malzemelerin mekanik ve termal performanslarını anahtar priz üretiminde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

## 1.1 Polimerik Malzemeler

Polimerler, monomer adı verilen tekil moleküler yapı birimlerinin tekrar eden zincirler halinde bir araya gelmesiyle oluşan büyük moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Bu polimerik zincirler genellikle karbon, hidrojen, oksijen ve bazen azot gibi elementlerin bir araya gelmesiyle oluşur. Polimerlerin moleküler yapıları, kimyasal bileşenlerinin ve moleküler ağırlıklarının yanı sıra polimerizasyon sürecinin koşullarına bağlı olarak çeşitlilik gösterir.

Polimerlerin özellikleri, moleküler yapılarından kaynaklanır. Zincir uzunluğu, dallanma derecesi, moleküler ağırlık dağılımı ve zincir mimarisi gibi faktörler polimerin mekanik, termal, optik ve kimyasal özelliklerini belirler. Polimerler genellikle elastiklik, dayanıklılık, hafiflik, yalıtkanlık, iletkenlik, sertlik, termal kararlılık ve kimyasal direnç gibi özelliklere sahiptir. Polimerler, geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesine sahiptir. Plastikler ambalaj, otomotiv, elektronik ve tıbbi cihazlar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılır. Elastomerler, lastik ürünlerin imalatında önemli bir rol oynar. Polimer bilimi, polimerlerin sentezi, karakterizasyonu, işlenmesi ve çeşitli uygulamalarda kullanılmasını içeren kapsamlı bir araştırma alanıdır (Osswald & Menges, 2012).



Şekil 2. 1 Polimerlerin zincir yapıları (Çetin, 2024)

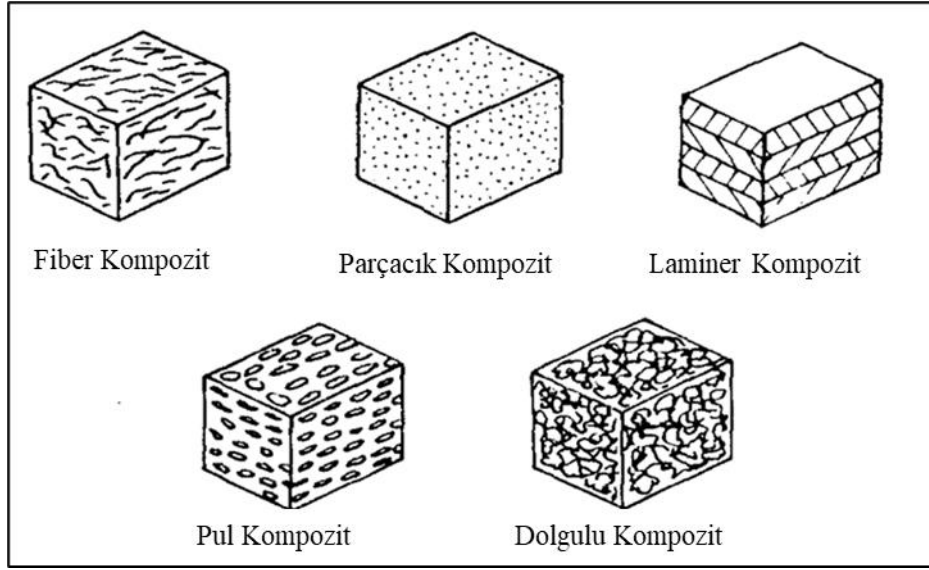
## 1.2 Kompozit Malzemeler

Kompozit olarak adlandırılan malzeme grubu, farklı özelliklere sahip malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan ve minimum 2 farklı malzeme barındıran, istenilen özelliklerin kazandırılarak oluşturulduğu bir malzeme türüdür. Bu malzemeler, her bir bileşenin özelliklerini birleştirerek veya geliştirerek, daha dayanıklı, hafif, mukavemetli veya özel işlemlere sahip bir malzeme elde etmek için kullanılır. Genellikle bir kompozit malzeme, bir matris ve takviye malzemesi içerir.

Matris, kompozit malzemenin bağlayıcı bileşenidir. Genellikle polimerler (plastikler), metalik alaşımlar veya seramikler gibi malzemeler kullanılır. Matris malzemesi, takviye malzemelerini bir arada tutar, korur ve dağıtır. Aynı zamanda kompozitin mekanik özelliklerini, kimyasal dayanıklılığını ve ısı direncini etkileyebilir.

Takviye malzemesi, kompozit malzemenin dayanıklılığını ve mukavemetini artıran bileşenidir. Bu takviye malzemeleri genellikle fiberler, örgüler veya yapılara sahip malzemelerdir. Cam elyaf, karbon fiber, aramid (Kevlar), cam mat, ve doğal lifler gibi malzemeler sıkça kullanılır. Takviye malzemeleri, kompozitin spesifik uygulamadaki performansını belirleyen kritik bir faktördür.

Takviye malzemeleri, kompozitleri yüksek mukavemetli ve hafif yapar. Bu, taşıma araçlarından yapısal bileşenlere kadar birçok uygulamada önemlidir. Kompozitler, geleneksel malzemelere göre daha düşük yoğunluğa sahip olabilir, bu da taşıma ve enerji verimliliği açısından avantaj sağlar. Metal malzemeler sıklıkla korozyona uğrar, ancak kompozitler bu açıdan daha dayanıklıdır. Bu nedenle denizcilik ve kimyasal endüstrilerde tercih edilirler. Kompozit malzemelerin bileşenleri ve oranları özelleştirilebilir, böylece belirli uygulama gereksinimlerine uygun olarak tasarlanabilirler. Kompozit malzemeler, birçok endüstri ve uygulama alanında kullanılır, örneğin otomotiv, havacılık, denizcilik, inşaat, spor malzemeleri (örneğin golf sopaları ve bisiklet çerçeveleri), uzay endüstrisi ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kullanımı, yüksek performans, dayanıklılık ve tasarım esnekliği sağlama potansiyeli nedeniyle oldukça yaygındır.



Şekil 3. 2 Kompozit malzemelerin yapısı (Mansur, 2016)

### 1.3 Biyokompozit Malzemeler

Biyokompozit malzeme, doğal biyolojik kaynaklardan elde edilen veya biyolojik olarak parçalanabilen materyallerin kullanıldığı kompozit bir malzeme türüdür. Biyokompozitler, çevre dostu ve sürdürülebilir malzeme seçenekleri olarak dikkat çekerler, çünkü geleneksel kompozitlere kıyasla daha az çevresel etkiye sahiptirler. Bu tür malzemeler, genellikle iki temel bileşeni içerir:

Biyokompozitlerin matris bileşeni, biyobozunur veya doğal malzemelerden üretilir. Bu malzemeler genellikle biyopolimerlerden oluşur ve çoğu durumda yenilenebilir kaynaklardan elde edilir. Örnekler arasında nişasta, selüloz, mısır nişastası veya biyobozunur plastikler yer alır. Bu malzemeler, çevre dostu ve geri dönüştürülebilir özelliklere sahiptir.

Biyokompozitlerin takviye malzemesi, genellikle doğal lifler veya diğer biyolojik kaynaklı malzemelerden oluşur. Örnekler arasında ahşap lifleri, bambu, keten, kenevir ve diğer bitkisel lifler bulunur. Bu takviye malzemeleri, malzeme mukavemetini artırmak ve doğal kökenli olma özelliğini sürdürmek için kullanılır.

Biyokompozitler, yenilenebilir kaynaklardan üretildiği için sürdürülebilirdir ve fosil yakıtların kullanımını azaltır. Bu malzemeler, geleneksel plastiklere kıyasla daha düşük karbon ayak izine sahiptir. Bazı biyokompozitler, özellikle biyobozunur plastikler, belirli

koşullar altında biyolojik olarak parçalanabilirler, çevreye zarar vermeden ayrışabilirler. Doğal lifler, biyokompozitlerin hafif olmasını sağlarken, takviye malzemesi olarak kullanıldığında dayanıklılığı artırır. (Korkmaz, 2021)

Biyokompozitler, özellikle ambalaj malzemeleri, tek kullanımlık ürünler, tarım uygulamaları ve inşaat gibi bir dizi farklı endüstriyel uygulamada kullanılır. Aynı zamanda sağlık sektöründe biyomedikal cihazlar ve implantlar gibi özel uygulamalarda da kullanılabilirler. Bu malzemeler, çevre dostu alternatifler arayan endüstriler için giderek daha çekici hale gelmektedir.

Çalışmamızda çevre dostu bu biyokompozit uygulamasını anahtar priz ürünlerinde kullanarak mekaniksel ve termal değerlerinin değişimini gözlemleyeceğiz. Elektrik prizlerinde kullanılan malzemeler genellikle ABS, PC/ABS, PC ve PP esaslı polimerik malzemelerdir. Bir elektrik prizini oluşturan plastik parçalar talep edilen renk ve tasarıma uygun olarak bu hammaddeler kullanılarak ve uygun masterbatch ilavesi ile üretilirler. Kullanım alanlarına göre elektrik priz ve anahtarlarında tercih edilen yanmazlık, UV dayanımı, fiziksel ve kimyasal kompozisyona uygunluk aranılan kriterlerdendir

Günümüz koşullarında artık aksesuar olarak da tercih edilen, dekoratif olması beklenen anahtar ve prizler için odunsu görünüm bir talep olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut durumda kaplama yöntemleri ile elde edilen bu doğal ahşap görünümlerini çalışmamızda kenevir ilaveli plastik malzemeler ile plastik enjeksiyon makinelerinde üretmenin ve istenilen mekanik ve termal değerleri üzerindeki etkisini görmeyi hedeflemekteyiz.

#### **1.4 Literatür Taraması**

Selçuk Akbaş ve arkadaşları Nisan 2013'te yaptıkları çalışmada fındık kabuklarının polipropilen hammadde ile karışımının etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada polimer kompozit, polipropilen ile atık fındık kabuklarından elde edilen unların farklı oranlar kullanılarak kompozite edilmesi ile sağlanmıştır. Ekstrüzyon ve pres kalıplama yöntemleriyle üretilen kompozitlerin; çekme, eğilme, darbe direnci, kalınlığına şişme ve su alma değerleri incelenmiştir. Fındık kabuğu unu oranının %30 olduğu grupta en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında standardındaki değerleri sağladığı görülmüştür. Elde edilen veriler ile ülkemizde büyük bir kısmı âtil halde olan fındık kabukları, polimer kompozit üretiminde

değerlendirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede fındık kabuğunun farklı alanlarda kullanılabilir olduğu desteklenmiştir. (Akbaş, Güleç, Tufan, Taşçıoğlu, & Peker, 2013).

Münir TAŞDEMİR ve Elif Gülcan ŞEN'in 2022 yılında yapmış olduğu bu çalışmada; Atık cam elyaf katkısı ile polipropilen üzüm sapı ve çeltik karışımlarının özelliklerinin geliştirilmesi üzerine deneyler yapılmıştır. Bu sayede atık malzemelerin yeniden değerlendirilmesi sağlanmıştır. Atık cam elyafın polimer kompozitlerinde yeniden kullanımı sağlanmış ve cam elyaf oranının artması mekanik özelliklerde iyileşme sağlamıştır. Çalışma, üzüm sapı, çeltik ve cam elyafın atık malzeme olması ve bunların polimerlerde dolgu veya takviye malzemesi olarak yeniden kullanımının sağlanması konusuna dikkat çekmektedir. Bu, petrol ürünü olan polimerik malzemelerin daha az oranda kullanımını sağlamaktadır. (Taşdemir & Şen, Polipropilen/Üzüm Sapı-Çeltik Polimer Kompozitinin Mekanik Özelliklerinin Atık Cam Elyaf ile Geliştirilmesi, 2022).

Ümmühan Yalman tarafından yazılan ve Kenevir Dolgulu Polipropilen Kompozitlerinin Hazırlanması ve Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi üzerine bir yüksek lisans tezi incelendiğinde alkali ön işlem uygulanan kenevir lifleri, fiber-matris arasındaki bağlanmayı güçlendirerek yük transferini iyileştirmiştir. Kompozit bileşiminde %25 – 30 arasında kenevir fiber oranının optimum olduğu belirlenmiştir. MAPP uyumlaştırıcı ajanın eklenmesi, kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirmiştir. Kenevir liflerinin termal ve kimyasal dayanıklılığı artırılmış, böylece daha dayanıklı kompozit malzemeler elde edilmiştir (Yalman, 2023).

Ömer Cengiz'in yapmış olduğu fındık kabuğu ve talk dolgulu polipropilen kompozitlerin mekanik ve ısı özellikleri incelendiğinde fındık kabuğu ve talk eklenmesiyle çekme mukavemeti düşmüş, elastisite modülü artmıştır. SEBS ve SEBS -g-MA eklenmesi elastisite modülünü düşürmüştür. HDT, VICAT, DSC, MFI, TGA gibi termal testler yapılmış ve kompozitlerin ısı özellikleri incelenmiştir. SEM analizi ile kompozitlerin mikro yapıları incelenmiş ve malzeme içindeki boşluklar ve katmanlı yapılar tespit edilmiştir. Fındık kabuğu ve talk eklenmesiyle darbe mukavemeti azalmış, ancak SEBS ve SEBS-g-MA eklenmesiyle artmıştır. Bu sonuçlar, fındık kabuğu ve talk kullanılarak hazırlanan hibrid kompozitlerin potansiyel kullanım alanlarını ve performansını göstermektedir (Cengiz, 2022).

Mariam Zouari ve arkadaşlarının Kenevir-PLA Kompozitlerinin Mekanik Özellikleri, Termal Kararlılığı ve Su Direnci Üzerine Biyochar Katkısının Etkisi çalışmasının ana sonuçları Biochar (BC) eklenmesi, PLA ve kenevir-PLA kompozitlerinin mekanik özelliklerini iyileştirdi. Özellikle, %5 ağırlık oranında BC eklenmesi, kompozitin elastikiyet modülünü ve mukavemetini artırdı. BC eklenmesi, PLA'nın termal stabilitesini hafifçe azalttı. Bu, BC partiküllerinin katalitik etkisi nedeniyle oluştu. BC içeriği arttıkça, kompozitin su itici özelliği azaldı. Bunun sebebi, kullanılan BC'nin özgül hidrofilik karakteristikleri ve büyük gözenekliliğidir. Bu sonuçlar, BC'nin PLA ve kenevir-PLA kompozitlerine eklenmesinin, belirli oranlarda mekanik gücü artırabileceğini, ancak termal stabilite ve su direnci üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini göstermektedir (Zouari , B. Devallance, & Marrot, 2022).

Pedro Manaia ve Rodrigues'in "Industrial Hemp Fibers: An Overview" başlıklı çalışmasının özet sonuçları Endüstriyel kenevir (Cannabis sativa), yüksek selüloz içeriği ile en yaygın ve geniş çapta üretilen liflerden biridir. Bu lifler, düşük yoğunluk, yüksek özgül mukavemet ve sertlik gibi doğal özellikleri nedeniyle çevre koruma zorlukları açısından ilgi çekmektedir. Mekanik performanslarını artırmak için yüzey işlemleri ve yeni malzemelerin geliştirilmesine yönelik ileri araştırmalar yapılmıştır. Kenevir liflerinin en umut verici uygulaması, polimerik kompozitlerde güçlendirme veya hibridleştirme yoluyla. Ancak, özelliklerini iyileştirmek ve uygulama alanlarını genişletmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (P. Manaia, T. Manaia, & Rodrigues, 2019).

Osman Özenç ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada kenevir lifi parçacıklarının eklenmesi, Akrilonitril-Bütadien-Stiren (ABS) materyalinin basınç ve eğilme modülünü artırırken, basınç sonrası akma ve eğilme dayanıklılığını azaltmıştır. ABS ve kenevir lifi parçacıkları arasında güçlü bir mekanik bağ olmaması, malzemenin basınç ve eğilme mukavemetinde azalmaya yol açmıştır. Kenevir lifi parçacıklarının dahil edilmesi, ABS'nin darbe dayanımını olumsuz etkilemiştir. FT-IR analizi, matris ve doğal parçacıklar arasında kimyasal bağdan ziyade mekanik bağ oluştuğunu göstermiştir. Bu bulgular, kenevir lifi parçacıklarının ABS materyaline etkilerini ve potansiyel uygulama alanlarını anlamak için önemli bilgiler sağlamaktadır (Özenç, Dündar, & Şahin, 2023).

## BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Kullanılan Malzemeler

#### 2.1.1. Polikarbonat- Akrlonitril Bütadien Stiren (PC/ABS)

Kompozit malzeme içerisine eklediğimiz PC/ABS, LG Chem firması tarafından üretilen Lupoy HR5007A markadır. Bu polimerin özellikleri Tablo 2.1.'de verilmiştir.

**Tablo 2. 1** PC/ABS'in teknik özellikleri

Genel Özellikler	Metot	Koşullar	Birim	Değer
Yoğunluk	ISO 1183	Sıcaklık	g/cm <sup>3</sup>	1,15-1,19
Erime Akış İndisi	ISO 1133	Sıcaklık, Ağırlık, 260°C,5kg	g/10dk	17-28
Darbe Dayanımı (Çentikli)	ISO179,180	Charpy Test Sıcaklık 23-30°C	kJ/m <sup>2</sup>	40-58
Kızgın Tel Alevlenebilirlik	EN60695-2-12	Kalınlık, 1mm	°C	650 °C geçer
Bilye Basınç Testi	EN60695-10-2	Sıcaklık, Ağırlık, 75°C,2kg,60 dk	mm	<2

PC/ABS yukarıdaki tabloda verilen bilgilerin ışığında anlaşılıyor ki reolojik, mekanik, termal, elektriksel ve görsel olarak farklı özelliklere sahip. Bu hammadde ile yapılacak olan plastik enjeksiyonda üretim için hammadde kurutma sıcaklığı 120°C, kurutma süresi 2-4 saat olarak uygulanmıştır. Ayrıca erime sıcaklığı 250-280°C arasında ayarlanmıştır. Kalıp sıcaklığı ise 60-90°C arasında olmalıdır. Optimum sonuçların alınması noktasında bu değerlere uyum önem taşımaktadır.

Mekanik özellikleri nedeniyle PC-ABS plastik dünyada en yaygın kullanılan mühendislik termoplastiklerinden biridir. Bu malzeme yüksek mukavemet, yüksek rijitlik, yüksek ısı direnci ve yüksek darbe dayanımına sahiptir, hatta düşük sıcaklıklarda bile. PC-ABS zamanla boyutsal kararlılığını korur ve geliştirilmiş akış karakteristikleri ve işlenebilirliği sayesinde işlenmesi kolaydır. PC-ABS renklendirilebilir ve baskı yapılabilir olması tasarımcılar için kolaylık sağlamaktadır.

PC-ABS son derece esnek olmasına rağmen bazı dezavantajları vardır. Örneğin, PC-ABS düşük kimyasal direnç, UV ve oksidasyon direncine sahiptir. Ancak elyaf dolgu maddeleri veya katkı maddeleri kullanılarak bu özellikler iyileştirilebilir (Malzemelerimizi Tanıyın: PC-ABS, 2021).

### 2.1.2. Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS)

Akrilonitril butadien stiren (ABS), yaygın bir termoplastik polimerdir. Bu malzeme, termoplastik bir polimerdir ve çeşitli işleme yöntemleriyle şekillendirilebilir, örneğin enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon ve üfleme kalıplama gibi yöntemlerle. Bu polimerin özellikleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

**Tablo 2. 2** ABS'in teknik özellikleri

Genel Özellikler	Metot	Koşullar	Birim	Değer
Yoğunluk	ISO 1183	Sıcaklık	g/cm <sup>3</sup>	1,04
Erime Akış İndisi	ISO 1133	Sıcaklık, Ağırlık, 200°C,5kg	g/10dk	3,5-6
Darbe Dayanımı (Çentikli)	ISO179,180	Charpy Test Sıcaklık 23-30°C	kJ/m <sup>2</sup>	17-24
Kızgın Tel Alevlenebilirlik	EN60695-2-12	Kalınlık, 1mm	°C	650 °C geçer
Bilye Basınç Testi	EN60695-10-2	Sıcaklık, Ağırlık, 75°C,2kg,60 dk	mm	<2

Akrilonitril, polimerin yüksek sıcaklık dayanımını ve kimyasal direncini artırırken bütadien ise malzemeye elastiklik ve darbe dayanımı sağlar. Stiren monomerinin etkisiyle ABS, mükemmel bir parlaklık ve pürüzsüz bir yüzey sunar. Bu özellik, estetik açıdan hoş ve çekici ürünlerin üretilmesine olanak tanır. Geniş bir renk yelpazesinde ve çeşitli yüzey bitişlerinde mevcuttur. Bu, tasarımcılara ve üreticilere ürünlerinde istedikleri görünümü sağlama esnekliği sunar.

ABS, yüksek darbe dayanımı sağlayan bütadien monomerinin etkisiyle çatlama ve kırılmaya karşı dirençlidir. Bu özellik, çeşitli uygulamalarda dayanıklılık ve güvenilirlik sağlar. Enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon ve üfleme kalıplama gibi birçok işleme yöntemiyle kolayca şekillendirilebilir. Bu, kompleks parçaların üretimini kolaylaştırır ve hızlı üretim sağlar.

ABS birçok kimyasala karşı dayanıklı olması nedeniyle çeşitli endüstriyel ortamlarda güvenle kullanılır. Ayrıca, hava koşullarına karşı dayanıklıdır ve dış mekan uygulamaları için uygundur. Geniş bir sıcaklık aralığında mükemmel performans gösterir. Yüksek ve düşük sıcaklıklarda bile mekanik özelliklerini korur, bu da çeşitli iklim ve çevresel koşullarda kullanılabilmesini sağlar.

Çalışmamızda ABS malzemeler ile üretilen çerçeve grubu ürünlerin kompozit malzeme olarak üretilmesi sonrası oluşan mekanik, termal ve elektriksel davranışları incelenecektir.

### **2.1.3. Kenevir**

Kenevir pamuğa kıyasla çevresel olarak sürdürülebilir özelliklere sahip olmasına rağmen esrar ile yanlış anlaşılan ilişkisi nedeniyle birçok ülkede yasaklanan kutuplaştırıcı bir bitkidir. Kenevir, kuru ağırlık bazında en fazla %0,3 tetrahidrokanabinol (THC) içeriğine sahipken esrar bitkileri %0,3'ten fazla THC değeri içerir. Ancak zaman ilerledikçe kenevire yönelik tutumlar değişiyor ve birkaç ülke, ekonomilerine keneviri yeniden dahil etmek için bu yasakları kaldırmaya başlıyorlar (Demirbek & Oktav Bulut, 2021).

Kenevir yani *cannabis sativa*, Neolitik dönemden beri insanlar ve hayvanlar için temel bir gıda kaynağı olmuştur ve denizcilik, giyim, otomotiv ve mimari gibi birçok yeni endüstride kullanılan en dayanıklı hammadde kaynaklarından biridir (Özdamar, 2021).

Genellikle, kenevir lifleri doğal olarak lifli bir yapıya sahiptir ve polimer matris içinde birleştirilir. Polimer matris genellikle biyopolimerlerden oluşur, yüksek oranda yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir özelliklere sahip olabilir. Bu, son ürünün çevre dostu ve sürdürülebilir olmasını sağlar. Sürdürülebilir ve yenilenebilir olması ve sergiledikleri üstün performans özellikleri nedeniyle kenevir bitkisi endüstriyel ve ekonomik anlamda gündün güne önem kazanan bir malzeme konumuna gelmiştir. Kenevir, Orta Asya kökenli

eski bir bitki olup, uyuşturucu özellikleri nedeniyle 1950'lerden sonra hükümetler tarafından kısıtlanmıştır. Bu durum, kenevir ekiminin azalmasına neden olmuştur. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kenevirdeki psikoaktif etkiyi sağlayan bileşiğin Tetrahidrocannabinol (THC) olduğunu belirlemiştir. Buna yönelik olarak endüstriyel amaçlar için kullanılabilir olacak psikoaktif olmayan kenevir türlerine ilgi artmış ve kenevir ekim alanları genişlemiştir. Kenevirin geri dönüşüm özelliği ve biyobozunurluğu, çevre dostu ürünlerin üretiminde önemli bir avantaj sağlar. Doğal yapısı nedeniyle, kenevirde elde edilen ürünlerin çevresel etkisi daha azdır. Yetiştirilmesi sırasında az kimyasal ilaç ve gübreye ihtiyaç duyar, ayrıca yapraklarından kaynaklanan oksijen üretimiyle de çevreye katkı sağlar. Kenevir ürünleri atık haline geldiğinde doğada çabucak parçalanabilirler. Kenevirin çok yönlü kullanımı, doğal, geri dönüşümlü ve dayanıklı olması, aşınmaya karşı dirençli olması özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler ilaç yapımından inşaat malzemelerine, tekstil ürünlerinden biyodizel üretime kadar birçok sektörde kullanılmasını sağlar (Yapıcı, İzol, & Yılmaz, 2022).

Kenevir lifleri, polimer matris içindeki mekanik özellikleri artırır ve aynı zamanda malzemenin dayanıklılığını ve sağlamlığını artırır. Bu, kenevir biyokompozitlerinin birçok uygulama için uygun hale gelmesini sağlar.

Üretim süreci genellikle kenevir liflerinin polimer matris içine entegre edilmesini içerir. Bu işlem, öncelikle kenevir liflerinin işlenmesini ve daha sonra polimer matrisle birleştirilmesini içerir. Kombine edilmiş malzeme, istenen şekil ve boyutta şekillendirilebilir ve son olarak istenilen uygulamaya göre işlenir (Akbaş S. T., 2013).

Kenevir biyokompozitlerinin, kenevir liflerinin polimer matrisle birleştirilmesiyle oluşturulan, çevre dostu, sürdürülebilir ve çeşitli endüstrilerde kullanılabilen kompozit malzemelerdir (Taşgın & Kandemir, 2023). Bu çalışmamızda liflerinden ayrıştırılmış kenevir sapı (gövdesi) öğütülerek termoplastik malzemeler ile ekstrüde edilmiş ve üretilecek olan anahtar-priz ürünlerindeki etkileri incelenmiştir. şekil 2.1 kullandığımız keneviri göstermektedir.



**Şekil 2. 1** Kenevir sapı ve öğütülmüş formu

#### **2.1.4. Fındık kabuğu**

Fındık kabuğu, fındık meyvesinin dış kabuğudur ve genellikle atık olarak değerlendirilir. Ancak son yıllarda, fındık kabuğunun çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılması giderek daha popüler hale gelmektedir.

Türkiye'de fındık üretimi oldukça yaygındır ve dünya fındık üretiminin büyük bir kısmını karşılar. Ancak üretimin önemli bir kısmı ayıklanarak satılırken kabukları genellikle değerlendirilmemektedir. Fındık kabuklarından aktif karbon üretimi, atık su arıtımında kullanılmasına rağmen yüksek maliyetleri nedeniyle beklenen ilgiyi görmemiştir. Sadece küçük bir kısmı gıda katkısı olarak kullanılırken geri kalanı genellikle yakılarak bertaraf edilir. Ancak fındık kabukları selülozik yapısı ve sert dokusundan dolayı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Fındık kabuklarından çevre dostu ve katma değeri yüksek polimer kompozitlerin üretim çalışmaları günümüzde yapılmaktadır.

Fındık kabuğu lignin, selüloz, hemiselüloz ve çeşitli mineraller gibi bileşenler içerir. Bu bileşenlerin oranları, fındık türüne ve büyüdüğü bölgeye bağlı olarak değişebilir. Fındık kabuğu genellikle yüksek mukavemet ve sertlik gösterir. Bu özellikler, malzemenin dayanıklılığını ve sağlamlığını artırır. Fındık kabuğunun termal iletkenlik özelliği oldukça düşüktür. Bu, malzemenin ısı yalıtımında kullanılmasını sağlar. Fındık kabuğu genellikle kahverengi tonlarda gelir ve doğal olarak bir doku veya desene sahiptir. Bu, estetik açıdan çekici uygulamalar için potansiyel sunar. Fındık kabuğu atık bir malzeme olduğundan çevre dostu bir seçenektir. Geri dönüştürülmesi, atık yönetimini iyileştirir ve doğal

kaynakların korunmasına katkıda bulunur. Fındık kabuğu, ahşap kompozit malzemelerin bir bileşeni olarak peyzaj malzemeleri, zemin kaplamaları, mobilya ve dekorasyon ürünleri gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

Sonuç olarak fındık kabuğu doğal bir malzeme olup çeşitli endüstrilerde çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bu, hem çevre dostu bir seçenek sunar hem de atık yönetimini iyileştirir. Ayrıca doğal görünümü sayesinde odunsu renk ve dokuyu sağlaması beklenir.

Biz de bu çalışmamızda fındık kabuğunu ABS ve PC/ABS hammaddeler ile belirlenen oranlarda karıştırarak mekanik, termal ve elektriksel etkilerini inceledik. Aşağıda Şekil 2.2, kullandığımız fındık kabuğunu göstermektedir.



Şekil 2. 2 Fındık kabuğu ve öğütülmüş formu

## 2.2 Kullanılan Cihazlar ve Makineler

### 2.2.1. Terazi

Aşağıdaki Şekil 2.3'te gösterilen terazi, numunelerin hassas ölçümlerini gerçekleştirebilmek için 0,5 gram hassasiyetle çalışırken, aynı zamanda 5 kilografa kadar olan numuneleri tartma kapasitesine sahiptir. Densi DS05 ismi ile anılmakta olup Marmara Üniversitesi laboratuvarlarımızda yer almaktadır. Bu çalışmamızda numune hazırlama işlemlerinde hassas gramaj değerleri almamızda rol oynamıştır.

Terazi ile hem öğütülmüş formdaki fındık kabuğu ve kenevir gramajları tartılmıştır hem de karışımlar hazırlanırken gramaj oranları hesaplanarak tartılmıştır. Ayrıca yapılan testlerde de gramaj tayini için kullanılmıştır.



**Şekil 2. 3** Terazi

### **2.2.2. Öğütücü**

Marmara Üniversitesi laboratuvarlarımızda, öğütücü cihazı ile kenevir ve fındık kabukları öğütülmüş, istenilen tanecik boyutlarına gelmesi sağlanmıştır. Sonrasında elekten geçirilerek sınıflandırılmıştır. Öğütücüden geçen malzemelerin tane boyutları kontrol edilmiştir, gerekli ise ikinci kez öğütme işlemi yapılmıştır. Ekstrüzyon öncesi yapılacak olan elek analizi ile de mikro ölçekte ayrıştırma gerçekleştirilmelidir. Öğütme işlemi sonrasında plastik hammaddeler ile karıştırılarak ekstrüde edilmesi sağlanmıştır.



**Şekil 2. 4** Öğütücü

### **2.2.3. Elek analizi**

Kenevir ve fındık kabuğu gibi malzemelerin öğütme işleminden sonra ekstrüzyona uygun hale gelebilmesi için istenilen mikro seviyelerde tane boyutlarına indirgenmesi gerekmektedir. Elek analizi, bir malzemenin partikül boyutu dağılımını belirlemek için

kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde, malzeme bir elek serisinden geçirilir ve farklı boyutlardaki partiküllerin hangi elekten geçtiği veya hangi eleklerde tutulduğu belirlenir.

Çalışmamızda Retsch marka elek analiz cihazı kullanılmıştır. Kenevir ve fındık kabukları öğütme işleminden sonra elek analizine tabi tutulmuştur. Kullandığımız elek analiz cihazını aşağıda Şekil 2.5'te eklenmiştir.

Tez çalışmamızda kullandığımız elek analiz cihazında 180µ ve altı seviyelerde tane boyutuna sahip partiküller elde edilmiştir.



**Şekil 2. 5** Elek analiz cihazı

#### **2.2.4. Kurutma fırını**

Plastik hammadde kurutma fırını, nem içeren plastik granüllerini kurutmak için kullanılan bir cihazdır. Plastik enjeksiyon veya ekstrüzyon işlemlerinde kullanılan hammadde genellikle nem alabilir ve bu nem, işleme sırasında kötü kaliteye veya ürün hatalarına neden olabilir. Bu nedenle plastik malzemelerin nem içeriğini azaltmak ve istikrarlı bir işlem sağlamak için kurutulması gerekebilir.

Plastik hammadde kurutma fırını, plastik granüllerini bir hazne içine yerleştirir ve sıcak hava akışı yardımıyla nemin bu malzemelerden uzaklaştırılmasını sağlar. Fırının içindeki sıcak hava, plastik malzemelerin etrafını sarar ve içlerindeki nemi buharlaştırarak dışarıya çıkarır. Bu işlem, plastik granüllerinin nem içeriğini azaltır ve işleme sırasında istikrarlı bir performans sağlar.

Kurutma fırınları genellikle belirli sıcaklık ve nem kontrol sistemlerine sahiptir. Böylece işlem sırasında hassas bir ortamın korunması sağlanır. Ayrıca, fırınlar genellikle otomatik zamanlayıcılar veya nem sensörleri gibi özelliklere sahip olabilir. Bu da işlemin otomatikleştirilmesine ve kontrol edilmesine yardımcı olur. Bu sayede, plastik hammadde kurutma fırınları, plastik işleme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan önemli bir ekipmandır. Aşağıda Şekil 2.6'da çalışmamız için kullandığımız kurutma fırınına ait görsel eklenmiştir. (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2016)

Elektrik priz üretiminde kullanılan hammaddelerin de hem ekstrüzyon hem de plastik enjeksiyon aşamalarında içerdikleri nemi uzaklaştırmak gereklidir. Çünkü hammadde içerisindeki nem plastik enjeksiyon ile kalıplama yapılırken yüzey kalitesini olumsuz etkileyerek yanık izlerinin oluşmasına sebep olacaktır.



**Şekil 2. 6** Kurutma fırını

### **2.2.5. Ekstrüzyon makinesi**

Ekstrüzyon, malzemenin bir kalıp tarafından zorlanarak sabit bir kesit profiline sahip nesnelerin üretilmesinde kullanılan bir imalat işlemidir. Bu işlem genellikle borular, tüpler ve çubuklar gibi tutarlı bir kesit alanına sahip uzun nesnelerin üretilmesi için kullanılır.

İşlem, genellikle granül veya toz halindeki hammaddeyle başlar. Ekstrüzyon makinesine beslenen hammadde, içeride eritilir ve ardından şekilli bir açıklıktan, yani kalıptan geçirilerek istenen şekli alır. Malzeme, kalıptan çıktığında soğutulur ve katılaşır.

Ekstrüzyon, basınç ve ısı uygulayarak ham malzemeyi sürekli bir şekle dönüştürme prensibi üzerine çalışır. İşlem, tek vida veya çift vida ekstrüzyon makineleri gibi çeşitli ekstrüzyon makineleri kullanılarak gerçekleştirilebilir ve uygulamanın belirli gereksinimlerine bağlı olarak seçilir.

Genel olarak, ekstrüzyon, çeşitli şekil ve boyutlarda nesnelere verimli bir şekilde üretimini sağlayan çok yönlü ve yaygın bir imalat işlemidir. (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2008) Bu proje kapsamında, karşıt yönde dönen çift vida ekstrüder tercih edilmiştir. Çalışmamız için gerekli olan özellikler dikkate alındığında kenevir ve termoplastik malzemeler belirli oranlarda karıştırılarak, manuel olarak harmanlandıktan sonra homojen bir karışım elde etmek amacıyla çift vida ekstrüderde eritilmiştir. Kullanılan ekstrüder, Mikrosan marka olup boy-çap oranı  $L/D = 30$ 'dur. Aşağıda Şekil 2.7'de bu tez çalışmasında kullanılan çift vidalı ekstrüzyon makinesinin fotoğrafı verilmiştir.



**Şekil 2. 7** Çift vidalı ekstrüzyon makinesi

### **2.2.6. Enjeksiyon makinesi**

Günümüzde yaşam alanlarımızın hemen her yerinde bir plastik parçaya rastlamak mümkündür. Artan tüketim miktarları ve kullan-at alışkanlıklarıyla birlikte plastik malzemelere olan ilgi ve alaka da artmıştır. Plastik parça üretiminin en yaygın olarak kullanılan yöntemi ise plastik enjeksiyon ile kalıplama yöntemidir. Granül halde temin edilen termoplastik malzemeler uygun sıcaklık ve sürelerde kurutma fırınlarında bekletilerek içerisindeki nemden arındırılırlar. Sonrasında genellikle vakum hatları ile ama birçok işletmede de makine başı mobil fırınlar ile makineye beslenirler. Hammadde

makineye beslendikten sonra plastik enjeksiyon işlem adımları ilerlemeye başlar. Hammadde makine ocak grubu üzerinden yükleyici ile vida-boğaz kısmına doğru iner sonrasında vida boyunca dönerek ve ısıtılarak kalıp içerisine enjekte edilmesi süreci başlar. Uygun basınç ve hızlar ile kalıba enjekte edilen plastik parçalar soğuma süreleri tamamlandıktan sonra kalıptan çıkarılır ve bir sonraki işlem için hazır hale gelir.

Plastik enjeksiyon makinelerinde termoplastik malzemeler kullanıldığında oluşan mühendislik hurdaları yani yolluklar kırma makinelerinden geçirilerek belirlenen oranlarda orijinal hammadde ile karıştırılarak tekrar kullanılmaktadır. Bu da plastik enjeksiyonu avantajlı bir üretim metodu yapmaktadır.

Elektrik priz üretiminde de süreç bu şekildedir. Ürünlerin hassasiyetine ve kullanım yerlerine göre %100 orijinal hammaddeler kullanılmaktadır.

Plastik enjeksiyon kalıplama, karmaşık plastik parçaların hassas bir şekilde üretilmesini sağlayan sofistike bir üretim sürecidir. Bu süreç, termodinamikler, akışkan mekaniği ve malzeme bilimi prensiplerini bir araya getirir. Plastik enjeksiyon makinesinin çalışma prensibini anlamak için öncelikle makinede çalışacak olan kalıp ve malzeme ile ilgili bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Kalıp tasarımı, nihai parçanın şeklini ve özelliklerini belirlemede kritik bir rol oynar. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları, hassas boyutlar ve geometrilerle karmaşık kalıp tasarımları oluşturmak için kullanılır. Kalıp genellikle yüksek basınçlar ve sıcaklıklarla karşılaşılacağından, sertleştirilmiş çelik veya alüminyumdan yapılır. Kullanılacak olan kalıp göz sayısı ve tonaj bilgileri enjeksiyon makine kapasitesine ve üretim taleplerine göre değişiklik gösterebilir. Plastik malzemenin seçimi, nihai parçanın istenilen mekanik özellikleri, kimyasal direnci, ısı direnci ve estetiği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Enjeksiyon kalıplamada yaygın olarak kullanılan termoplastikler arasında elektrik anahtar ve prizlerinde de kullanılan PC, PC/ABS, ABS ve PP malzemeleri bulunmaktadır.

Erime ve Enjeksiyon: Plastik granüller veya tanecikler, enjeksiyon kalıplama makinesinin haznesine beslenir, burada elektrikli ısıtıcılar ve vida mekanizmasının mekanik enerjisi kullanılarak yavaşça ısıtılır ve eritilir. Eriyen plastik, tam dolgu ve kalıbın doldurulması için genellikle (6,9 ila 206,8 MPa) arasında değişen yüksek basınç altında kalıp boşluğuna enjekte edilir. Erime ocak denilen bölgede gerçekleşir. Ocak içerisinde bulunan vida

dönerek ilerler ve granül halindeki hammaddenin hem erimesini kolaylaştırır hem de karışımın homojen olmasında etkilidir.

**Soğuma ve Katılaşma:** Kalıp boşluğu doldurulduktan sonra, erimiş plastik soğumaya ve katılaşmaya başlar, kalıp boşluğunun şeklini alır. Doğru soğutma, nihai parçada eğrilme, büzülme ve iç gerilmeleri önlemek için önemlidir. Kalıba entegre edilmiş soğutma kanalları, ısıyı hızla dağıtarak homojen soğutma sağlar ve döngü sürelerini azaltır. Yeni kalıp teknolojileriyle birlikte konformal soğutma sistemleri geliştirilmiş ve suyun kalıp içerisinde dolaşım süresi düşürülerek parçanın üretilme süreleri azaltılmıştır.

Plastik katılaştıktan sonra, kalıp açılır ve parça, çıkarma pimleri veya plakaları kullanılarak kalıp boşluğundan çıkarılır. Çıkarma mekanizması, parçayı veya kalıbı zarar görmesini önlemek için dikkatlice tasarlanmalıdır. Bu esnada proses parametreleri kalıp iticilerinin çalışma başlangıç ve bitiş mesafeleri doğru ayarlanmalıdır.

**Kalite Kontrolü ve Optimizasyonu:** Enjeksiyon kalıplama süreci boyunca, sıcaklık, basınç, enjeksiyon hızı ve soğuma süresi gibi çeşitli parametreler izlenir ve ayarlanır. İşlem sırasında sıkı kontrol sağlamak için gelişmiş kalıplama makineleri genellikle sensörler, aktüatörler ve bilgisayarlı kontrol sistemleri içerir. Gramaj kontrol sistemleri ile mal alma miktarı, enjeksiyon basıncı gibi veriler kontrol edilmekte, istenilen toleransın altında değer olduğunda uyarı vererek sistemi kontrol altında tutmaktadır.

Plastik enjeksiyon kalıplama, yüksek üretim verimliliği, karmaşık parça geometrileri, mükemmel tekrarlanabilirlik ve malzeme seçimindeki esneklik gibi birçok avantaj sunar. Çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan önemli bir üretim teknolojisi olarak öne çıkar (Pınar, 2010). Yaptığımız çalışmada kullanılan enjeksiyon makinesi Marmara Üniversitesi laboratuvarlarında bulunmakta olup Şekil 2.8’de eklenmiştir.



**Şekil 2. 8** Plastik enjeksiyon makinesi

### 2.2.7 Biyokompozit malzemelerin üretim prosesi

Biyokompozit malzemeler doğada kendiliğinden oluşan malzemeler olmaktan ziyade belirli bir amaç için yapılan üretim proseslerinden geçirilerek elde edilen malzemelerdir.

Tezimizde kullanmış olduğumuz matris malzemelerimiz ABS ve PC/ABS termoplastik hammaddeleridir. Kenevir ve Fındık kabuğu ise anahtar ve priz üretiminde sıklıkla kullanılan ABS ve PC/ABS malzemelerine odunsu, estetik bir görünüm kazandırmak, bunu yaparken de dayanımlarını düşürmeden ilerlemek için seçilen doğal malzemelerdir.

Kenevir ve fındık kabuğu öğütücü cihazında öğütülerek tane boyutları küçültülmüştür. Sonrasında 2. kez öğütme işlemi yapılarak mikro seviyelere indirilmiştir. Elek analizi yöntemi ile 180 mikron ve altı seviyelerinde toz malzemeler elde edilmiştir. Matris malzemelerimiz ile tepsili kurutma fırınına bırakılarak içerisindeki nemi arındırılması istenmiştir. ABS malzeme için 2-4 saat 100 °C, PC/ABS malzeme için 2-4 saat 120 °C koşullarında malzemeler tepsili fırında kurumaya bırakılmıştır.

Tepsili fırın ile kurutulan malzemelerden aşağıda Tablo 2.3'te verilen gruplar oluşturulmuştur.

**Tablo 2. 3** Tez numuneleri ve takviye elemanları

GRUP	Matris	Takviye	GRUP	Matris	Takviye
Grup 1	ABS	0%	Grup 3	ABS	0%
	ABS	%5 Kenevir		ABS	%3 Fındık kabuğu
	ABS	%10 Kenevir		ABS	%5 Fındık kabuğu
	ABS	%15 Kenevir		ABS	%7 Fındık kabuğu
Grup 2	PC/ABS	0%	Grup 4	PC/ABS	0%
	PC/ABS	%5 Kenevir		PC/ABS	%3 Fındık kabuğu
	PC/ABS	%10 Kenevir		PC/ABS	%5 Fındık kabuğu
	PC/ABS	%15 Kenevir		PC/ABS	%7 Fındık kabuğu

Hassas terazi ile ölçümler yapılarak numuneler hazırlanmış ve matris malzeme ile takviye elemanı yukarıda belirtilen oranlarda karıştırılarak ekstrüzyona hazır numuneler elde edilmiştir. Ekstrüzyon işlemi sonrası granül haline gelen numuneler tekrar kurutularak enjeksiyonla kalıplanmaya uygun hale getirildi. Enjeksiyon prosesinde uygulanacak olan testlere uygun numuneler basılmıştır. Ekstrüzyon için ABS malzemelerde 220 °C, PC/ABS malzemelerde 280 °C ve 25-35 bar seviyelerinde basınç uygulanmıştır. Enjeksiyonda ise ABS malzemeler 180-220 °C, PC/ABS malzemeler ise 260-280 °C sıcaklıklarda işlem görmüştür. Elde edilen numuneler mekanik, fiziksel, termal ve elektriksel testlerde kullanılmıştır.

## **2.3 Mekanik Testler**

### **2.3.1. Çekme testi**

Tüm dünyadaki üretim ve araştırma tesislerinde mühendisler ve malzeme bilimcileri tarafından gerçekleştirilen temel bir mekanik test türü olarak çekme testi karşımıza çıkmaktadır. Çekme testi, malzemenin çekme gerilimine tepkisini ölçmek için malzeme numunesine kuvvet uygular. Bu tür testler, bir malzemenin mekanik özelliklerine ilişkin bilgi sağlar ve ürün tasarımcılarının belirli bir malzemenin ne zaman, nerede ve nasıl kullanılacağı konusunda bilinçli kararlar almasına olanak tanır. Bu nedenle önemli ve gereklidir.

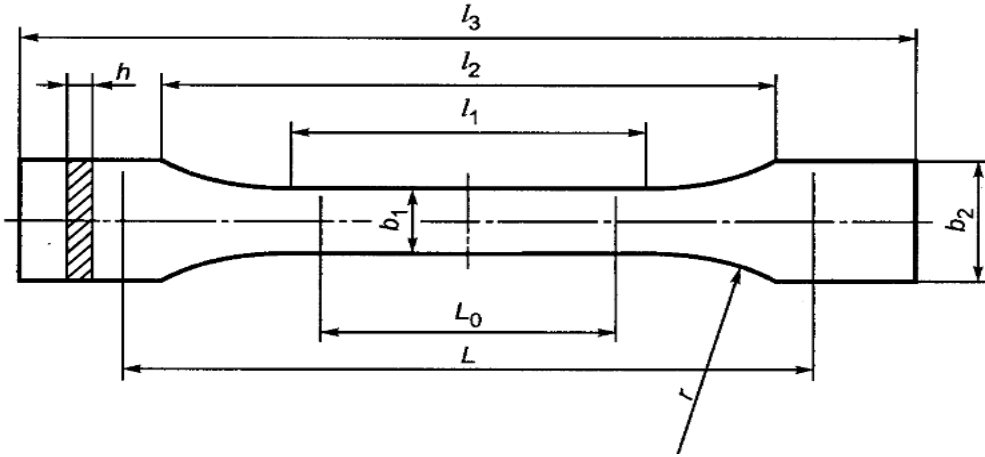
Malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek ve sınıflandırma yapabilmek için kullanılan çekme testleri standart test numunesinin çekme çenelerine yerleştirildikten sonra tek yön sabit olacak şekilde sabit hızda ve aynı ekseninde çekilmesi prensibi ile yapılır. Test sonucunda elde edilen grafik ile çekme mukavemeti, kopma mukavemeti ve elastite modülü değerlerine ulaşılır. Yaptığımız çekme testlerinde standart 2mm/dak. Olacak şekilde hız belirlenmiştir. Zwick Z010 marka test cihazı kullanılarak ASTM D 638 standardında bulunan Tip 1 numunesine göre yapılmıştır

Çekme testleri, çekme makineleri veya çekme test makineleri olarak da bilinen universal test makinelerinde gerçekleştirilir. Bu makineler, bir yük hücresi, test yazılımı ve uygulamaya özel kavramalar ve ekstansometreler gibi aksesuarlarla donatılmış tek veya çift kolonlu bir çerçeveden oluşur. Universal test makineleri çok çeşitli kuvvet

kapasitelerine sahiptir ve herhangi bir ürünü, bileşeni veya malzemeyi test etmek için farklı fikstürlerle yapılandırılabilir. Aşağıda bu çalışmamızda kullandığımız çekme test cihazımız Şekil 2.9'da, çekme numunesi standardı Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Standart test numunesi ölçülerimiz ise  $L_3=165\text{mm}$ ,  $L_1=57\text{mm}$ ,  $b_1=13\text{mm}$ ,  $b_2=19\text{mm}$ ,  $L_0=50\text{mm}$ ,  $L=115\text{mm}$ ,  $L_2=76\text{mm}$  şeklindedir. (Zwick Roell, 2024)



Şekil 2. 9 Çekme testi cihazı



Şekil 2. 10 Standart çekme numunesi

### 2.3.2. Darbe testi

Darbe testi, bir malzemenin dayanıklılığını ve kırılma davranışını belirlemek için yapılan bir testtir. Bu test, malzemeye belirli bir darbe enerjisi uygulayarak numunenin kırılma

direncini değerlendirir. Genellikle eki gibi bir alet kullanılarak yapılır ve darbenin etkisi altındaki numunenin kırılma süreci gözlemlenir. Darbe testi sonuçları, malzemenin darbe direnci, kırılma tokluğu ve çatlamaya karşı dayanıklılığı gibi özelliklerini değerlendirmek için kullanılır.

Test için standart boyutlarda bir numune hazırlanır. Numunenin geometrisi ve boyutları, test standartlarına göre belirlenir. Numune, test cihazına veya darbe cihazına sabitlenir. Sabitleme işlemi, numunenin doğru bir şekilde konumlandırılmasını ve darbenin düzgün bir şekilde uygulanmasını sağlar. Darbe, numunenin belirli bir noktasına düşürülerek veya darbe cihazıyla doğrudan uygulanarak gerçekleştirilir. Belirlenen darbe enerjisi, genellikle standart bir eki veya darbe cihazı kullanılarak numuneye uygulanır.

Darbe testi; ASTM D-256-10E1 standartlarına göre Izod eki kafası kullanılarak numunelere çentik açılarak ve numuneler üzerine 5,4 kJ'lk sarkaç dştrlerek yapılmıştır. Çentikli ve çentiksiz darbe testleri uygulanabiliyor olmasına rağmen tezimizde çentik açma işlemi sonrası darbe testi gerçekleştirilmiştir. Üretilen test numuneleri 80x10x4 mm ölçülerindedir.

Test sonuçları analiz edilir ve malzemenin darbe dayanıklılığı, kırılma tokluğu ve çatlamaya karşı direnci gibi özellikleri değerlendirilir. Bu değerlendirme, genellikle standartlara veya belirlenmiş kabul kriterlerine göre yapılır. Çalışmamızda Zwick marka darbe test cihazı kullanılmıştır. şekil 2.11'de darbe testi cihazına ait görsel eklenmiştir.



**şekil 2. 11** Darbe testi cihazı

### 2.3.3 Çentik açma

Standart çentikli darbe testi için gerekli olan çentikler laboratuvarımızda bulunan CEAST marka çentik cihazı kullanılarak açılmıştır. Izod darbe test numuneleri cihaza sabitlendikten sonra kumpas sıfırlanır ve çevirme kolu kullanılarak 2mm çentik açma işlemi gerçekleştirilir. Laboratuvarımızda kullanılan test cihazına ait görsel Şekil 2.12’de eklenmiştir



Şekil 2. 12 Çentik açma cihazı

### 2.3.4 Sertlik testi

Plastik polimerler için yapılan sertlik testi genellikle Rockwell sertlik testi, Shore sertlik testi veya Vickers sertlik testi gibi yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Her bir yöntem, plastik malzemenin belirlenmiş bir kuvvete karşı direncini veya penetre olma yeteneğini değerlendirir.

Rockwell sertlik testinde, belirli bir yük bir indenter üzerine uygulanır, genellikle bir elmas koni veya sertleştirilmiş çelik top kullanılır ve malzeme içine nüfuz eden derinlik ölçülür. Rockwell sertlik değeri, yük ilk uygulandığında (büyük yük) ve daha küçük bir yükün uygulanıp kaldırıldığında (küçük yük) nüfuz derinliği arasındaki farka dayanarak belirlenir.

Diğer taraftan, Shore sertlik testi, yay yüklü bir indenterle malzemenin yüzeyine karşı direncini ölçer. İndenterin malzemenin yüzeyine nüfuz etme derinliği ölçülür ve sertlik değeri, 0 ile 100 arasında bir ölçekte belirtilir; daha yüksek değerler daha büyük sertliği gösterir.

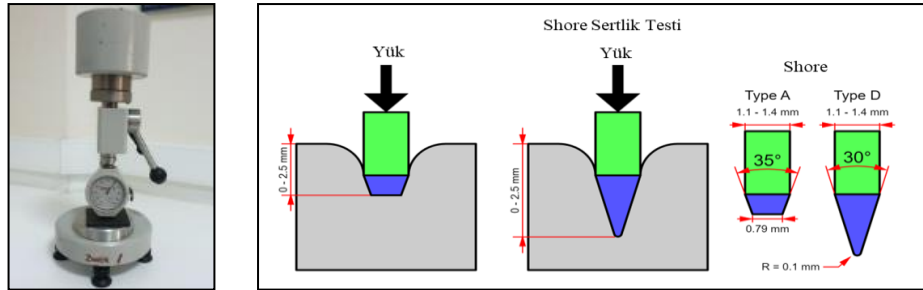
Vickers sertlik testinde ise, piramit şeklinde bir elmas indenter belirli bir kuvvetle plastik malzemenin yüzeyine bastırılır. İndenterin bıraktığı çukurun boyutu ölçülür ve sertlik değeri, uygulanan kuvvet ve çukurun yüzey alanına dayanarak hesaplanır.

Genel olarak, plastik polimerler için yapılan sertlik testleri, malzemenin mekanik özellikleri hakkında değerli bilgiler sağlar, deformasyona karşı direncini ve belirli uygulamalar için uygunluğunu belirlemede yardımcı olur.

Plastiklerin sertlik seviyelerini belirlemede kullanılması gereken Shore sertlik değeri yöntemi polimerler ve elastomer gibi malzemelerin sertlik değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Yumuşak malzemelerin sertliklerinin ölçümü için Shore-A kullanılırken, ABS, PC/ABS gibi mühendislik polimerlerinin sertliklerinde Shore-D yöntemi kullanılmaktadır (Aldemir Plastik Kalıp ve Makina San. Tic. Ltd. Şti., 2018).

Yaptığımız çalışmada Shore D yöntemi kullanılarak 15 sn sonrasında oluşan değer not alınarak her bir test numunesinden 6 farklı örnekleme yapılarak ortalama değerleri baz alınmıştır.

Sertlik ölçümü için çalışmamızda kullandığımız cihaza ait görsel ve kullanılan uçlar aşağıda Şekil 2.13'te gösterilmektedir.



Şekil 2. 13 Shore test cihazı ve kullanılan uçlar (Kopeliovich, 2023)

### 2.3.5 Aşınma testi

Polimerlerde aşınma testi, bir polimer malzemenin aşınma direncini ölçmek için yapılan bir testtir. Bu test, polimerlerin dayanıklılığını, yüzey sürtünmesine ve aşınmaya karşı ne kadar dirençli olduklarını değerlendirmek için kullanılır. Aşınma testleri genellikle endüstriyel uygulamalarda veya ürün geliştirme süreçlerinde kullanılır ve malzeme seçimi,

kalite kontrolü ve ürün performansının değerlendirilmesi gibi alanlarda önemli bir rol oynar.

Aşınma oranı  $\text{cm}^3/\text{Nm}$  birimi ile ifade edilir. Malzemedeki aşınma oranı= Malzemedeki ağırlık kaybı(g)/(yoğunluk( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) \*Mesafe(m) \*Yük(N)) formülü ile hesaplanır. İki farklı yöntem ile ilerlenebilir. Yük sabit tutulup yol artırılarak veya yol sabit tutulup yük artırılarak aşınma miktarındaki değişim gözlemlenebilir. Deneyimizde yük sabit tutularak yol 20m-40m-60m-80m olacak şekilde değiştirilmiş ve ağırlık farkları not alınarak sabit 10Nm yük altındaki aşınma oranları belirlenmiştir. En az 3 farklı numune ile test numuneleri için deney gerçekleştirilmiştir. Devotrans marka cihaz kullanılmıştır. Test numuneleri enjeksiyon makinesi ile basılmış olup, 16mm çap ve 6 mm yükseklikte ve silindir şeklindedir. Kullanılan aşınma cihazı zımparası sürekli olarak temizlenmiştir ve 500 numara zımpara kâğıdı kullanılarak deneyler tamamlanmıştır. Aşağıda şekil 2.14'te test cihazı verilmiştir.

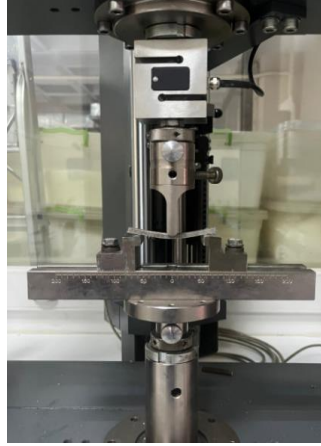


Şekil 2. 14 Aşınma test cihazı

### 2.3.6 Üç nokta eğme testi

Üç nokta eğme testi, malzemelerin mukavemet, esneklik, kırılma dayanımı ve deformasyon davranışını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu test, endüstriyel uygulamalarda malzeme seçimi, kalite kontrolü ve ürün tasarımı süreçlerinde önemli bir rol oynar. Eğilme mukavemeti, malzemenin bükülmeden önce kırılmadan önce absorbe edebileceği maksimum stresin bir göstergesidir. Eğilme modülü ise, malzemenin sertliğinin bir ölçüsüdür ve eğilme yüklerine ne kadar iyi dayanabileceğini gösterir. Numuneye uygulanan yük yaptığımız deneyde sabit bir hızda artırılmış olup, numunenin eğilme miktarı veya eğme momenti belirli aralıklarla

ölçülmüştür. Bu veriler, malzemenin elastik bölgesi, plastik bölgesi ve kırılma noktası gibi mekanik özelliklerini belirlemek için analiz edilmiştir. 2 mm/dak.'lık hız ile tüm gruplar için test gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu test için kullanılan Zwick marka test cihazı Şekil 2.15'te eklenmiştir.



**Şekil 2. 15** 3 Noktalı eğme test cihazı

## **2.4 Fiziksel Testler**

### **2.4.1 Erime akış indeksi (MFI)**

Erime akış indeksi genellikle plastik malzemelerin üretimi, işlenmesi ve kalitesinin kontrolü için önemli bir adımdır. Özellikle ekstrüzyon veya enjeksiyon kalıplama gibi proseslerde kullanılan plastiklerin erime özelliklerini belirlemek için yaygın olarak kullanılır.

MFI testi sırasında, belirli bir yük ve sıcaklık altında plastik malzemenin bir standart kalıptan geçiş süresi ölçülür. Bu süre, malzemenin viskozitesi ve akış özellikleri hakkında bilgi verir. Daha düşük MFI değerleri, plastik malzemenin daha yüksek viskoziteye sahip olduğunu ve dolayısıyla daha yavaş bir akış hızına sahip olduğunu gösterirken, daha yüksek MFI değerleri ise daha düşük viskoziteye ve daha hızlı bir akış hızına işaret eder. MFI birimi g/10dak.'dır. Yani 10 dakikalık süre boyunca belirlenen yük altında ve istenilen sıcaklıkta malzemenin akış miktarının gram cinsinden ifadesiyle ölçülebilir.

Kullanılan ABS hammaddemizde 200 °C ve 5kg yük standart iken, PC/ABS hammaddesinde deney koşulları 260 °C ve 5 kg yük olarak ayarlanmıştır. Ağırlığın

baskısıyla malzeme kılcal bir borudan geçerek orifis adı verilen delikten akıtılır ve 10 dk süreyle akan malzeme tartılır.  $MFI = \frac{TA \cdot 600}{TS}$  formülü kullanılarak hesaplanır. MFI= Ergime akış indeksi TA= Toplam Ağırlık, TS= Toplam süre olarak kullanılmaktadır.

Deney, ISO 1133 standardına göre Zwick marka 4100 model test cihazında yapılmıştır. Her bir test grubu için ekstrüzyon sonrası hazırlanan granüller, MFI testinde kullanılmış olup, test sonrası gerçekleşen değerler hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Kullanılan test cihazı ve formül aşağıda verilmiştir.



**Şekil 2. 16** MFI test cihazı

#### **2.4.2 Yoğunluk**

Yoğunluk, bir malzemenin kütlesinin birim hacmine düşen miktarı olarak tanımlanır. Polimerlerin yoğunluğu, malzemenin kimyasal bileşimi, kristal yapısı, porozite ve işleme koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Malzemenin havadaki ağırlığı ve alkoldeki ağırlığı arasındaki farkın havadaki ağırlığına oranı olarak hesaplanır. Ölçümler sırasında numune metal bir askı ile sıvı içerisine daldırılır ve  $\pm 0,01$  gr hassasiyetteki terazi ile ölçüm yapılır. Deney Marmara Üniversitesi Laboratuvarı'nda bulunan Precisa 205A SCS marka cihaz kullanılarak yapılmıştır. Aşağıdaki Şekil 2.17'de bu çalışmada kullanılan yoğunluk cihazının fotoğrafı ve kullanılan formül verilmiştir. H.A=Havadaki Ağırlık (g), A.A= Alkoldeki Ağırlık (g), x= Etil Alkol Yoğunluğu (0,79 g/cm<sup>3</sup>)



Şekil 2. 17 Yoğunluk test cihazı

### 2.4.3 Vicat yumuşama sıcaklığı

Polimerlerin sabit yük altında yumuşama sıcaklığını belirlemek için Vicat yumuşama testi kullanılır. Bu test, polimerlerin termal davranışını değerlendirmek için önemli bir laboratuvar yöntemidir. Deney düzeneği, polimer numunesinin belirli bir yük altında yumuşama sıcaklığını ölçmek için tasarlanmıştır. Cihaz içerisindeki silikon yağı sıcaklığı yükselerek numune üzerinde bulunan uçların numuneye 1mm batma noktasındaki sıcaklığının değeri olarak ölçülür. Deney numunesi üzerine 1 kg'lık bir yük uygulanır. 1mm derinlikte elde edilen değere Vicat yumuşama sıcaklığı adı verilir (ISO 306, 2017). Kullandığımız test cihazında 3 farklı numune eş zamanlı olarak test edilebilmektedir. Numunelere ait sonuçlar alındıktan sonra yeni numunelerin cihaza beslemesi gerçekleşir. Testin tekrar başlatılabilmesi için yağ sıcaklığının yeniden düşmesi beklenmelidir. Aşağıdaki Şekil 2.18'de Vicat yumuşama sıcaklığı belirleme testinde kullanılan cihazın fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 2. 18 Vicat yumuşama sıcaklığı test cihazı

## 2.5 Termal Testler

### 2.5.1 Yanmazlık sınıfı

Termoplastik malzemeler ateşe maruz kaldıklarında yanar. Yanmazlık sınıflandırması ateş çekildikten sonra malzemenin sönme süresi ile ilgilidir. Yanma işlemi yakıt, ısı ve oksijen faktörlerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Yanmazlık ise bu faktörlerden birinin ortamdaki uzaklaştırılması ile sağlanır. Güvenliğin en çok olmasını isteyeceğimiz evlerimizde kullanılan termoplastik malzemelerden olan anahtar ve prizlerin yanmazlık sınıfı bu nedenle oldukça önemlidir. Alev geciktiricili ürünlerin son dönemlerde talep görmesinin sebeplerinden bir tanesi de budur.

Olası bir yangın anında yangının daha da alevlenmesini engellemesi amacıyla anahtar ve prizlerimizde alev geciktiricili takviyeler kullanmak olmazsa olmaz noktasına gelmiştir.

Plastik sanayinde geçerli olan bir test yöntemi olan UL94 standardına göre yapılan yanmazlık testlerinde malzeme, belirli açılarda ve belirli boyutlardaki bir alev kaynağına yine standart tarafından belirlenmiş sürelerde temas ettirilir. Malzemede oluşan alevin sönme süreleri, alevin malzemeyi damlatarak başka bir yanıcı kaynağa alevi sıçratma veya sıçratmama kabiliyeti test edilerek ölçülür. Tablo 2.4'te yanma sınıflandırmasını belirleyen parametreler ve açıklaması verilmiştir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2014).

**Tablo 2. 4** Yanma sınıflandırması

Sınıflandırma	V0	V1	V2
Her yakmadan sonra kendini söndürme zamanı	≤10 sn	≤30 sn	≤30 sn
10 uygulama sonrası toplam zaman	≤50 sn	≤250 sn	≤250 sn
Parçanın tamamen yanması	HAYIR	HAYIR	HAYIR
Pamuğun damlayan parçalar ile alev alması	HAYIR	HAYIR	EVET

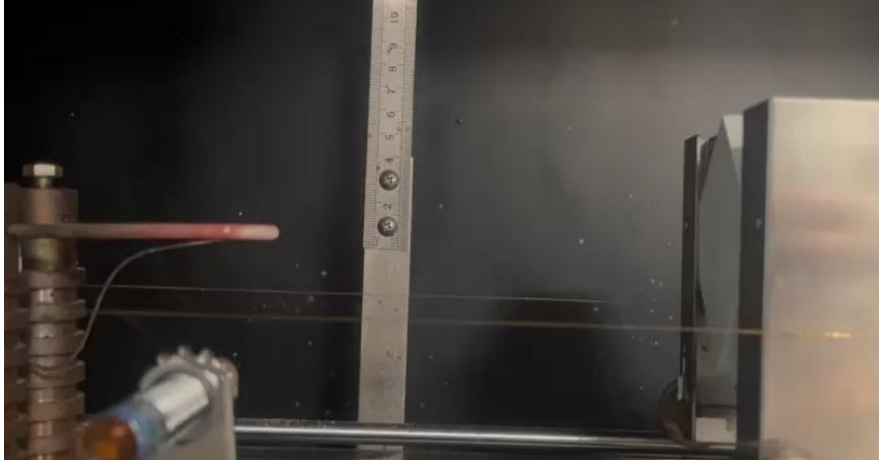
### 2.5.2 Kızgın tel alevlenebilirlik

Elektrik akımı taşıyan parçaları tutan plastik parçalar için uygulanan bir test türüdür. Kızgın tel alevlenebilirlik testi anahtar priz malzemelerinin ev-yaşam ortamlarında sıklıkla kullanılmasının bir sonucu olarak olası yangın veya yüksek ısı durumlarında kazanın büyümesini engelleyici ölçekte olmasını değerlendirmek ve yüksek güvenlik sunmak için yapılan testlerdendir (Eurolab, 2024). Plastik malzemenin alev alma riski ve kendiliğinden sönme kapasitesi belirlenmiş olur. EN60695-2-12 standart metoduna göre test işlemi gerçekleştirilir. PC/ABS malzemeler için 850 °C, ABS malzemeler için 650 °C olarak belirlenmiştir.

Test cihazına bağlanan numune karşısındaki kızgın tel numuneye 7 mm kadar batırılır ve sonrasında 50 sn'de alevlenmemesi beklenir. Eğer alev oluşursa 30 sn içerisinde sönmesi ve ipek kumaşı tutuşturulmaması beklenir. Testimiz aşağıda Şekil 2.19'da gösterilen ZLT-GTR kızaran tel test cihazı isimli cihazda gerçekleştirilmiştir. Kızgın tel ve test numunesi ise aşağıda Şekil 2.20'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 19 ZLT-GTR kızaran tel test cihazı



**Şekil 2. 20** Kızgın tel ve test numunesi

### 2.5.3 Bilye basınç testi

Bilye basınç testi yangın riski yangın tehlikesi testi olarak da bilinir (Eurolab, 2024). Bu test metal dışı malzemelerin ısıya dayanımı ile ilgili bir test türüdür. 5mm çapındaki paslanmaz çelik bilyenin etüv içerisinde yükleme cihazı ile gerçekleştirilir. Test numunesi yükleme cihazında bilye altında aşağıdaki şekil 2.21’de gösterilen kuru ısı sterilizatörü içerisine sıcaklığın sabit tutulması için yerleştirilir. Yükleme cihazına yerleştirilmiş numune aşağıda şekil 2.22’de gösterilmiştir. 70 °C’de standart süre beklendikten sonra numune cihazdan çıkartılır ve bilyenin oluşturduğu derinliğin çığı ölçülür. Eğer çap 1 mm’nin altında ise numune bilye basınç testinden geçti demektir.



**Şekil 2. 21** Kuru ısı sterilizatörü



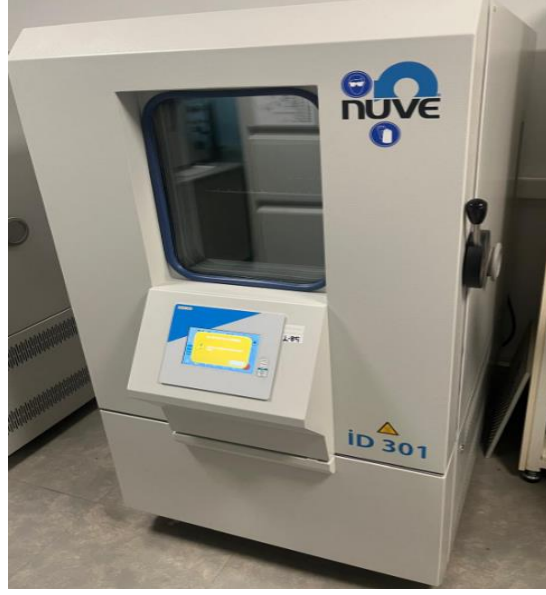
Şekil 2. 22 Yükleme cihazına yerleştirilen numune

## 2.6 Elektriksel Testler

### 2.6.1 Yüksek gerilim testi

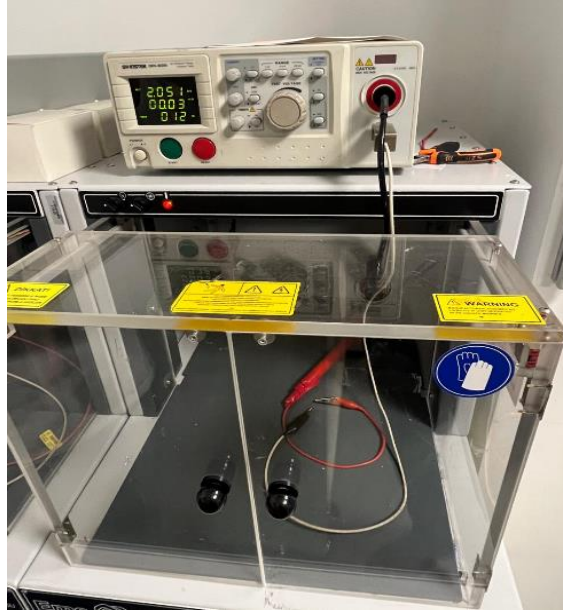
Yüksek gerilim testi anahtar, priz üretiminde kullanılan ürünlerin iklimlendirme kabinlerinde nem tutma işlemine maruz kaldıktan sonra üzerinden akım geçirilerek yalıtkanlıklarını kaybedip kaybetmediklerine göre sınıflandırılmalarını içerir.

Günümüzde anahtar, priz kullanımı hemen her alanda olabilmektedir. Evlerimiz, oteller, hastaneler gibi kapalı mekanlarda kullanılabilirken, bahçe gibi dış mekanlarda da kullanımı son derece yaygın ve gereklidir. Ayrıca iç mekanlardaki kullanımlarında kullanım yeri de seçilecek olan anahtar priz için son derece önemlidir. Banyo ve mutfak gibi nem oluşan ortamlarda, yağmura maruz kalınabilecek dış ortamlarda kullanılan anahtar ve prizlerden yüksek güvenlik talebimiz bulunmaktadır. Bu talebin karşılığı olarak üretilen ürünlerden yüksek gerilim sonrası yalıtkanlık-iletkenlik sonucunu değerlendirebiliriz. Nemlendirme işlemi için numune test cihazı içerisinde 1 hafta bekletilmeli sonrasında üzerinden akım geçirilerek sonuç gözlemlenmelidir. Aşağıda yüksek gerilim testi öncesi iklimlendirme amaçlı kullanılan İD 301 marka Klimatik Test Cihazına ait şekil 2.23'te verilmiştir.



**Şekil 2. 23** Klimatik test cihazı

Klimatik test cihazı sonrası çıkan numune dayanım gerilimi değerini test edebilmek için aşağıda Şekil 2.24'te verilen izolasyon test cihazında 2.000 V değer altında teste tabi olur.



**Şekil 2. 24** İzolasyon test cihazı

## BÖLÜM 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1 Mekanik Testlerin Sonuçları

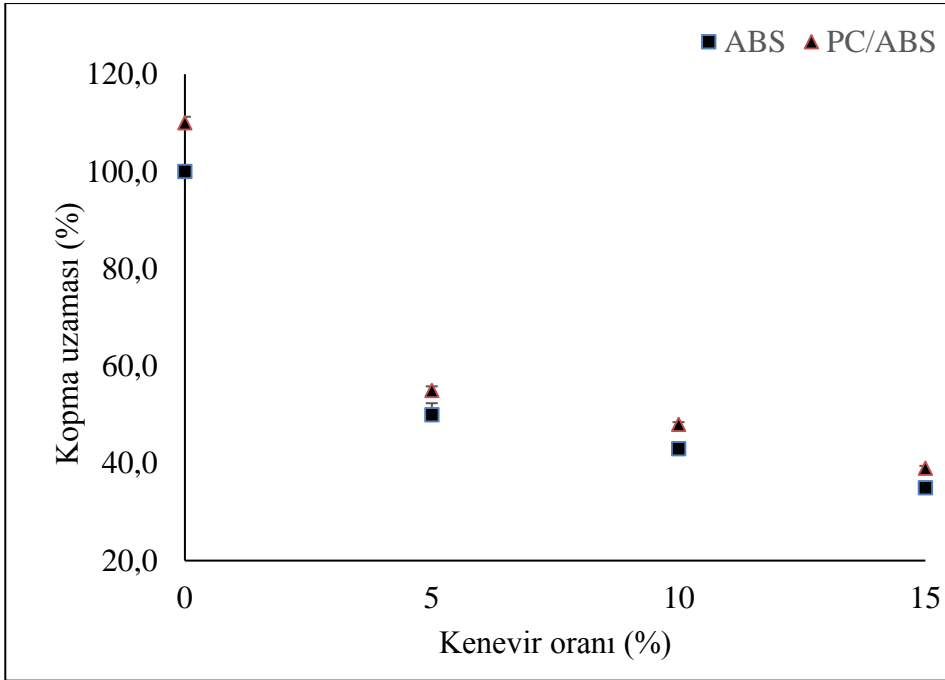
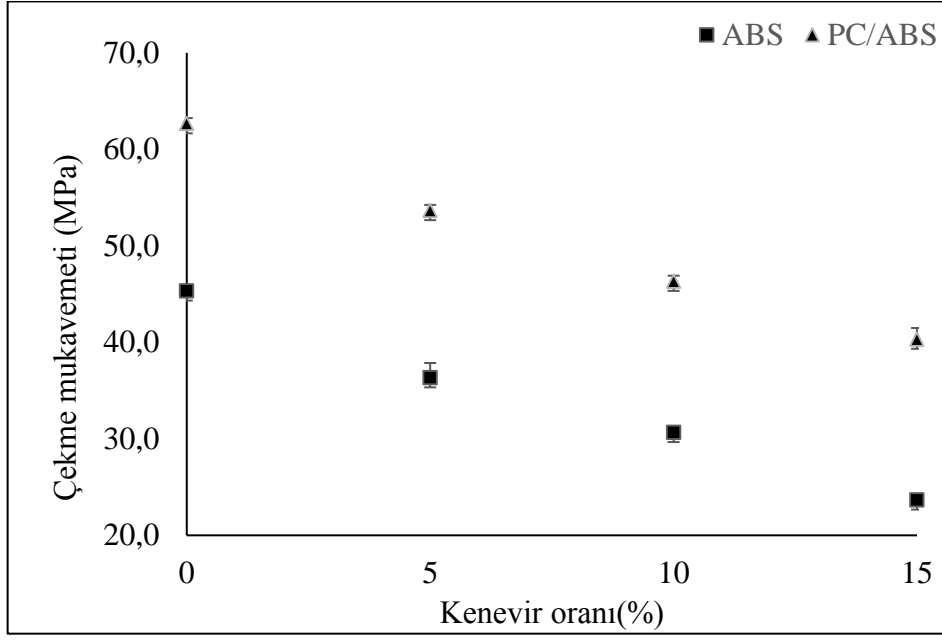
#### 3.1.1 Çekme testi

Çekme testi deneyi ABS + Kenevir, PC/ABS + Kenevir, ABS + Fındık kabuğu ve PC/ABS + Fındık kabuğu numunelerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Test sonuçları kayıt altına alınmış olup maksimum gerilme ve kopma uzaması değerleri incelenmiştir.

Tablo 3.1’de ABS- PC/ABS kenevir kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması ve Şekil 3.1’de ise grafik gösterimi, Tablo 3.2’de ise ABS- PC/ABS fındık kabuğu kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması ve Şekil 3.2’de grafik gösterimi verilmiştir.

**Tablo 3. 1** ABS- PC/ABS kenevir polimer kompozitinin, çekme mukavemeti ve kopma uzaması

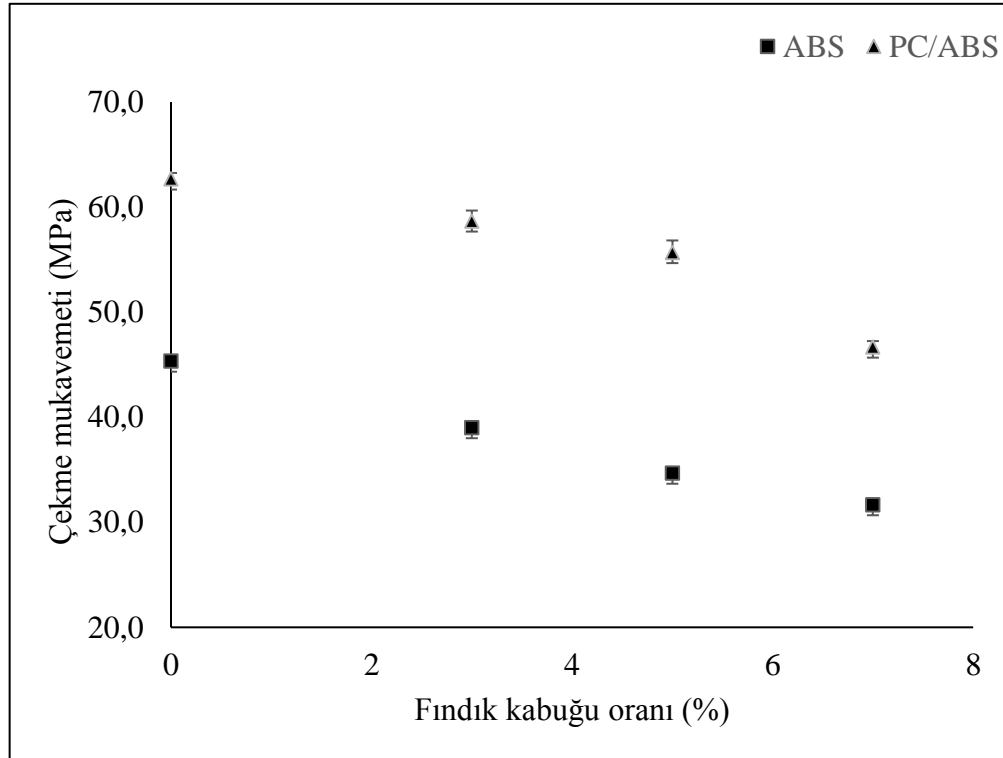
Çekme Mukavemeti (MPa)						Kopma Uzaması (%)			
Matris	Kenevir (%)	1	2	3	Ortalama (MPa)	1	2	3	Ortalama (%)
ABS	0	45,0	46,0	45,0	45,3	100,0	101,0	99,0	100,0
ABS	5	38,0	36,0	35,0	36,3	49,0	49,0	54,0	50,0
ABS	10	31,0	31,0	30,0	30,7	44,0	42,0	43,0	43,0
ABS	15	23,0	24,0	24,0	23,7	35,0	35,0	36,0	35,0
PC/ABS	0	62,0	63,0	63,0	62,7	112,0	109,0	110,0	110,0
PC/ABS	5	54,0	54,0	53,0	53,7	55,0	56,0	54,0	55,0
PC/ABS	10	47,0	46,0	46,0	46,3	47,0	47,0	48,0	48,0
PC/ABS	15	41,0	41,0	39,0	40,3	38,0	39,0	38,0	39,0



Şekil 3. 1 ABS- PC/ABS kenevir polimer kompozitinin, çekme mukavemeti ve kopma uzaması

**Tablo 3. 2** ABS- PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması

Çekme Mukavemeti (MPa)						Kopma Uzaması (%)			
Matris	Fındık kabuğu (%)	1	2	3	Ortalama (MPa)	1	2	3	Ortalama (%)
ABS	0	45,0	46,0	45,0	45,3	100,0	101,0	99,0	100,0
ABS	3	40,0	39,0	38,0	39,0	45,0	46,0	46,0	46,0
ABS	5	36,0	34,0	34,0	34,7	41,0	41,0	42,0	41,0
ABS	7	31,0	32,0	32,0	31,7	36,0	36,0	38,0	37,0
PC/ABS	0	62,0	63,0	63,0	62,7	112,0	109,0	110,0	110,0
PC/ABS	3	58,0	59,0	59,0	58,7	53,0	53,0	51,0	52,0
PC/ABS	5	55,0	56,0	56,0	55,7	47,0	48,0	47,0	47,0
PC/ABS	7	47,0	46,0	47,0	46,7	36,0	35,0	36,0	36,0





**Şekil 3. 2** ABS- PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitinin çekme mukavemeti ve kopma uzaması

Yukarıdaki grafikler de gösteriyor ki kenevir ve fındık kabuğu ilavesiyle polimer malzemenin çekme mukavemeti değerleri düşmektedir. En yüksek çekme mukavemeti değeri saf haldeki polimerlerde görülmektedir. Ayrıca kopma uzaması değerleri de kenevir ve fındık kabuğu ilaveleri sonrası düşmektedir. En yüksek kopma uzaması değeri saf haldeki polimer malzemelerde görülmektedir.

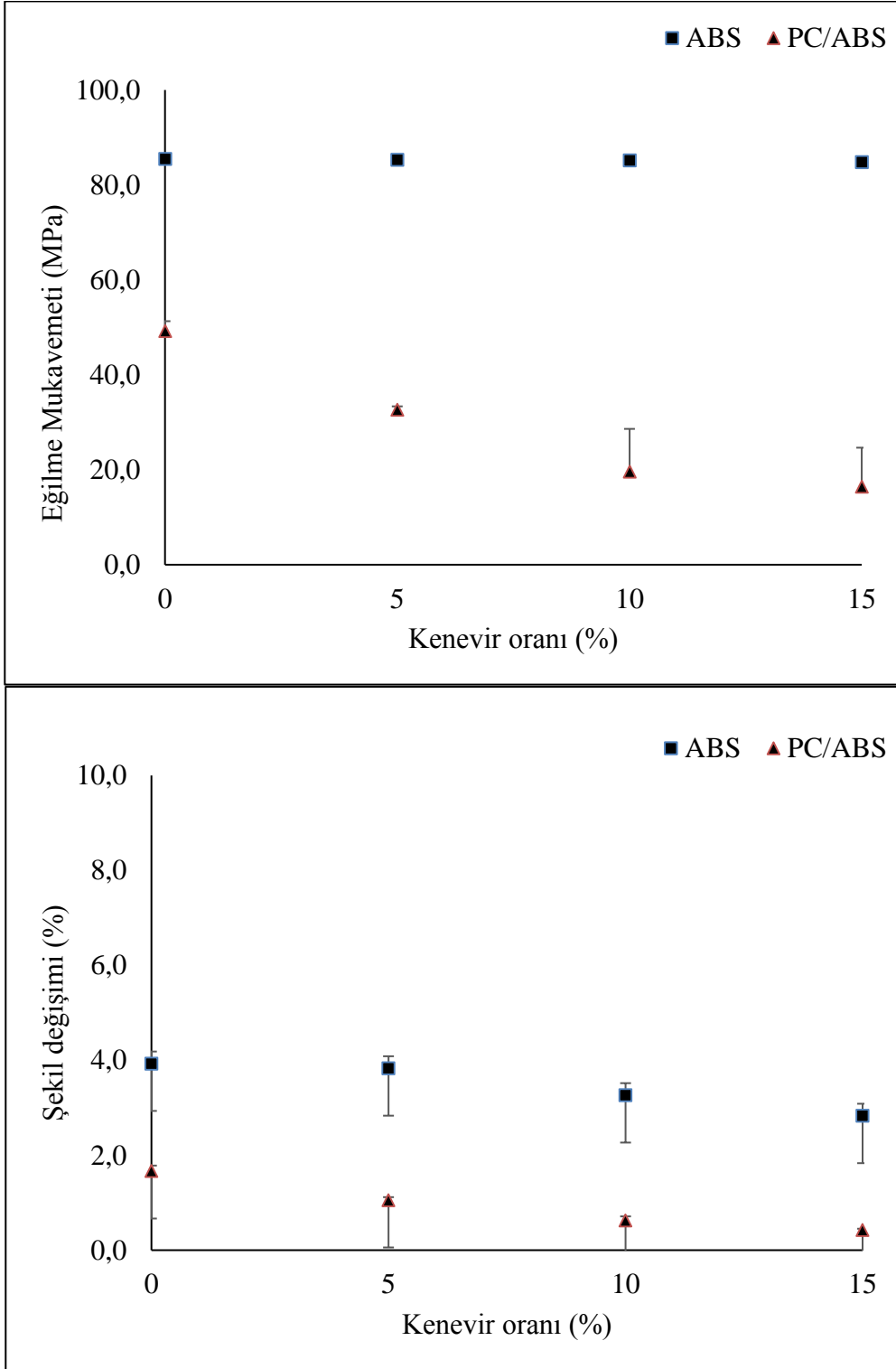
### 3.1.2 3 Nokta eğme

3 Nokta eğme deneyi ABS + Kenevir, PC/ABS + Kenevir, ABS + Fındık kabuğu ve PC/ABS + Fındık kabuğu numunelerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Test sonuçları kayıt altına alınmış olup aşağıda tablo olarak verilmiştir. ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerleri tablo 3.3'te grafik gösterimi ise şekil 3.3'te verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerleri tablo 3.4'te grafik gösterimi ise şekil 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3 ve 3.4'te ABS-PC/ABS/Kenevir ve ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerleri incelendiğinde kenevir ve fındık kabuğu oranlarının polimer kompozit içerisindeki miktarı arttıkça eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerlerinin düştüğü görülmüştür.

**Tablo 3. 3** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin gerilme ve maksimum şekil değiştirme değerleri

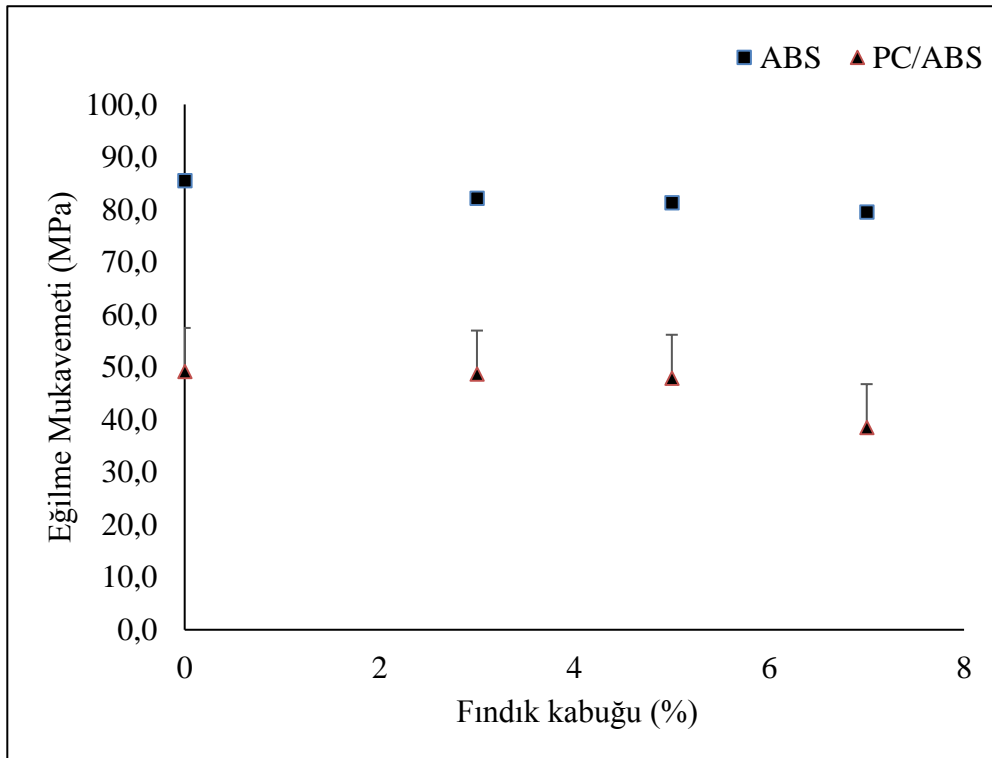
Matris	Kenevir (%)	$\sigma_{FM}$ MPa	$\sigma_{FM}$ MPa	$\Sigma_{FM}$ MPa	Ort	$\epsilon^{fM}$ %	$\epsilon^{fM}$ %	$\epsilon^{fM}$ %	Ort.
ABS	0	85,4	85,0	86,0	85,5	3,8	4,1	3,9	3,9
ABS	5	85,7	85,3	84,8	85,3	4,0	3,9	3,6	3,8
ABS	10	84,3	86,6	84,5	85,1	3,5	3,1	3,2	3,3
ABS	15	84,2	85,4	84,7	84,8	2,6	2,8	3,1	2,8
PC/ABS	0	48,3	47,7	51,6	49,2	1,6	1,6	1,8	1,7
PC/ABS	5	32,7	33,5	31,6	32,6	1,0	1,1	1,1	1,1
PC/ABS	10	20,5	18,6	19,7	19,6	0,7	0,5	0,7	0,6
PC/ABS	15	17,0	15,7	16,5	16,4	0,5	0,4	0,4	0,4

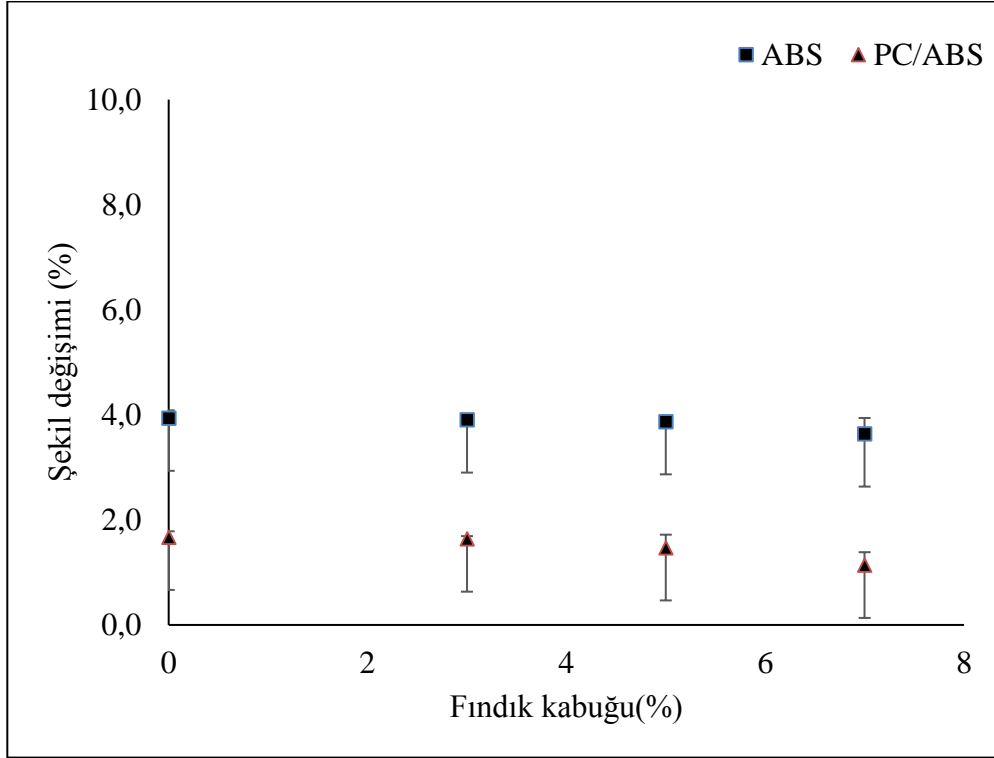


**Şekil 3. 3** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerlerinin grafiksel gösterimi

**Tablo 3. 4** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değıştirme değeri

Matris	Fındık kabuğu (%)	$\sigma^{fM}$ MPa	$\sigma^{fM}$ MPa	$\sigma^{fM}$ MPa	Ort	$\epsilon^{fM}$ %	$\epsilon^{fM}$ %	$\epsilon^{fM}$ %	Ort
ABS	0	85,4	83,7	86	85,5	3,8	4,1	3,9	3,9
ABS	3	82	82,1	82,4	82,2	4	3,8	3,9	3,9
ABS	5	81,2	82,1	80,5	81,3	3,8	3,9	3,9	3,9
ABS	7	79,7	79,4	79,5	79,5	3,3	3,7	3,9	3,6
PC/ABS	0	48,3	47,7	51,6	49,2	1,6	1,6	1,8	1,7
PC/ABS	3	48,6	49,5	48	48,7	1,7	1,6	1,6	1,6
PC/ABS	5	57,9	40,4	45,4	47,9	1,7	1,2	1,5	1,5
PC/ABS	7	37	47,4	31,1	38,5	1,1	1,4	0,9	1,1





**Şekil 3. 4** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti ve maksimum şekil değiştirme değerlerinin grafiksel gösterimi

### 3.1.3 Sertlik testi

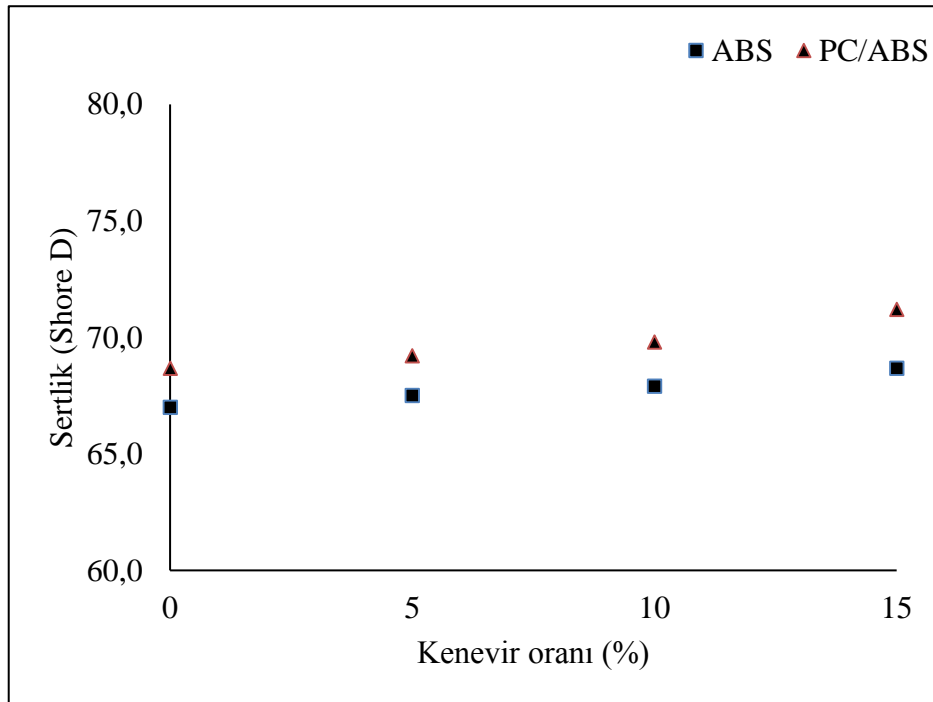
ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin sertlik değerleri tablo 3.5'te, grafik gösterimi ise şekil 3.5'te verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri tablo 3.6'da, grafik gösterimi ise şekil 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.5 ve 3.6'da ABS-PC/ABS/Kenevir ve ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri incelendiğinde kenevir ve fındık kabuğu oranlarının polimer kompozit içerisindeki miktarı arttıkça sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür.

En yüksek sertlik değerleri %15 Kenevir ve %7 fındık kabuğu içeren polimer matrislerde görülmüştür. Bu tür sert yapıya sahip doğal malzemelerin polimerlerin sertliğini arttırdığı görülmektedir. Farklı bir çalışma örneği olarak AlMaadeed ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalarda da R-PP içerisine hurma ağacı unu ilavesi ile elde edilen polimer kompozitinin sertliğinin arttığını tespit etmişlerdir (A.AlMaadeed, Kahraman, Khanam, & Madi, 2012).

**Tablo 3. 5** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin sertlik değerleri

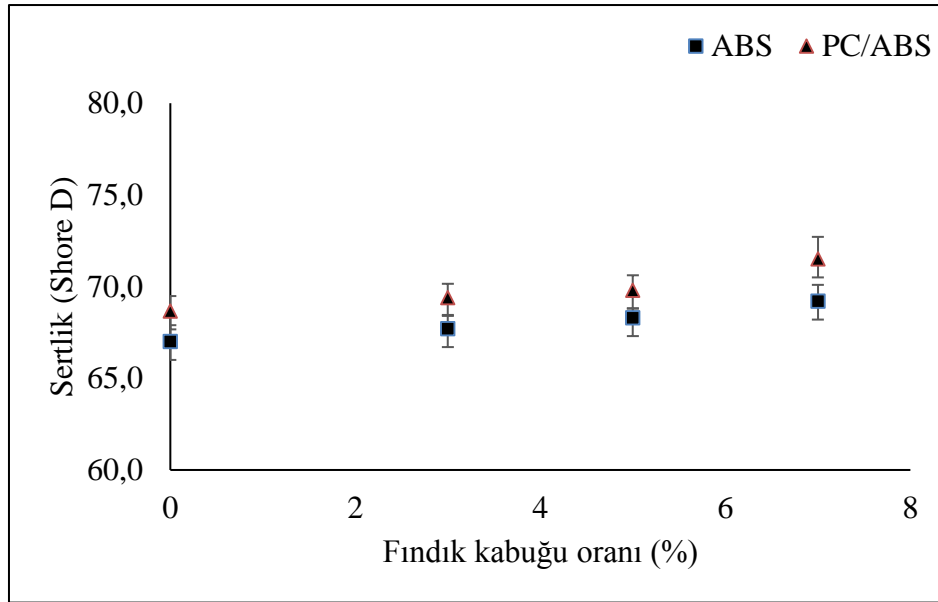
Matris	Kenevir (%)	1	2	3	4	5	6	Ortalama
ABS	0	66,0	67,0	67,0	68,0	68,0	66,0	67,0
ABS	5	67,0	67,0	68,0	68,0	68,0	67,0	67,5
ABS	10	67,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	67,9
ABS	15	69,0	69,0	69,0	68,0	69,0	68,0	68,7
PC/ABS	0	68,0	70,0	68,0	68,0	69,0	69,0	68,7
PC/ABS	5	69,0	69,0	69,0	70,0	69,0	69,0	69,2
PC/ABS	10	69,0	70,0	69,0	69,0	69,0	70,0	69,8
PC/ABS	15	70,0	72,0	72,0	71,0	71,0	71,0	71,2



**Şekil 3. 5** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin sertlik değerlerinin grafiksel gösterimi

**Tablo 3. 6** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri

Matris	Fındık kabuğu (%)	1	2	3	4	5	6	Ortalama
ABS	0	66,0	67,0	67,0	68,0	68,0	66,0	67,0
ABS	3	68,0	67,0	67,0	68,0	69,0	68,0	67,7
ABS	5	69,0	68,0	68,0	69,0	68,0	68,0	68,3
ABS	7	69,0	70,0	68,0	70,0	68,0	69,0	69,2
PC/ABS	0	68,0	70,0	68,0	68,0	69,0	69,0	68,7
PC/ABS	3	69,0	69,0	70,0	69,0	68,0	68,0	69,4
PC/ABS	5	69,0	69,0	70,0	70,0	71,0	69,0	69,8
PC/ABS	7	73,0	71,0	73,0	72,0	70,0	71,0	71,5



**Şekil 3. 6** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerlerinin grafiksel gösterimi

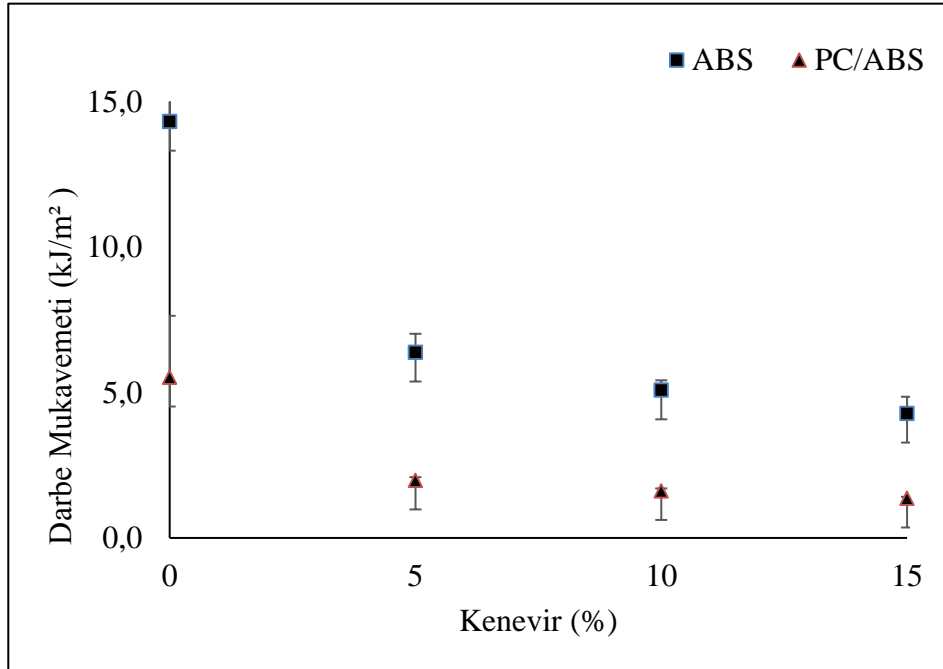
### 3.1.4 Darbe mukavemeti

ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin darbe mukavemet değerleri tablo 3.8'de grafik gösterimi ise şekil 3.7'de verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer

kompozitlerinin darbe mukavemet değerleri tablo 3.7’de grafik gösterimi ise Şekil 3.8’de verilmiştir.

**Tablo 3. 7** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerleri

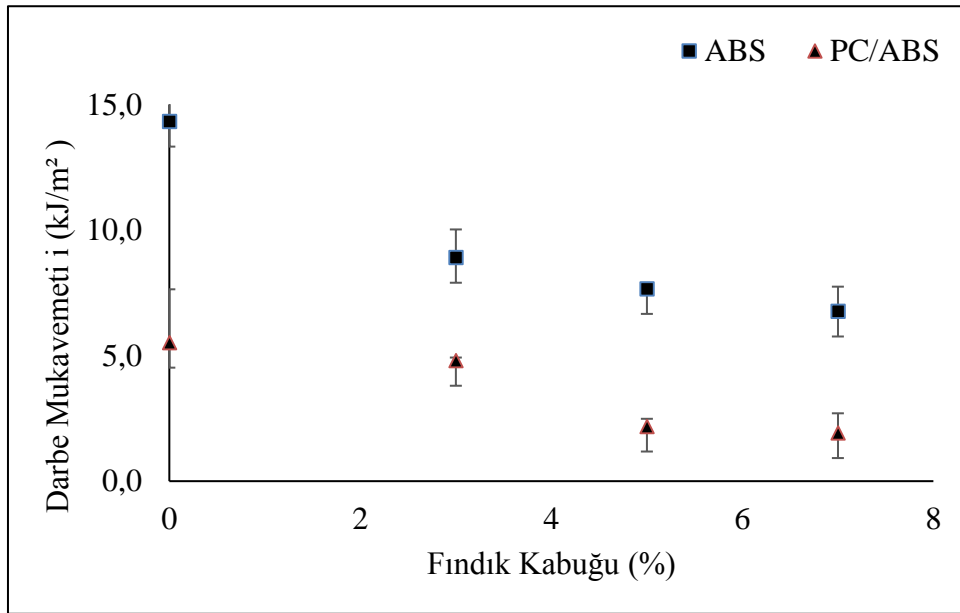
Matris	Kenevir (%)	1	2	3	4	5	Ortalama
ABS	0	12,1	17,0	13,3	15,1	14,1	14,3
ABS	5	6,3	6,9	7,1	5,5	6,1	6,4
ABS	10	5,0	5,5	5,3	4,6	5,0	5,1
ABS	15	4,6	4,4	3,8	3,6	5,0	4,3
PC/ABS	0	2,7	4,6	8,5	5,9	5,9	5,5
PC/ABS	5	1,9	2,1	1,9	1,9	2,1	2,0
PC/ABS	10	1,6	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6
PC/ABS	15	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4



**Şekil 3. 7** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerlerinin grafiksel gösterimi

**Tablo 3. 8** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerleri

Matris	Fındık kabuğu (%)	1	2	3	4	5	Ortalama
ABS	0	12,1	17,0	13,3	15,1	14,1	14,3
ABS	3	9,9	7,7	9,9	7,7	9,3	8,9
ABS	5	7,7	7,5	7,7	7,7	7,7	7,7
ABS	7	8,1	6,0	5,9	7,5	6,3	6,8
PC/ABS	0	2,7	4,6	8,5	5,9	5,9	5,5
PC/ABS	3	5,0	4,8	4,7	4,7	4,8	4,8
PC/ABS	5	2,7	1,9	2,1	2,1	2,1	2,2
PC/ABS	7	3,0	1,3	2,5	1,5	1,3	1,9



**Şekil 3. 8** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin darbe mukavemeti değerlerinin grafiksel gösterimi

Yukarıdaki grafiklerde darbe mukavemetinin kenevir ve fındık kabuğu ilavesiyle düştüğü görülmektedir. En yüksek darbe mukavemeti saf haldeki polimerlerde görülmektedir.

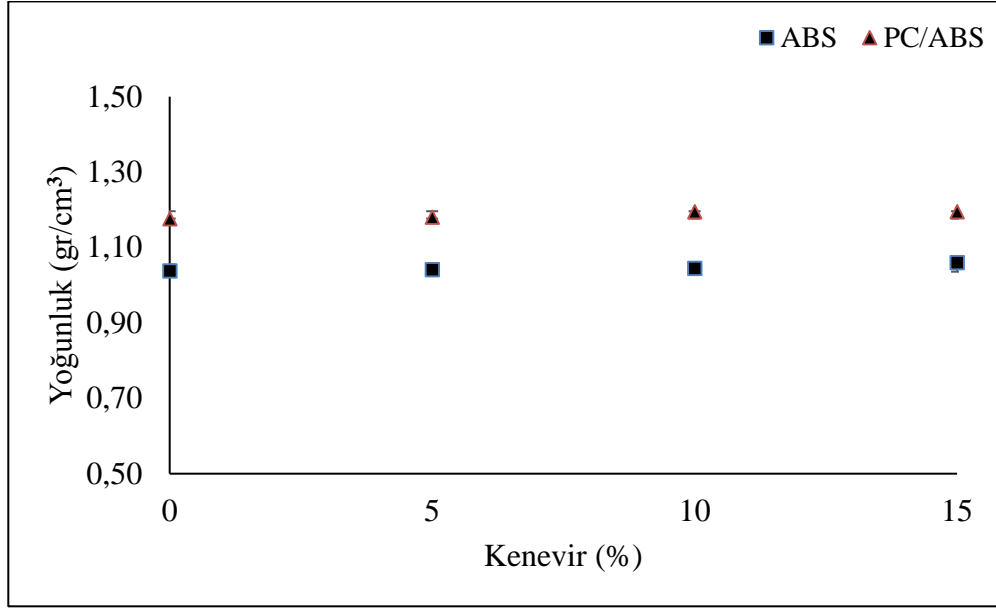
## 3.2 Fiziksel Testlerin Sonuçları

### 3.2.1 Yoğunluk

ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri tablo 3.9’da grafik gösterimi ise şekil 3.9’da verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri tablo 3.10’da grafik gösterimi ise şekil 3.10’da verilmiştir. ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri Tablo 3.9’da incelendiğinde içerikteki kenevir oranının artışıyla birlikte yoğunluk değerinin de arttığı görülmüştür. En yüksek yoğunluk değeri %15 Kenevir katkılı numunede elde edilmiştir. Tablo 3.9’da ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri incelendiğinde içerikteki fındık kabuğu oranının artışı ile yoğunluk artışı görülmüştür. En yüksek yoğunluk değeri %7 Fındık kabuğu katkılı numunede elde edilmiştir. Şerif Çağlar yapmış olduğu çalışmada fındık kabuğu katkılı PP kompozitlerinde fındık kabuğu oranının artışı ile yoğunluğun arttığını tespit etmişlerdir (Çağlar, 2023). Çalışmamızda da benzer sonuçlar çıkmıştır.

**Tablo 3. 9** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri

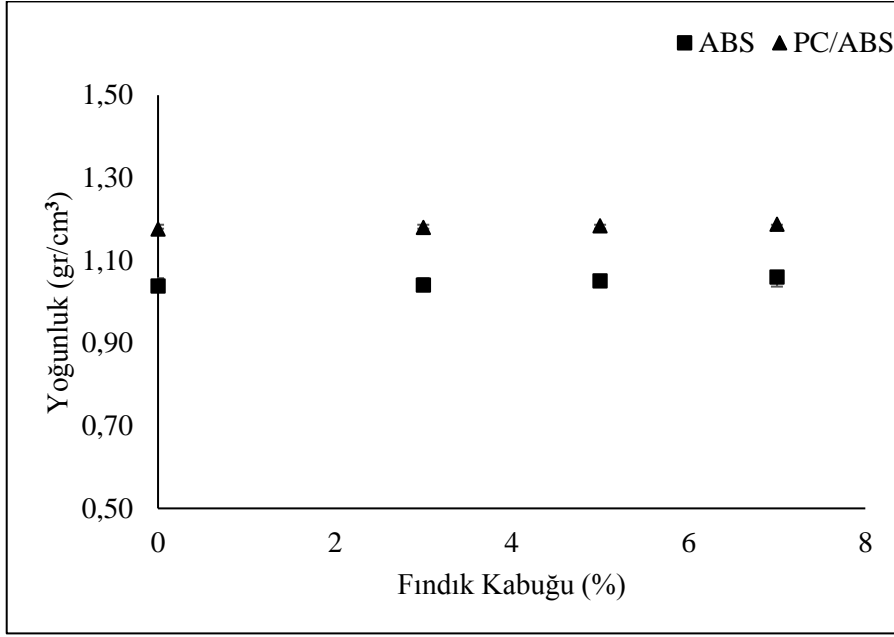
Matris	Kenevir (%)		Havada	Alkolde	Yoğunluk	Ortalama
ABS	0	1.Numune	1,42	0,33	1,03	1,04
		2.Numune	1,43	0,35	1,05	
ABS	5	1.Numune	1,45	0,35	1,04	1,04
		2.Numune	1,45	0,34	1,04	
ABS	10	1.Numune	1,46	0,34	1,03	1,04
		2.Numune	1,46	0,36	1,05	
ABS	15	1.Numune	1,49	0,38	1,06	1,06
		2.Numune	1,48	0,38	1,06	
PC/ABS	0	1.Numune	1,58	0,53	1,19	1,18
		2.Numune	1,59	0,50	1,16	
PC/ABS	5	1.Numune	1,63	0,55	1,19	1,18
		2.Numune	1,65	0,54	1,17	
PC/ABS	10	1.Numune	1,72	0,58	1,19	1,19
		2.Numune	1,74	0,59	1,20	
PC/ABS	15	1.Numune	1,76	0,59	1,19	1,19
		2.Numune	1,75	0,59	1,19	



Şekil 3. 9 ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yoğunluk değerlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 3. 10 ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri

Matris	Fındık kabuğu (%)		Havada	Alkolde	Yoğunluk	Ortalama
ABS	0	1.Numune	1,42	0,33	1,03	1,04
		2.Numune	1,43	0,35	1,05	
ABS	3	1.Numune	1,77	0,42	1,04	1,04
		2.Numune	1,75	0,43	1,05	
ABS	5	1.Numune	1,76	0,44	1,05	1,05
		2.Numune	1,76	0,44	1,05	
ABS	7	1.Numune	1,97	0,50	1,06	1,06
		2.Numune	1,96	0,51	1,07	
PC/ABS	0	1.Numune	1,58	0,53	1,19	1,18
		2.Numune	1,59	0,50	1,16	
PC/ABS	3	1.Numune	1,65	0,54	1,17	1,18
		2.Numune	1,67	0,56	1,19	
PC/ABS	5	1.Numune	1,64	0,54	1,18	1,18
		2.Numune	1,64	0,55	1,19	
PC/ABS	7	1.Numune	1,63	0,55	1,20	1,19
		2.Numune	1,64	0,54	1,18	



**Şekil 3. 10** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerlerinin grafiksel gösterimi

### 3.2.2 Erime akış indeksi

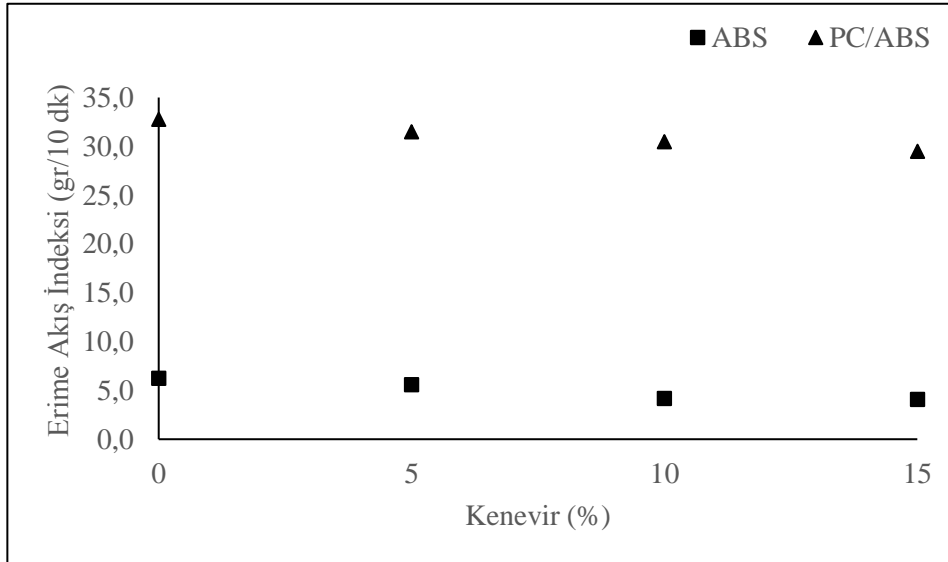
ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeks değerleri tablo 3.11’de grafik gösterimi ise şekil 3.11’de verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeks değerleri tablo 3.12’de grafik gösterimi ise şekil 3.12’de verilmiştir.

ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeks değerleri tablo 3.11’de incelendiğinde ABS-PC/ABS/Kenevir içeriğinin erime akış indeksi değerinin yüzde kenevir oranının artması ile düşmüştür.

ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeks değerleri tablo 3.12’de incelendiğinde ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu içeriğinin erime akış indeksi değerinin yüzde kenevir oranının artması ile düşmüştür. Sinan Fevzi Demircan’ın 2009 yılında gerçekleştirdiği tez çalışmasında da fındık kabuğu ilavesi ile eriyik ile fındık kabuğu arasındaki sürtünme yüzeyinin artmasının MFI değerini düşürdüğü gösterilmiştir (Demircan, 2009). Çalışmamızda çıkan sonuç da bu yöndedir.

**Tablo 3. 11** ABS-PC/A BS kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri

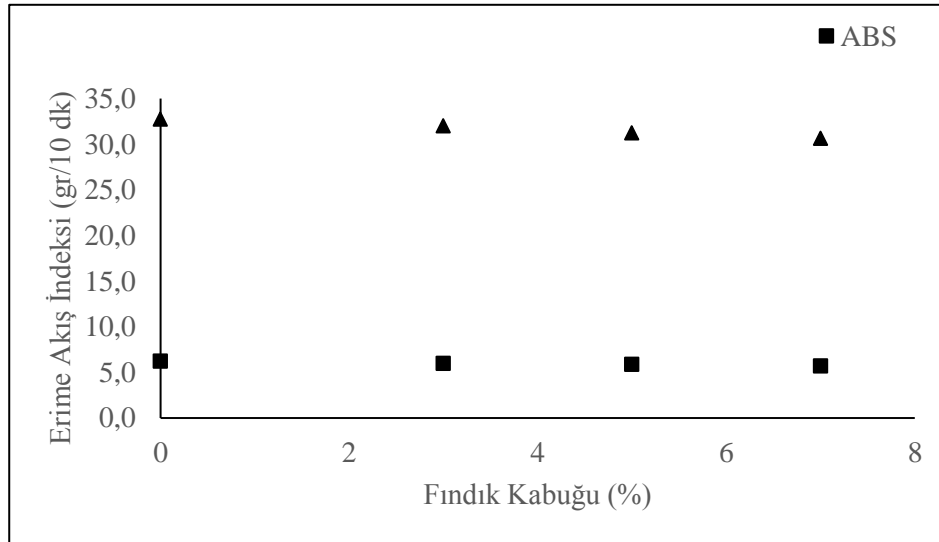
Matris	Kenevir (%)	Ağırlık (gr)	1	2	3	4	5	6
ABS	0	Ağırlık (gr)	0,30	0,33	0,32	0,27	0,32	0,32
ABS	5	Ağırlık (gr)	0,26	0,27	0,29	0,29	0,27	0,28
ABS	10	Ağırlık (gr)	0,21	0,22	0,19	0,21	0,20	0,22
ABS	15	Ağırlık (gr)	0,20	0,20	0,21	0,21	0,19	0,21
PC/ABS	0	Ağırlık (gr)	1,63	1,64	1,63	1,65	1,65	1,63
PC/ABS	5	Ağırlık (gr)	1,58	1,57	1,59	1,56	1,56	1,58
PC/ABS	10	Ağırlık (gr)	1,53	1,55	1,52	1,51	1,51	1,52
PC/ABS	15	Ağırlık (gr)	1,46	1,48	1,48	1,47	1,47	1,48
Matris	Kenevir (%)	Ortalama	MFI1	MFI2	MFI3	MFI4	MFI5	MFI6
ABS	0	6,23	5,97	6,52	6,40	5,47	6,49	6,49
ABS	5	5,56	5,20	5,49	5,78	5,83	5,42	5,65
ABS	10	4,16	4,28	4,44	3,75	4,13	3,96	4,36
ABS	15	4,07	4,01	3,99	4,24	4,19	3,84	4,15
PC/ABS	0	32,76	32,64	32,80	32,51	33,00	33,00	32,60
PC/ABS	5	31,47	31,60	31,40	31,80	31,20	31,20	31,60
PC/ABS	10	30,47	30,60	31,00	30,40	30,20	30,20	30,40
PC/ABS	15	29,47	29,20	29,60	29,60	29,40	29,40	29,60



**Şekil 3. 11** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerlerinin grafiksel gösterimi

**Tablo 3. 12** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri

Matris	Fındık kabuğu (%)	Ağırlık (gr)	1	2	3	4	5	6
ABS	0	Ağırlık (gr)	0,30	0,33	0,32	0,27	0,32	0,32
ABS	3	Ağırlık (gr)	0,29	0,31	0,31	0,27	0,29	0,32
ABS	5	Ağırlık (gr)	0,30	0,31	0,30	0,27	0,29	0,29
ABS	7	Ağırlık (gr)	0,27	0,26	0,30	0,29	0,31	0,29
PC/ABS	0	Ağırlık (gr)	1,63	1,64	1,63	1,65	1,65	1,63
PC/ABS	3	Ağırlık (gr)	1,61	1,60	1,61	1,59	1,59	1,60
PC/ABS	5	Ağırlık (gr)	1,58	1,56	1,56	1,55	1,56	1,56
PC/ABS	7	Ağırlık (gr)	1,55	1,54	1,53	1,53	1,52	1,52
Matris	Fındık kabuğu (%)	Ortalama	MFI1	MFI2	MFI3	MFI4	MFI5	MFI6
ABS	0	6,23	5,97	6,52	6,40	5,47	6,49	6,49
ABS	3	5,99	5,75	6,30	6,30	5,36	5,85	6,36
ABS	5	5,88	5,98	6,28	5,97	5,47	5,76	5,79
ABS	7	5,72	5,38	5,19	5,98	5,79	6,12	5,82
PC/ABS	0	32,76	32,64	32,80	32,51	33,00	33,00	32,60
PC/ABS	3	32,00	32,20	32,00	32,20	31,80	31,80	32,00
PC/ABS	5	31,23	31,60	31,20	31,20	31,00	31,20	31,20
PC/ABS	7	30,63	31,00	30,80	30,60	30,60	30,40	30,40



**Şekil 3. 12** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerlerinin grafiksel gösterimi

### 3.2.3 Vicat yumuşama sıcaklığı

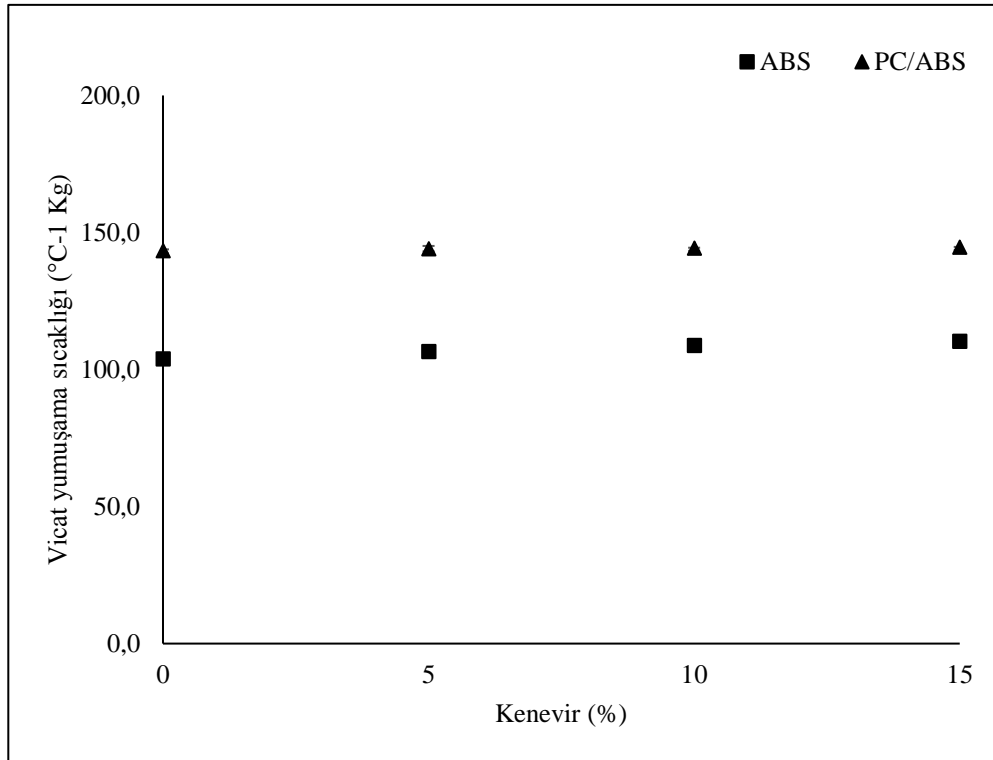
ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin Vicat yumuşama sıcaklığı değerleri tablo 3.13'te grafik gösterimi ise şekil 3.13'te verilmiştir. ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerleri tablo 3.14'te grafik gösterimi ise şekil 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.13'te verilen değerlerde ABS-Kenevir karışımında kenevir oranının artmasıyla Vicat yumuşama sıcaklığının da arttığı görülmüştür. Ayrıca tablo 3.14'te ABS-Fındık kabuğu karışımında da fındık kabuğunun karışımdaki oranının artmasıyla Vicat yumuşama sıcaklığının arttığı görülmüştür. Ömer Cengiz yapmış olduğu çalışmada fındık kabuğu ilavesiyle PP matrisli kompozit malzemenin Vicat sıcaklık değerinin arttığını göstermiştir (Cengiz, 2022). Çalışmamız da bu bağlamda destekleyici veri ortaya çıkarmıştır.

Tablo 3.14'te verilen değerlerde PC/ABS-Kenevir karışımında kenevir oranının artmasıyla Vicat yumuşama sıcaklığı değerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca tablo 3.14'te PC/ABS-Fındık kabuğu karışımında da fındık kabuğunun karışımdaki oranının artmasıyla Vicat yumuşama sıcaklığının arttığı görülmüştür. ABS içerisine sert bir polimer olan PC ilavesi ile sertlik değeri artmıştır. Buna bağlı olarak da saf değerler için PC/ABS sertlik değeri yükselmiştir. Polimer kompozit içerisine kenevir ve fındık kabuğu gibi sert malzemeler ilavesi ile vicat yumuşama sıcaklıklarında yükselme olmuştur. Fındık kabuğu kenevir sapına kıyasla daha sert olduğu için vicat değerlerini daha çok yükseltmiştir. Münir Taşdemir'in 2024 yılında yapmış olduğu çalışmada polipropilen içerisinde selüloz bazlı haşhaş ilavesi ile Vicat yumuşama değerlerinde yükseliş tespit etmişlerdir. Ayrıca kompozit içerisinde yumuşak polimer olan MAPP ilavesi ile sertliğin azaldığını ve Vicat yumuşama sıcaklığının da azaldığını tespit etmişlerdir (Taşdemir & Karadirek, Polipropilen/Haşhaş Sapı (Papaver Somniferum) Polimer Kompozitinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi, 2024)

**Tablo 3. 13** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerleri

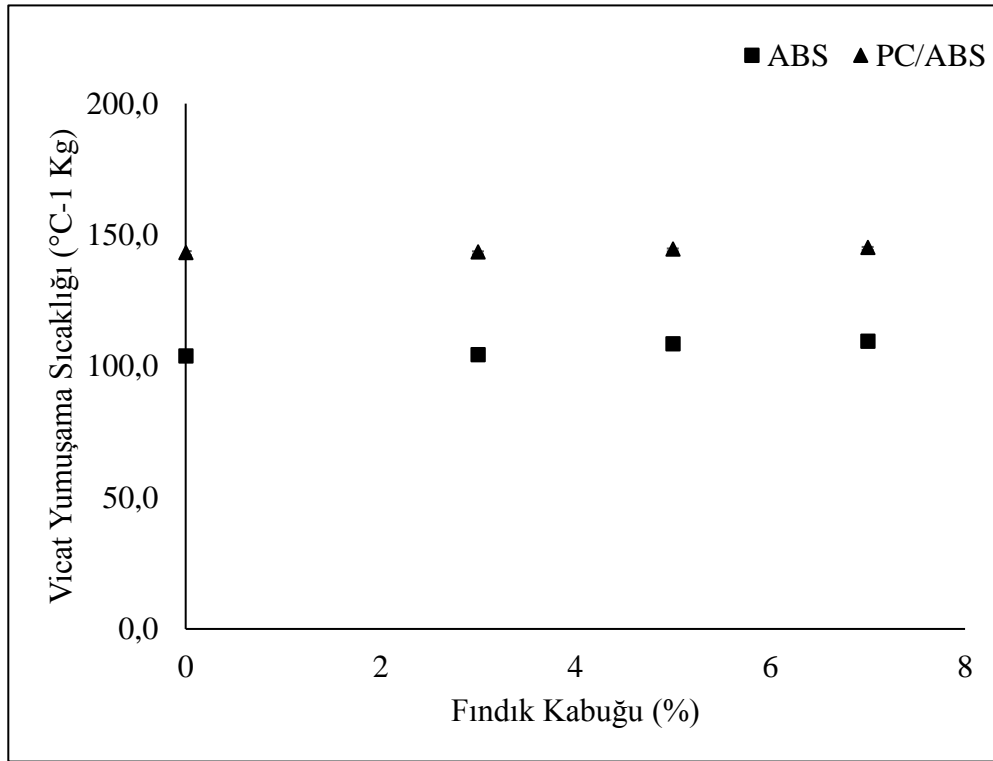
Matris	Kenevir (%)	1	2	Ortalama
ABS	0	104,0	103,8	103,9
ABS	5	106,7	106,4	106,6
ABS	10	107,6	110,0	108,8
ABS	15	110,4	110,1	110,3
PC/ABS	0	143,0	143,7	143,4
PC/ABS	5	143,4	144,8	144,1
PC/ABS	10	144,2	144,4	144,3
PC/ABS	15	144,5	144,7	144,6



**Şekil 3. 13** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerlerinin grafiksel gösterimi

**Tablo 3. 14** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerleri

Matris	Fındık kabuğu (%)	1	2	Ortalama
ABS	0	104,0	103,8	103,9
ABS	3	104,2	104,8	104,5
ABS	5	108,5	108,7	108,6
ABS	7	109,4	109,6	109,5
PC/ABS	0	143,0	143,7	143,4
PC/ABS	3	143,4	143,7	143,6
PC/ABS	5	144,6	144,8	144,7
PC/ABS	7	145,2	145,4	145,3



**Şekil 3. 14** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin vicat yumuşama sıcaklığı değerlerinin grafiksel gösterimi

### 3.2.4 Aşınma oranı

ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri tablo 3.15/16/17 ve 18'de grafik gösterimi ise şekil 3.15 ve 3.16'da verilmiştir. ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri tablo 3.19/20/21 ve 22'de grafik gösterimi ise şekil 3.17 ve 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.15/16/17 ve 18 incelendiğinde ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitlerinde aşınma oranının yol ile arttığı görülmüştür. En yüksek aşınma oranının en uzun yol olan 80m'de elde edildiği ortaya çıkmıştır. Tablo 3.19/20/21 ve 22 incelendiğinde ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinde aşınma oranının yol ile arttığı görülmüştür. En yüksek aşınma oranının en uzun yol olan 80m'de elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Aşınma oranı grafikleri incelendiğinde; yolun artmasıyla aşınma oranının arttığı görülmektedir. Kenevir ve fındık kabuğu artışıyla da aşınma oranı artmıştır. Elif Ulutaş yapmış olduğu çalışmada Pirinç kabuğu PP kompozitinin aşınma oranının pirinç kabuğu miktarının artışıyla arttığını belirtmiştir. Yaptığımız çalışma sonuçları buradaki veriler ile paraleldir (Ulutaş, 2019).

**Tablo 3. 15** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 20m

Aşınma Değeri 20 m						
Matris	Kenevir (%)	W1	W2	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,4249	1,3570	1,0378	0,0003	0,347
		1,4296	1,3611	1,0378	0,0003	
		1,4295	1,3500	1,0378	0,0004	
ABS	5	1,4597	1,3767	1,0404	0,0004	0,356
		1,4533	1,3828	1,0404	0,0003	
		1,4465	1,3780	1,0404	0,0003	
ABS	10	1,4550	1,3798	1,0442	0,0004	0,367
		1,4591	1,3884	1,0442	0,0003	
		1,4639	1,3797	1,0442	0,0004	
ABS	15	1,4571	1,3796	1,0595	0,0004	0,390
		1,4907	1,4151	1,0595	0,0004	
		1,4772	1,3824	1,0595	0,0004	
PC/ABS	0	1,5833	1,5420	1,1761	0,0002	0,173
		1,5600	1,5187	1,1761	0,0002	
		1,6000	1,5606	1,1761	0,0002	
PC/ABS	5	1,5833	1,5420	1,1891	0,0002	0,175
		1,5700	1,5257	1,1891	0,0002	
		1,6000	1,5606	1,1891	0,0002	
PC/ABS	10	1,5833	1,5420	1,1948	0,0002	0,180
		1,5600	1,5187	1,1948	0,0002	
		1,5880	1,5416	1,1948	0,0002	
PC/ABS	15	1,5733	1,5232	1,2815	0,0002	0,199
		1,5600	1,5087	1,2815	0,0002	
		1,5721	1,5206	1,2815	0,0002	

**Tablo 3. 16** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 40m

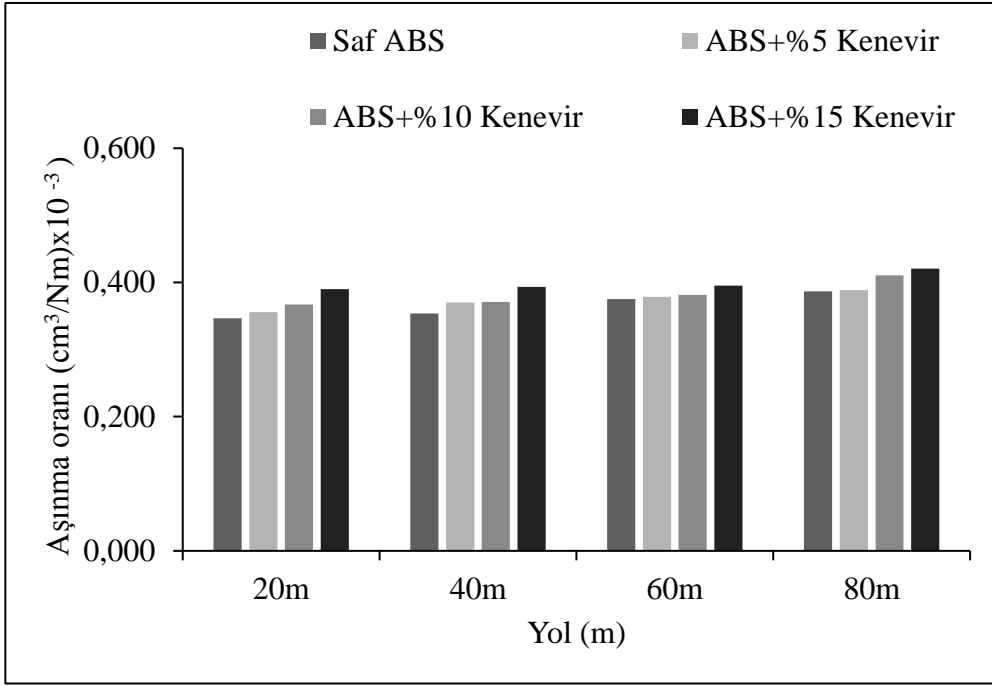
Aşınma Değeri 40 m						
Matris	Kenevir (%)	W2	W3	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,3570	1,2102	1,0378	0,0004	0,354
		1,3611	1,2165	1,0378	0,0003	
		1,3500	1,2006	1,0378	0,0004	
ABS	5	1,3767	1,2279	1,0404	0,0004	0,37
		1,3828	1,2273	1,0404	0,0004	
		1,3780	1,2206	1,0404	0,0004	
ABS	10	1,3798	1,2268	1,0442	0,0004	0,371
		1,3884	1,2284	1,0442	0,0004	
		1,3797	1,2278	1,0442	0,0004	
ABS	15	1,3796	1,2143	1,0595	0,0004	0,393
		1,4151	1,2494	1,0595	0,0004	
		1,3824	1,2132	1,0595	0,0004	
PC/ABS	0	1,5420	1,4656	1,1761	0,0002	0,178
		1,5187	1,4342	1,1761	0,0002	
		1,5606	1,4709	1,1761	0,0002	
PC/ABS	5	1,5420	1,4656	1,1891	0,0002	0,186
		1,5257	1,4342	1,1891	0,0002	
		1,5606	1,4629	1,1891	0,0002	
PC/ABS	10	1,5420	1,4516	1,1948	0,0002	0,191
		1,5187	1,4342	1,1948	0,0002	
		1,5416	1,4429	1,1948	0,0002	
PC/ABS	15	1,5232	1,4154	1,2815	0,0002	0,203
		1,5087	1,4092	1,2815	0,0002	
		1,5206	1,4151	1,2815	0,0002	

**Tablo 3. 17** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 60m

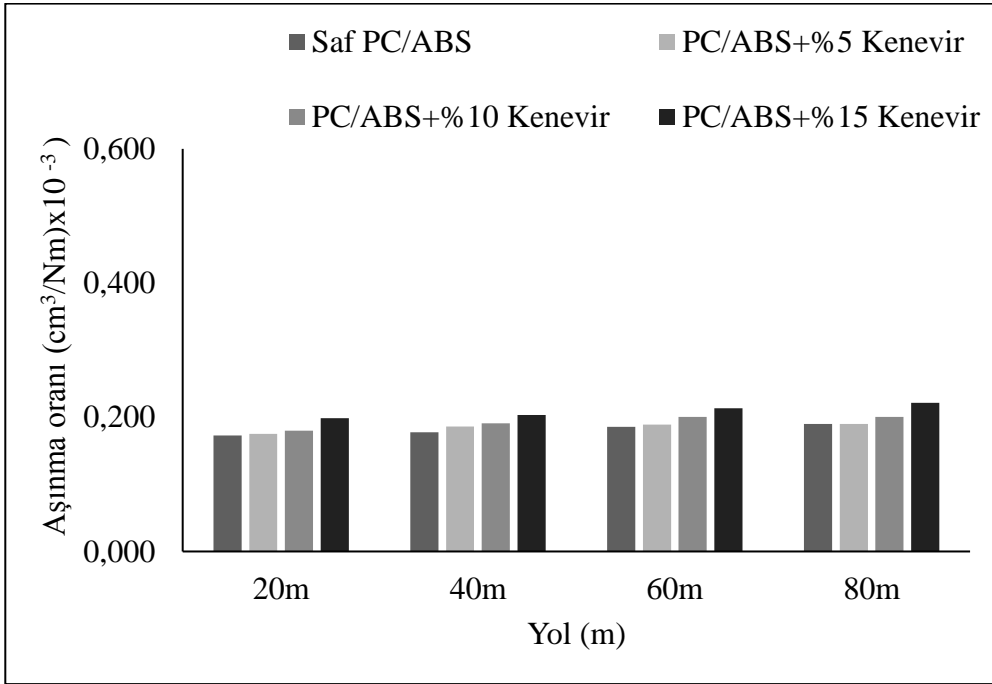
Aşınma Değeri 60 m						
Matris	Kenevir (%)	W3	W4	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,2102	0,9882	1,0378	0,0004	0,375
		1,2165	0,9860	1,0378	0,0004	
		1,2006	0,9525	1,0378	0,0004	
ABS	5	1,2279	0,9832	1,0404	0,0004	0,378
		1,2273	1,0010	1,0404	0,0004	
		1,2206	0,9830	1,0404	0,0004	
ABS	10	1,2268	0,9851	1,0442	0,0004	0,381
		1,2284	0,9991	1,0442	0,0004	
		1,2278	0,9819	1,0442	0,0004	
ABS	15	1,2143	0,9690	1,0595	0,0004	0,395
		1,2194	0,9560	1,0595	0,0004	
		1,2132	0,9680	1,0595	0,0004	
PC/ABS	0	1,4656	1,3345	1,1761	0,0002	0,186
		1,4342	1,3138	1,1761	0,0002	
		1,4709	1,3296	1,1761	0,0002	
PC/ABS	5	1,4656	1,3345	1,1891	0,0002	0,189
		1,4542	1,3138	1,1891	0,0002	
		1,4629	1,3296	1,1891	0,0002	
PC/ABS	10	1,4516	1,3145	1,1948	0,0002	0,200
		1,4342	1,2938	1,1948	0,0002	
		1,4429	1,2896	1,1948	0,0002	
PC/ABS	15	1,4154	1,2445	1,2815	0,0002	0,213
		1,4092	1,2438	1,2815	0,0002	
		1,4151	1,2596	1,2815	0,0002	

**Tablo 3. 18** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 80m

Aşınma Değeri 80 m						
Matris	Kenevir (%)	W4	W5	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	0,9882	0,6531	1,0378	0,0004	0,387
		0,9860	0,6518	1,0378	0,0004	
		0,9525	0,6591	1,0378	0,0004	
ABS	5	0,9832	0,6566	1,0404	0,0004	0,389
		1,0010	0,6775	1,0404	0,0004	
		0,9830	0,6625	1,0404	0,0004	
ABS	10	0,9851	0,6405	1,0442	0,0004	0,411
		0,9991	0,6480	1,0442	0,0004	
		0,9819	0,6483	1,0442	0,0004	
ABS	15	0,9690	0,6079	1,0595	0,0004	0,420
		0,9560	0,6063	1,0595	0,0004	
		0,9680	0,6098	1,0595	0,0004	
PC/ABS	0	1,3345	1,1506	1,1761	0,0002	0,190
		1,3138	1,1384	1,1761	0,0002	
		1,3296	1,1519	1,1761	0,0002	
PC/ABS	5	1,3345	1,1616	1,1891	0,0002	0,190
		1,3138	1,1224	1,1891	0,0002	
		1,3296	1,1519	1,1891	0,0002	
PC/ABS	10	1,3145	1,1106	1,1948	0,0002	0,201
		1,2938	1,1084	1,1948	0,0002	
		1,2896	1,1039	1,1948	0,0002	
PC/ABS	15	1,2445	1,0237	1,2815	0,0002	0,222
		1,2438	1,0284	1,2815	0,0002	
		1,2596	1,0139	1,2815	0,0002	



**Şekil 3. 15** ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi ( $\text{cm}^3/\text{Nm}$ ) 10N 20m-40m-60m-80m



**Şekil 3. 16** PC/ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi ( $\text{cm}^3/\text{Nm}$ ) 10N 20m-40m-60m-80m

**Tablo 3. 19** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 20m

Aşınma Değerleri 20 m						
Matris	Fındık kabuğu (%)	W1	W2	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,4249	1,3570	1,0378	0,0003	0,347
		1,4296	1,3611	1,0378	0,0003	
		1,4295	1,3500	1,0378	0,0004	
ABS	3	1,4411	1,3676	0,9997	0,0004	0,366
		1,4412	1,3666	0,9997	0,0004	
		1,1909	1,1196	0,9997	0,0004	
ABS	5	1,4411	1,3676	0,9302	0,0004	0,395
		1,4406	1,3672	0,9302	0,0004	
		1,1919	1,1186	0,9302	0,0004	
ABS	7	1,4576	1,3730	1,0668	0,0004	0,398
		1,4549	1,3704	1,0668	0,0004	
		1,4555	1,3697	1,0668	0,0004	
PC/ABS	0	1,5833	1,5420	1,1761	0,0002	0,173
		1,5600	1,5187	1,1761	0,0002	
		1,6000	1,5606	1,1761	0,0002	
PC/ABS	3	1,6155	1,5709	1,1801	0,0002	0,191
		1,6155	1,5702	1,1801	0,0002	
		1,6155	1,5701	1,1801	0,0002	
PC/ABS	5	1,6425	1,5966	1,1837	0,0002	0,193
		1,6370	1,5890	1,1837	0,0002	
		1,6364	1,5933	1,1837	0,0002	
PC/ABS	7	1,6373	1,5910	1,1871	0,0002	0,195
		1,6483	1,6010	1,1871	0,0002	
		1,6355	1,5900	1,1871	0,0002	

**Tablo 3. 20** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 40m

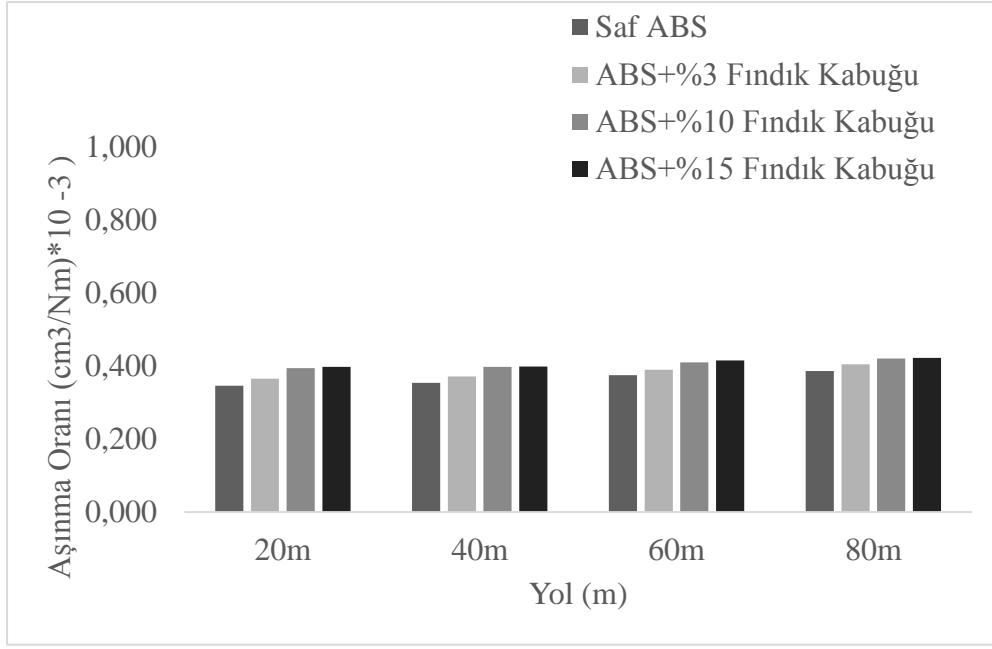
Aşınma Değeri 40 m						
Matris	Fındık kabuğu (%)	W2	W3	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,3570	1,2102	1,0378	0,0004	0,354
		1,3611	1,2165	1,0378	0,0003	
		1,3500	1,2006	1,0378	0,0004	
ABS	3	1,3676	1,2206	0,9997	0,0004	0,371
		1,3666	1,2202	0,9997	0,0004	
		1,1196	0,9674	0,9997	0,0004	
ABS	5	1,3676	1,2235	0,9302	0,0004	0,398
		1,3672	1,2137	0,9302	0,0004	
		1,1186	0,9717	0,9302	0,0004	
ABS	7	1,3730	1,2014	1,0668	0,0004	0,399
		1,3704	1,2009	1,0668	0,0004	
		1,3697	1,2002	1,0668	0,0004	
PC/ABS	0	1,5420	1,4656	1,1761	0,0002	0,178
		1,5187	1,4342	1,1761	0,0002	
		1,5606	1,4709	1,1761	0,0002	
PC/ABS	3	1,5709	1,4756	1,1801	0,0002	0,205
		1,5702	1,4742	1,1801	0,0002	
		1,5701	1,4709	1,1801	0,0002	
PC/ABS	5	1,5966	1,4966	1,1837	0,0002	0,202
		1,5890	1,4980	1,1837	0,0002	
		1,5933	1,4972	1,1837	0,0002	
PC/ABS	7	1,5910	1,4941	1,1871	0,0002	0,207
		1,6010	1,4947	1,1871	0,0002	
		1,5900	1,4988	1,1871	0,0002	

**Tablo 3. 21** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 60m

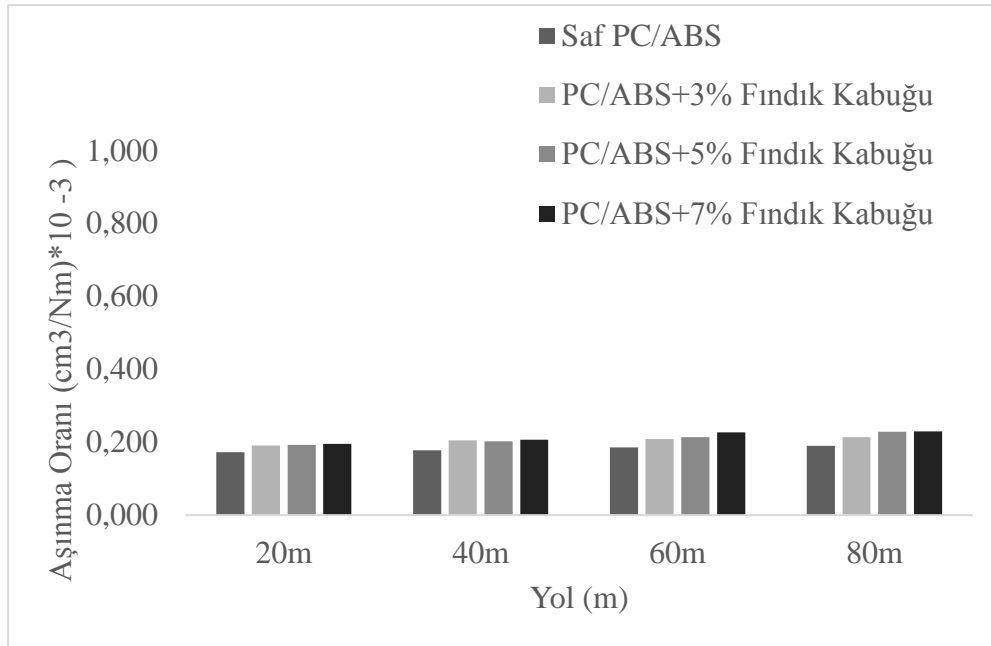
Aşınma Değeri 60 m						
Matris	Fındık kabuğu (%)	W3	W4	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	1,2102	0,9882	1,0378	0,0004	0,375
		1,2165	0,9860	1,0378	0,0004	
		1,2006	0,9525	1,0378	0,0004	
ABS	3	1,2206	0,9882	0,9997	0,0004	0,391
		1,2202	0,9860	0,9997	0,0004	
		0,9674	0,7313	0,9997	0,0004	
ABS	5	1,2235	0,9986	0,9302	0,0004	0,410
		1,2137	0,9715	0,9302	0,0004	
		0,9717	0,7516	0,9302	0,0004	
ABS	7	1,2014	0,9364	1,0668	0,0004	0,416
		1,2009	0,9267	1,0668	0,0004	
		1,2002	0,9413	1,0668	0,0004	
PC/ABS	0	1,4656	1,3345	1,1761	0,0002	0,186
		1,4342	1,3138	1,1761	0,0002	
		1,4709	1,3296	1,1761	0,0002	
PC/ABS	3	1,4756	1,3339	1,1801	0,0002	0,209
		1,4742	1,3136	1,1801	0,0002	
		1,4709	1,3297	1,1801	0,0002	
PC/ABS	5	1,4966	1,3429	1,1837	0,0002	0,214
		1,4980	1,3462	1,1837	0,0002	
		1,4972	1,3473	1,1837	0,0002	
PC/ABS	7	1,4941	1,3354	1,1871	0,0002	0,227
		1,4947	1,3343	1,1871	0,0002	
		1,4988	1,3328	1,1871	0,0002	

**Tablo 3. 22** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri  
(cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 80m

Aşınma Değerleri 80 m						
Matris	Fındık kabuğu (%)	W4	W5	Yoğunluk	Aşınma Oranı	Ort.*10 <sup>-3</sup>
ABS	0	0,9882	0,6531	1,0378	0,0004	0,387
		0,9860	0,6518	1,0378	0,0004	
		0,9525	0,6591	1,0378	0,0004	
ABS	3	0,9882	0,6551	0,9997	0,0004	0,405
		0,9860	0,6598	0,9997	0,0004	
		0,7313	0,4191	0,9997	0,0004	
ABS	5	0,9986	0,6668	0,9302	0,0004	0,421
		0,9715	0,6496	0,9302	0,0004	
		0,7516	0,4646	0,9302	0,0004	
ABS	7	0,9364	0,5698	1,0668	0,0004	0,423
		0,9267	0,5756	1,0668	0,0004	
		0,9413	0,5759	1,0668	0,0004	
PC/ABS	0	1,3345	1,1506	1,1761	0,0002	0,190
		1,3138	1,1384	1,1761	0,0002	
		1,3296	1,1519	1,1761	0,0002	
PC/ABS	3	1,3339	1,1206	1,1801	0,0002	0,214
		1,3136	1,1244	1,1801	0,0002	
		1,3297	1,1269	1,1801	0,0002	
PC/ABS	5	1,3429	1,1295	1,1837	0,0002	0,229
		1,3462	1,1229	1,1837	0,0002	
		1,3473	1,1338	1,1837	0,0002	
PC/ABS	7	1,3354	1,1215	1,1871	0,0002	0,230
		1,3343	1,1159	1,1871	0,0002	
		1,3328	1,1108	1,1871	0,0002	



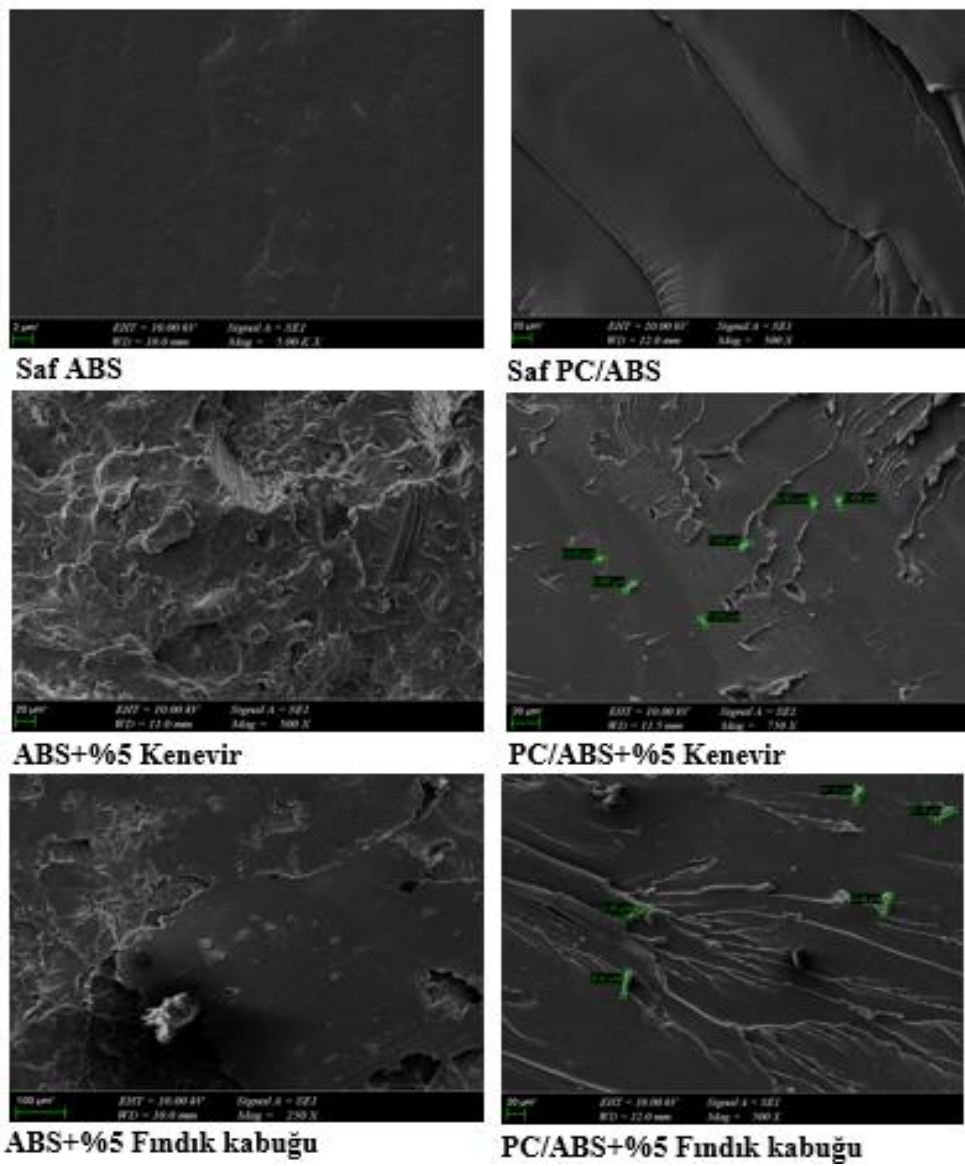
**Şekil 3. 17** ABS+Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 20m-40m-60m-80m



**Şekil 3. 18** PC/ABS+Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerlerinin grafiksel gösterimi (cm<sup>3</sup>/Nm) 10N 20m-40m-60m-80m

### 3.2.5 Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri

Numune yüzeyinin detaylarını incelemek için odaklanmış elektron demetinin numune yüzeyini tarayarak oluşturduğu görüntü türüdür. SEM testi ile elde edilen Saf ABS, Saf PC/ABS, ABS+%5Kenevir, ABS+%5Fındık kabuğu, PC/ABS+%5Kenevir ve PC/ABS+%5Fındık kabuğu kırık yüzey SEM görüntüleri aşağıda Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Görüntüler incelendiğinde kenevir ve fındık kabuğunun matris içerisinde homojen dağıldığı görülmektedir. SEM 'de görülen boşluklar ise numunenin kırılması esnasında yüzeyden ayrılan partiküllerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3. 19 Saf ABS ve PC/ABS ile kenevir ve fındık kabuğu SEM görüntüleri

### 3.3 Termal Testlerin Sonuçları

#### 3.3.1 UL94 yanmazlık testi

Plastik sanayinde geçerli olan bir test yöntemi olan UL94 standardına göre yapılan yanmazlık testlerinde malzeme, belirli açılarda ve belirli boyutlardaki bir alev kaynağına yine standart tarafından belirlenmiş sürelerde temas ettirilir. Malzemede oluşan alevin sönme süreleri, alevin malzemeyi damlatarak başka bir yanıcı kaynağa alevi sıçratma veya sıçratmama kabiliyeti test edilerek ölçülür.

Aşağıda ABS-PC/ABS/Kenevir polimer kompozitinin yanmazlık sınıfı tablo 3.23'te ABS-PC/ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitinin yanmazlık sınıfı tablo 3.24'te verilmiştir.

Tablo 3.23 ve 3.24'te verilen PC/ABS-Kenevir ve Fındık kabuğu polimer kompozitlerinde yanmazlık sınıfının istenilen değerlerde elde edildiği görülmüştür. Toplam sönme zamanı 50 saniyeden daha az ve herhangi bir alev damlatması olmazsa malzeme UL94 V0 olarak sınıflandırılabilir. Deney sürecinde toplam sönme zamanı 250 saniyenin altındaysa ve alev damlatması gerçekleşirse malzeme UL94 V2 olarak sınıflandırılır. Tablo 3.23 ve 3.24'te verilen ABS-Kenevir ve Fındık kabuğu polimer kompozitlerinde yanmazlık sınıfının V2 aleve maruz kaldığında damlama yapar sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ABS malzeme ısı kaynağına doğrudan maruz kaldığında alevlenebilir olduğundan tüm test koşullarında alevlenir sonucu oluşacaktır. Bu nedenle kızgın tel deneyi ile sonuçlar değerlendirilmelidir.

**Tablo 3. 23** ABS-PC/ABS kenevir polimer kompozitlerinin yanmazlık değerleri

Yanmazlık Sınıfı				
Matris	Kenevir (%)	1	2	3
ABS	0	V2	V2	V2
ABS	5	V2	V2	V2
ABS	10	V2	V2	V2
ABS	15	V2	V2	V2
PC/ABS	0	V0	V0	V0
PC/ABS	5	V0	V0	V0
PC/ABS	10	V0	V0	V0
PC/ABS	15	V0	V0	V0

**Tablo 3. 24** ABS-PC/ABS fındık kabuğu polimer kompozitlerinin yanmazlık değerleri

Yanmazlık Sınıfı				
Matris	Fındık kabuğu (%)	1	2	3
ABS	0	V2	V2	V2
ABS	3	V2	V2	V2
ABS	5	V2	V2	V2
ABS	7	V2	V2	V2
PC/ABS	0	V0	V0	V0
PC/ABS	3	V0	V0	V0
PC/ABS	5	V0	V0	V0
PC/ABS	7	V0	V0	V0

### 3.3.2 Kızgın tel deneyi

Anahtar priz üretiminde çerçeve ve kapak grubu ürünlerinde kullanılması planlanan deney çalışmamızdaki numunelerimiz için geçerli test sonucumuz 650°C sıcaklıkta yanmaz, damlama yapmaz, ipek kumaşı delmez ise test sonucu uygun kabul edilmektedir. Aşağıda tablo 3.25te gösterildiği üzere ABS ve PC/ABS matrisli, kenevir ve fındık kabuğu içeren tüm numune gruplarında istenilen 650°C değeri sağlanmıştır. Aşağıda Şekil 3.20’de kızaran tel deneyine maruz kalmıştır. Bu bize kenevir ve fındık kabuğu katkısının kızaran tel için olumsuz bir değer oluşturmadığı sonucunu göstermektedir. Kullanım alanları düşünüldüğünde son derece önemli ve anlamlı olan bu test sonucuna göre çalışmalar devam edebilir.

**Tablo 3. 25** Kızgın tel deney sonucu

Matris	Kenevir (%)	Matris	Fındık kabuğu (%)	Kızgın Tel Deney Sonucu (650°C)
ABS	0	ABS	0	Geçti
ABS	5	ABS	3	Geçti
ABS	10	ABS	5	Geçti
ABS	15	ABS	7	Geçti
PC/ABS	0	PC/ABS	0	Geçti
PC/ABS	5	PC/ABS	3	Geçti
PC/ABS	10	PC/ABS	5	Geçti
PC/ABS	15	PC/ABS	7	Geçti



**Şekil 3. 20** Kızgın tel deneyine maruz kalmış PC/ABS+%7 fındık kabuğu

### 3.3.3 Bilye basınç testi

70°C fırında düzenek üzerinde yerleştirilmiş test numunelerine ait deney sonucu bilyenin numune üzerinde oluşturduğu izin çap değeri ölçülerek tespit edilir. Elde edilen bu değer 2

mm altında ise test sonucu olumlu yani istenilen bilye basıncı değerine ulaşılmıştır. Üzerinden akım geçen parçalar akıma karşı oluşan direnç üzerinde oluşacak ısı ile parçanın ısıya maruz kalmasına sebep olacaktır. Oluşacak bu ısı parçanın geometrisini etkileyebilmektedir. Yapılan bu deney sonucunda olası ısıya maruz kalma durumlarında oluşan kısa devre ile parçanın büzülmesinin öngörüsü oluşturulmaktadır. Çalışmamızda kullanılan ABS-PC/ABS Fındık Kabukları ile üretilen test numuneleri aşağıda tablo 3.26'da ABS-PC/ABS Kenevir ile üretilen test numuneleri sonuçları tablo 3.27'de gösterilen değerler incelendiğinde 2 mm değerinin altında sonuçlar alındığı Kenevir ve Fındık kabuğu ilavelerinin bu değerleri daha da düşük seviyelere çektiği görülmektedir.

**Tablo 3. 26** ABS-PC/ABS fındık kabukları ile üretilen test numuneleri

<b>Matris</b>	<b>Fındık kabuğu (%)</b>	<b>Numune 1</b>	<b>Numune 2</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Test Sonucu &lt;2mm</b>
ABS	0	0,75	0,75	0,75	Geçti
ABS	3	0,7	0,68	0,69	Geçti
ABS	5	0,65	0,66	0,66	Geçti
ABS	7	0,61	0,62	0,62	Geçti
PC/ABS	0	0,65	0,67	0,66	Geçti
PC/ABS	3	0,57	0,58	0,58	Geçti
PC/ABS	5	0,55	0,54	0,55	Geçti
PC/ABS	7	0,52	0,51	0,52	Geçti

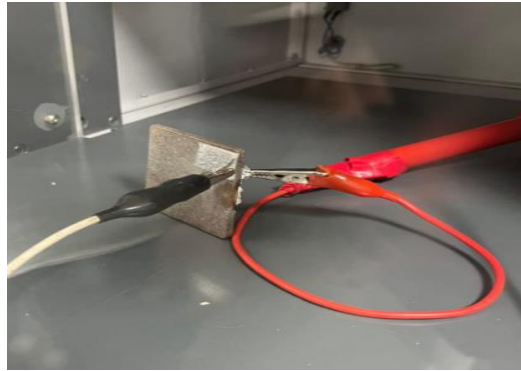
**Tablo 3. 27** ABS-PC/ABS kenevir ile üretilen test numuneleri

Matris	Kenevir (%)	Numune 1	Numune 2	Ortalama	Test Sonucu <2mm
ABS	0	0,75	0,75	0,75	Geçti
ABS	5	0,65	0,64	0,65	Geçti
ABS	10	0,58	0,57	0,58	Geçti
ABS	15	0,53	0,54	0,54	Geçti
PC/ABS	0	0,65	0,67	0,66	Geçti
PC/ABS	5	0,53	0,54	0,54	Geçti
PC/ABS	10	0,49	0,49	0,49	Geçti
PC/ABS	15	0,45	0,45	0,45	Geçti

### 3.4 Elektriksel Testlerin Sonuçları

#### 3.4.1 Yüksek gerilim testi

İklimlendirme cihazında nemlendirilen numunelere yalıtkanlıklarını kaybedip kaybetmediklerinin tayini için yapılan yüksek gerilim testinde numunelere metal bant yapıştırılır ve artı eksi kutuplara standart gereği 200 volt enerji uygulanır. Akım geçen parçaların çevresinde bulunan plastik parçalar için uygulanan bu deney için Şekil 3.21’de numune örneği gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ABS-PC/ABS kenevir ve fındık kabuğu içeren tüm gruplarında ve saf hallerinde üzerlerinden akım iletmemişler yani yalıtkanlıklarını korumuşlardır.



**Şekil 3 21** Yüksek gerilim testi uygulama örneği

## **BÖLÜM 4. SONUÇLAR**

### **ABS/KENEVİR**

Üretilen ABS ve PC/ABS kompozit anahtar ve prizler görsel olarak incelendiğinde findık kabuğunda kenevire kıyasla daha koyu odunsu görünüm elde edilmiştir. Çekme mukavemeti değerinin en yüksek değerlerine saf haldeki ABS ve PC/ABS polimer hammaddelerde elde edildiği, kenevir ve findık kabuğu katkılarının çekme mukavemetini düşürdüğü görülmüştür. Saf ABS için çekme mukavemeti değeri 45,3 MPa iken %15 kenevir ilavesi ile 23,7 MPa değerine, %7 findık kabuğu ilavesi ile de 31,7 MPa değerine düşmüştür. Saf PC/ABS için çekme mukavemeti değeri 62,7 MPa iken %15 kenevir ilavesi ile 40,3 MPa değerine, %7 findık kabuğu ilavesi ile de 46,7 MPa değerine düşmüştür. Ayrıca en yüksek kopma uzaması değeri, saf ABS ve PC/ABS hammaddelerinde elde edilmiştir. Kenevir ve findık kabuğu takviyeleri ile kopma uzaması değerleri de düşmüştür. Kenevir ilavesiyle elde edilen malzemenin sünekliği azalmış, daha sert bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Sinan Fevzi Demircan'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada HDPE ile findık kabuğu karışımında çekme mukavemeti ve kopma uzama değerlerinin düştüğü görülmektedir (Demircan, 2009). Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin maksimum eğilme mukavemetinde çok az azalma görülmüştür. En yüksek değer saf ABS hammaddesinde elde edilmiş olup 85,5 MPa değerlerindedir. %15 kenevir ilavesinde dahi bu değer 84,8 MPa seviyelerinde kalmıştır. Bununla birlikte kenevir oranı arttıkça % şekil değişimi düşmektedir. Saf ABS için %3,9 olan değer %15 kenevir ilavesi ile %2,8 seviyelerine düşmüştür.

ABS+Kenevir polimer kompozitinin darbe mukavemeti %5 kenevir katkısından itibaren düşmüştür. Kenevir ilavesi ile kompozitlerin sertliği artmış ve malzemeler daha kırılğan hale gelmiştir. Bu da darbe dayanımının düşmesine sebep olmuştur. Ayrıca uyumlaştırıcı ajan kullanılmadığından dolayı matrisle yapışma zayıf kaldığı için darbe dayanımının düşmesine de etki etmiştir.

ABS-kenevir kompozitlerin sertlik sonuçlarına bakıldığında kenevir oranının artmasıyla sertlik artmıştır.

ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri yükün sabit olup yolun arttığı bu senaryoda yükselmiştir. En yüksek aşınma değerine ise 80m yol mesafesinde ulaşılmıştır.

ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri az miktarda düşüş göstermiştir. Saf ABS için MFI değeri 6,23 gr/10 dk iken %5 kenevir ilavesi ile 5,56 gr/10 dk değerine düşmüştür. %15 kenevir ilavesinde ise 4,07 gr/10 dk sonucu alınmıştır. Bununla birlikte polimer kompozitin viskozitesi artıp akışkanlığı azalmıştır. ABS kenevir ile karıştırıldığında, sertliği ve doğal yapısı nedeniyle plastik içinde daha az hareket eder. Bu, ABS'nin MFI değerini düşürür. Daha az akışkan bir malzeme, daha düşük MFI değeri anlamına gelir.

ABS-kenevir kompozitlerinde Vicat yumuşama sıcaklığı, kenevir oranının artışına bağlı olarak artmıştır. Polimer kompozit içerisine kenevir ve fındık kabuğu gibi sert malzemeler ilavesi ile vicat yumuşama sıcaklıklarında yükselme olmuştur. Fındık kabuğu kenevir sapına kıyasla daha sert olduğu için vicat değerlerini daha çok yükseltmiştir.

Yapılan bilye basınç testinde olası ısıya maruz kalma durumlarında oluşan kısa devre ile parçanın büzülme gösterip gösterilmeyeceği tespit edilmektedir. ABS+Kenevir polimer kompozit numunelere yapılan bilye basınç testinde kenevir oranının artmasıyla bilye izi çapının küçüldüğü görülmektedir, kenevir oranının artışına bağlı olarak sertlik arttığı için bilye iz çapının küçülmesi beklenen bir durumdur. Üzerinden akım geçen parçalar akıma karşı oluşan dirençten dolayı ısı oluşturacak ve parçanın ısıya maruz kalmasına sebep olacaktır. Oluşacak bu ısı, parçanın geometrisini etkileyebilmektedir. Kenevir ve fındık kabuğu ilavesi ile bilye basınç testi sonuçları olumlu seyretmiştir.

ABS+Kenevir polimer kompoziti nem absorpsiyonu sonrasında uygulanan yüksek gerilim testinden de geçmiştir. 2000 V maruziyeti ve nem absorbe durumları göz önünde bulundurulduğunda kenevir ilaveli grupta malzeme yalıtkanlık özelliğini korumuştur.

Kızgın tel deneyinde de kenevir katkılı hiçbir grup yanmamış ve tutuşmamıştır, damlama yapmamıştır.

## **PC-ABS/KENEVİR**

PC/ABS+Kenevir polimer kompozitinin çekme mukavemeti Saf PC/ABS için 62,7 MPa ilen %5 katkılı kenevir ile 53,7 MPa değerine %15 kenevir ilavesi ile de 40,3 MPa

değerine düşmüştür. Ayrıca kopma uzaması değeri ise %110 değerinden %15 kenevir ilavesi ile %39 seviyelerine düşmüştür. Kenevir ilavesiyle malzemenin sünekliği azalmış, daha sert bir yapıya geçmiştir. Böylece çekme mukavemeti ve kopma uzaması değerleri düşmüştür.

PC/ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti değerleri düşüş göstermiş fakat %5 kenevir oranı ile istenilen seviyelerde kalmıştır. Saf PC/ABS için maksimum eğilme mukavemeti 49,2 MPa olan değer %5 kenevir ilavesi ile 32,6 MPa değerine %15 kenevir ilavesi ile ise 16,4 MPa seviyelerine düşmektedir. Bununla birlikte polimer kompozitin şekil değişimi saf PC/ABS için %1,7 iken %15 kenevir ilavesi ile 0,4 MPa seviyesine düşmektedir.

PC/ABS+Kenevir polimer kompozitinin darbe mukavemeti Saf PC/ABS için 5,5 kJ/m<sup>2</sup> iken %5 kenevir katkısından itibaren 2,0 kJ/m<sup>2</sup> seviyelerine düşmüştür. Ayrıca sertlik değeri de %5 kenevir oranında yükselmiş sonrasında kenevir oranı arttıkça yükselmeye devam etmiştir.

Kenevir ilavesi ile kompozitlerin sertliği artmış ve malzemeler daha kırılğan hale gelmiştir. Bu da darbe dayanımının düşmesine sebep olmuştur.

PC/ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri yükün sabit olup yolun arttığı bu senaryona yükselmiştir. En yüksek aşınma değerine ise 80m yol mesafesinde ulaşılmıştır.

PC/ABS+Kenevir polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri düşmüştür. Saf PC/ABS hammaddesinin MFI değeri 32,76 gr/10 dk iken %5 kenevir ilavesi ile bu değer 31,47 gr/10dk'ya %15 kenevir ilavesi ile de 29,47 gr/10 dk değerine ulaşmıştır. . PC/ABS ile kenevir karıştırıldığında, kenevirin oluşturduğu sürtünme nedeniyle viskozite artmış, akışkanlık azalarak 260 °C'de yapılan test sonucunda MFI değeri düşmüştür. PC/ABS'in test için 260 °C değer kullanılması ABS hammaddesinde 200 °C değerinden yüksek olmasının bir sebebidir. Daha akışkan bir malzeme, daha yüksek MFI değeri anlamına gelir.

Vicat yumuşama sıcaklığı Saf PC/ABS için 143,4 °C-1 Kg iken %15 kenevir ilavesiyle 144,6 °C-1 Kg değerine %1 oranında artmıştır. ABS içerisine sert bir polimer olan PC ilavesi ile sertlik değeri artmıştır. Buna bağlı olarak da saf değerler için PC/ABS sertlik

değeri yükselmiştir. Polimer kompozit içerisine kenevir ve fındık kabuğu gibi sert malzemeler ilavesi ile vicat yumuşama sıcaklıklarında yükselme olmuştur. Fındık kabuğu kenevir sapına kıyasla daha sert olduğu için vicat değerlerini daha çok yükseltmiştir.

PC/ABS+Kenevir polimer kompozit numunelere yapılan bilye basınç testinde kenevir oranının artmasıyla bilye izi çapının küçüldüğü görülmektedir, kenevir oranının artışına bağlı olarak sertlik arttığı için bilye iz çapının küçülmesi beklenen bir durumdur.

PC/ABS+Kenevir polimer kompoziti yüksek gerilim testinden de nem absorpsiyonu sonrası geçmiştir. PC/ABS hammaddesi kenevir ilavesi ile birlikte yalıtkanlık özelliğini kaybetmemiş üzerinden akım geçememiştir.

Kızgın tel deneyinde de kenevir katkılı hiçbir grup yanmamış ve tutuşmamıştır, damlama yapmamıştır. Anahtar priz üretiminde istenilen 650 dereceyi geçmiştir.

### **ABS-FINDIK KABUĞU**

Saf ABS için çekme mukavemeti değeri 45,3 MPa iken %7 fındık kabuğu ilavesi ile 31,7 MPa değerine düşmüştür. Ayrıca kopma uzaması değerleri en yüksek saf ABS ve PC/ABS hammaddesinde elde edilmiştir. Fındık kabuğu takviyeleri ile kopma uzaması değerleri de düşmüştür. Kopma uzamasında fındık kabuğu katkısının düşüşe neden olduğu görülmüştür. Elde edilen malzemenin sünekliği azalmış, daha sert bir yapıya geçtiği anlaşılabilmektedir.

ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitlerinin eğilme mukavemeti değerleri kısmi düşüş göstermiştir. En yüksek değer saf ABS hammaddesinde elde edilmiş olup 85,5 MPa değerlerindedir. %7 fındık kabuğu ilavesinde dahi bu değer 79,5 MPa seviyelerinde kalmıştır. Bununla birlikte polimer kompozitin maksimum şekil değişimi oran arttıkça düşmektedir. Saf ABS için %3,9 olan değer %7 fındık kabuğu ilavesi ile %3,6 seviyelerine düşmüştür.

ABS/Fındık kabuğu polimer kompozitinin darbe mukavemeti %3 fındık kabuğu katkısından itibaren düşmüştür. Fındık kabuğu ilavesi ile kompozitlerin sertliği artmış ve malzemeler daha kırılğan hale gelmiştir. Bu da darbe dayanımının düşmesine sebep olmuştur. Ayrıca uyumlaştırıcı ajan kullanmadığı için matrisle yapışma tam sağlanamadığı için darbe dayanımının düşmesine etki etmiştir.

Sertlik değeri de %5 findık kabuğu oranında yükselmiş sonrasında çok ilerlememiştir. Findık kabuğunun yapısı gereği sertlikte artış beklenen sonuçtur.

ABS/Findık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri yükün sabit olup yolun arttığı bu senaryoda yükselmiştir. En yüksek aşınma değerine ise 80m yol mesafesinde ulaşılmıştır.

ABS/Findık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri kısmi düşüş göstermiştir. Saf ABS için MFI değeri 6,23 gr/10 dk iken %5 findık kabuğu ilavesi ile 5,88 gr/10 dk değerine düşmüştür. %7 findık kabuğu lavesinde ise 5,72 gr/10 dk sonucu alınmıştır. Bununla birlikte polimer kompozitin viskozitesi artıp akışkanlığı azalmıştır. ABS findık kabuğu ile karıştırıldığında, sertliği ve doğal yapısı nedeniyle plastik içinde daha az hareket eder. Bu, ABS'nin MFI değerini düşürür. Daha az akışkan bir malzeme, daha düşük MFI değeri anlamına gelir. Sinan Fevzi Demircan'ın 2009 yılında gerçekleştirdiği tez çalışmasında da findık kabuğu ilavesi ile eriyik ile findık kabuğu arasındaki sürtünme yüzeyinin artmasının MFI değerini düşürdüğü gösterilmiştir (Demircan, 2009).

Vicat yumuşama sıcaklığı findık kabuğunun oranı yükseldikçe %7'ye kadar yükselmeye devam etmiştir. ABS hammaddesi ile findık kabuğu karışımlarında findık kabuğunun oranının artması ile Vicat yumuşama değerinin arttığı yani malzemenin daha yüksek sıcaklıklara dayanabileceği görülmüştür.

ABS/Findık polimer kompozit numunelere yapılan bilye basınç testinde findık kabuğu oranının artmasıyla bilye izi çapının küçüldüğü görülmektedir, findık kabuğu oranının artışına bağlı olarak sertlik arttığı için bilye iz çapının küçülmesi beklenen bir durumdur. Üzerinden akım geçen parçalar akıma karşı oluşan direnç üzerinde oluşacak ısı ile birlikte parçanın ısıya maruz kalmasına sebep olacaktır. Oluşacak bu ısı parçanın geometrisini etkileyebilmektedir. Yapılan bu deney sonucunda olası ısıya maruz kalma durumlarında oluşan kısa devre ile parçanın büzülmesinin öngörüsü oluşturulmaktadır. Kenevir ve findık kabuğu ilavesi ile bilye basınç testi sonuçları olumlu seyretmiştir.

ABS/Findık kabuğu polimer kompoziti yüksek gerilim testinden de nem absorpsiyonu sonrası geçmiştir. 2000 V maruziyeti ve nem absorbe durumları göz önünde bulundurulduğunda kenevir ilaveli grupta malzeme yalıtkanlık özelliğini korumuştur.

Kızgın tel deneyinde de findık kabuğu katkılı hiçbir grup yanmamış ve tutuşmamıştır, damlama yapmamıştır.

### **PC-ABS/FINDIK KABUĞU**

PC/ABS+Findık kabuğu polimer kompozitinin çekme mukavemeti Saf PC/ABS için 62,7 MPa ile %5 katkılı findık kabuğu ile 55,7 MPa değerine %7 findık kabuğu ilavesi ile de 46,7 MPa değerine düşmüştür. Ayrıca kopma uzaması değeri ise %110 değerinden %7 findık kabuğu ilavesi ile %36 seviyelerine düşmüştür. PC/ABS+Findık kabuğu polimer kompozitlerinin aşınma oranı değerleri yükün sabit olup yolun arttığı bu senaryona yükselmiştir. En yüksek aşınma değerine ise 80m yol mesafesinde ulaşılmıştır.

PC/ABS+Findık kabuğu polimer kompozitlerinin maksimum eğilme mukavemeti değerleri düşüş göstermiş fakat %5 findık kabuğu oranı ile istenilen seviyelerde kalmıştır. Saf PC/ABS için maksimum eğilme mukavemeti 49,2 MPa olan değer %5 findık kabuğu ilavesi ile 47,9 MPa değerine %7 findık kabuğu ilavesi ile ise 38,5 MPa seviyelerine düşmektedir. Bununla birlikte polimer kompozitin maksimum şekil değişimi saf PC/ABS için %1,7 iken %7 findık kabuğu ilavesi ile 1,1 MPa seviyesine düşmektedir.

PC/ABS+Findık kabuğu polimer kompozitinin darbe mukavemeti Saf PC/ABS için 5,5 kJ/m<sup>2</sup> iken %5 findık kabuğu katkısından itibaren 2,2 kJ/m<sup>2</sup> %7 findık kabuğu katkısıyla ise 1,9 kJ/m<sup>2</sup> seviyelerine düşmüştür.

Sertlik değeri de %3 findık kabuğu oranında yükselmiş sonrasında findık kabuğu oranı arttıkça yükselmeye devam etmiştir. Findık kabuğu ilavesi ile kompozitlerin sertliği artmış ve malzemeler daha kırılğan hale gelmiştir. Bu da darbe dayanımının düşmesine sebep olmuştur. Ayrıca uyumlaştırıcı ajan kullanmadığı için matrisle yapışma tam sağlanamadığı için darbe dayanımının düşmesine etki etmiştir

PC/ABS+ Findık kabuğu polimer kompozitlerinin erime akış indeksi değerleri yükselmiştir. Saf PC/ABS hammaddesinin MFI değeri 32,76 gr/10 dk iken %5 findık kabuğu ilavesi ile bu değer 31,23 gr/10dk'ya %7 kenevir ilavesi ile de 30,63 gr/10 dk değerine ulaşmıştır. PC/ABS ile findık kabuğu karıştırıldığında, findık kabuğunun oluşturduğu sürtünme nedeniyle MFI değerini düşürür.

Vicat yumuşama sıcaklığı Saf PC/ABS için 143,35 °C-1 Kg iken %7 fındık kabuğu ilavesiyle 145,3 °C-1 Kg değerine %2 oranında artmıştır. ABS içerisine sert bir polimer olan PC ilavesi ile sertlik değeri artmıştır.

PC/ABS+Fındık kabuğu polimer kompozit numunelere yapılan bilye basınç testinde fındık kabuğu oranının artmasıyla bilye izi çapının küçüldüğü görülmektedir. Fındık kabuğu oranının artışına bağlı olarak sertlik arttığı için bilye iz çapının küçülmesi beklenen bir durumdur.

PC/ABS+Fındık kabuğu polimer kompoziti yüksek gerilim testinden de nem absorpsiyonu sonrası geçmiştir. PC/ABS hammaddesi kenevir ilavesi ile birlikte yalıtkanlık özelliğini kaybetmemiş üzerinden akım geçememiştir.

Kızgın tel deneyinde de kenevir katkılı hiçbir grup yanmamış ve tutuşmamıştır, damlama yapmamıştır. Anahtar priz üretiminde istenilen 650 dereceyi geçmiştir.

**Sonuç olarak;** elde edilen kompozit malzemelerde mekanik özellikler düşmüştür. Bunun sebepleri olarak şunlar söylenebilir: Sertliğin artmasıyla birlikte kompozit malzemelerin esnekliği azalmış, kırılabilirliği artmıştır yani gevrek bir özellik sergilemişlerdir. Ayrıca bütün numunelerde homojen dağılım sağlanmasına rağmen uyumlaştırıcı ajan kullanılmadığından dolayı matris malzemeler ve matrise ilave edilen malzemeler arasında güçlü bir yapışma olmamıştır, bu SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır. Partiküllere ilaveten doğal lif takviyesi ile mekanik özelliklerin iyileşeceği düşünülmektedir. Yanmazlık, kızgın tel, bilye basınç testi gibi testlerde ise istenen özelliklerin sağlandığı görülmektedir. Bu çalışma ile biyokompozit olarak elektrik anahtar ve prizlerinin üretilebileceğini ortaya koymuştur.

Aşağıda enjeksiyonda üretilmiş %3 oranında kenevir ilaveli ABS çerçeve görülmektedir.



**Şekil 4. 1** ABS+ %3 Kenevir karışımının çerçeve üretiminde uygulanması

## KAYNAKLAR

- A.AI Maadeed, M., Kahraman, R., Khanam, P., & Madi, N. (2012). Date palm wood flour/glass fibre reinforced hybrid composites of recycled polypropylene: Mechanical and thermal properties. *Materials and Design*, 289-294.
- Akbaş, S. (2013). Fındık Kabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*.
- Akbaş, S. (2013). *Fındık Kabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Kullanılması*. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi.
- Akbaş, S. T. (2013). Fındık Kabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50-56.
- Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşçıoğlu, C., & Peker, H. (2013). Fındık Kabuklarının Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50-56.
- Aldemir Plastik Kalıp ve Makina San. Tic. Ltd. Şti. (2018). *Ademirltd*. Polymer-hardness-comparison-chart: <https://www.aldemirltd.com/polymer-hardness-comparison-chart> adresinden alındı
- Aylin, H. (2024, Temmuz 22). Sürdürülebilir Malzemeler: Fındık Kabuğu İçeren Polimer Kompozitler. *Plastik, ambalaj, makina ve kalıp sektörünün aylık teknik dergisi*.
- Cengiz, Ö. (2022, Nisan). Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi. T.C. Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Çağlar, Ş. (2023, Ocak). Fındık Kabuğu Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Termoplastik Elastomerlerle Modifikasyonu ve Karakterizasyonu. Yalova: T.C. Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Çetin, A. (2024). *Mühendishane*. Polimer moleküllerindeki yapısal farklılıklar: <http://muhendishane.org> adresinden alındı
- Demirbek, D. M., & Oktav Bulut, M. (2021, Aralık 31). Kenevir Liflerinin Eldesi, Özellikleri ve Kompozit Uygulama Alanları. Isparta, Türkiye.
- Demircan, S. (2009). *Fındık kabuğu dolgulu polietilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eurolab. (2024). *Eurolab Confidence Testing Laboratory Services*. <https://www.laboratuvar.com/elektriksel-testler/kizaran-tel-testi> adresinden alındı
- Eurolab. (2024). *Eurolab Confidence Testing Laboratory Services*. <https://www.laboratuvar.com/elektriksel-testler/bilye-basinc-testi> adresinden alındı

- ISO 306. (2017, Mart 25). Plastics-Thermoplastic materials-Determination of Vicat softening temperature (VST). *Plastics-Thermoplastic materials-Determination of Vicat softening temperature (VST)*. Geneva, Switzerland: United Test.
- Kopeliovich, D. (2023, 12 13). *Shore (Durometer) hardness test*. Substech: [https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=shore\\_durometer\\_hardness\\_test](https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=shore_durometer_hardness_test) adresinden alındı
- Korkmaz, Y. (2021). Odun Kuvars İkameli Plastik Kompozit Malzeme Özelliklerinin . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 152-153.
- Malzemelerimizi Tanıyın: PC-ABS*. (2021, Nisan 22). sybridge: <https://sybridge.com/known-your-materials-polycarbonate-acrylonitrile-butadiene-styrene-pc-abs/#:~:text=What%20is%20PC%20DABS%3F,thermoplastic%20additives%20in%20the%20blend>. adresinden alındı
- Mansur, A. (2016). MODELING OF MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC-METAL COMPOSITES FOR ARMOR APPLICATIONS. *University of Ottawa*, s. 19.
- Osswald, T. A., & Menges, G. (2012). *Materials Science Of Polymers For Engineers*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Öncel, C. (2016). *Slideplayer*. Polimer malzemeler Bölüm-5 Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümü: [https://slideplayer.biz.tr/slide/6820216/#google\\_vignette](https://slideplayer.biz.tr/slide/6820216/#google_vignette) adresinden alındı
- Özdamar, E. G. (2021). Hemp as a Potential Material in Architecture: Is it Possible in Turkey? *Selcuk University Faculty of Architecture*, 131-154.
- Özenç, O., Dündar, M. A., & Şahin, D. E. (2023). Examination of compressive and flexural behaviors of acrylonitrile-butadiene-styrene filled with hemp fiber particles. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 1-29.
- P. Manaia, J., T. Manaia, A., & Rodrigues, L. (2019). Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers*, 1-16.
- PC/ABS – Polikarbonat/Akrilonitril Bütadien Stiren*. (tarih yok). Resinex: <https://www.resinex.com.tr/polimer-turleri/pc-abs.html> adresinden alındı
- Pınar, E. (2010). *Plastik enjeksiyon yöntemiyle imalatta hataların tespiti ve proses şartlarının optimizasyon uygulması /*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2008). *Plastik Teknolojisi*. Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2014). *Termal Analiz Uygulamaları*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2016). *Dezenfeksiyon*. Ankara.

- Taşdemir, M., & Karadirek, G. (2024, 04 29). Polipropilen/Haşhaş Sapı (Papaver Somniferum) Polimer Kompozitinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 437-438.
- Taşdemir, M., & Karadirek, G. (2024). Polipropilen/Haşhaş Sapı (Papaver Somniferum) Polimer Kompozitinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 437-438.
- Taşdemir, M., & Şen, E. G. (2022). Polipropilen/Üzüm Sapı-Çeltik Polimer Kompozitinin Mekanik Özelliklerinin Atık Cam Elyaf ile Geliştirilmesi. *Dergipark.org*, 131-140.
- Taşgın, Y., & Kandemir, S. (2023). Doğal Elyaf Takviyeli (Jüt-Keten-Kenevir) Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Metalografik Olarak İncelenmesi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 240-249.
- Ulutaş, E. (2019). Geri Dönüşümlü Polipropilen/Çeltik Polimer Kompozitinin Mekanik, Termal ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yalman, Ü. (2023). *Kenevir Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Hazırlanması ve Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. T.C.İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ.
- Yapıcı, İ., İzol, E., & Yılmaz, M. A. (2022). Kenevirin Çeşitli Sektörlerde Kullanımı. *Kenevirin Çeşitli Sektörlerde Kullanımı*, 169. ORIENT YAYINLARI.
- Yıldırım, K. (2021). Odun kuvars ikameli plastik kompozit malzeme özelliklerinin araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 52-59.
- Zouari , M., B. Devallance, D., & Marrot, L. (2022). Effect of Biochar Addition on Mechanical Properties, ThermalStability, and Water Resistance of Hemp-Polylactic Acid(PLA) Composites. *Materials 2022*, 1-16.
- Zwick Roell. (2024). *Zwick Roell*. Plastik test standartları: <https://www.zwickroell.com/tr/sektoerler/plastik/termoplastik-ve-kuerlenebilir-kaliplama-bilesikleri/cekme-testi-iso-527-1-2/> adresinden alındı

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Hakan ERKUŞ  
**Doğum Yeri/Tarihi** : Üsküdar/12.06.1993  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-Posta** : hakan\_erkus\_44@hotmail.com

## Öğrenim Durumu

Derece	Bölüm/Program	Üniversite/Lise	Mezuniyet Yılı
Lise	Fen Bilimleri	İstanbul Anadolu Lisesi	2011
Üniversite	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016

## İş Deneyimleri

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2019-Halen	Panasonic Electric Works Türkiye	Preshane Üretim Yetkilisi
2018-2019	Akım Metal	Üretim Alan Sorumlusu
2015	Tesko NDT.	Kalite Stajyeri
2013	Erdemir	Üretim stajyeri