

İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL ATIK KATKILI POLİPROPİLEN MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN  
ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yaşar AYCAN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TEMMUZ 2019

**İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIMSAL ATIK KATKILI POLİPROPİLEN MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN**  
**ÜRETİMİ VE KARAKTERİZAYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yaşar AYCAN**  
**(600913015)**

**Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kutlay Sever**

**TEMMUZ 2019**

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünün 600915013 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Yaşar AYCAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TARIMSAL ATIK KATKILI POLİPROPİLEN MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZAYONU” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**

**Doç. Dr. Kutlay SEVER** .....

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**

**Prof.Dr. Nihat Sami ÇETİN** .....

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

**Dr. Öğr.Üyesi Aysun BALTACI** .....

Ege Üniveristesi

**Teslim Tarihi : 20 Temmuz 2019**

**Savunma Tarihi : 28 Temmuz 2019**



*Aileme ,*

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yapılmasında ilk olarak danışmanım Doç. Dr. Kutlay Sever'e sabrı, motivasyonu, yol göstericiliği ve deneyimlerini paylaştığı için kendisine sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Üniversitemiz Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Araştırma Görevlisi Metehan Atagür'e, İKÇÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarları Uygulama ve Araştırma Merkezi Öğretim Görevlisi Evren Çulcular'a destek ve yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje (BAP) Koordinatörlüğüne 2017-TYLFEBE-0050 proje ile desteklerinden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak desteklerini asla eksik etmeyen aileme çok teşekkür ederim.

Temmuz 2019

Yaşar AYCAN

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
KISALTMALAR .....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Polimerik Malzemeler ve Polimerik Kompozitler .....	1
1.2 Matris Malzemeleri .....	2
1.2.1 Termosetler .....	3
1.2.2 Termoplastikler .....	3
1.3 Amaç .....	4
1.3.1 Araştırmanın Önemi.....	4
1.4 Literatür Araştırması .....	6
<b>2. BİYOKOMPOZİTLER.....</b>	<b>12</b>
<b>3. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>14</b>
3.1 Materyal .....	14
3.2 Mekanik Öğütme.....	14
3.3 Kompozit Malzemelerin İmalatı .....	15
3.4 Test ve Karakterizasyon .....	16
<b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>20</b>
4.1 Parçacık Boyut Analizi .....	20
4.2 Çekme Testleri .....	21
4.3 Eğilme Testleri .....	24
4.4 Dinamik Mekanik Analiz (DMA) .....	26
4.5 Termogravimetrik Analiz (TGA).....	32
4.6 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ve Diferansiyel Termal Analiz (DTA).....	34
4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri .....	38
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>40</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>41</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>50</b>

## KISALTMALAR

<b>3RH-7VS-90PP</b>	: Ağırlıkça %3 Pirinç Kabuğu, %7 bağ çubuğu ve %90 Polipropilen
<b>5RH-5VS-90PP</b>	: Ağırlıkça %5 Pirinç Kabuğu, %5 bağ çubuğu ve %90 Polipropilen
<b>7RH-3VS-90PP</b>	: Ağırlıkça %7 Pirinç Kabuğu, %3 bağ çubuğu ve %90 Polipropilen
<b>10RH-90PP</b>	: Ağırlıkça %10 Pirinç Kabuğu ve %90 Polipropilen
<b>20RH-80PP</b>	: Ağırlıkça %20 Pirinç Kabuğu ve %80 Polipropilen
<b>30RH-70PP</b>	: Ağırlıkça %30 Pirinç Kabuğu ve %70 Polipropilen
<b>DMA</b>	: Dinamik Mekanik Analizi
<b>DSC</b>	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
<b>DTA</b>	: Diferansiyel Termal Analiz
<b>FM</b>	: Flexural Modulus
<b>FS</b>	: Flexural Strength
<b>PP</b>	: Polipropilen
<b>RH</b>	: Pirinç Kabuğu
<b>RH-PP</b>	: Pirinç Kabuğu-Polipropilen
<b>RH-VS-PP</b>	: Pirinç Kabuğu-Bağ Çubuğu-Polipropilen
<b>SEM</b>	: Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>TGA</b>	: Termogravimetrik Analiz
<b>TS</b>	: Tensile Strength
<b>VS</b>	: Bağ Çubuğu
<b>XRD</b>	: X Işınları Difraksiyonu
<b>YM</b>	: Young's Modulus (Elastite Modülü)

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> Ülkemizin Yıllık Biyokütle Potansiyeli (milyon ton) .....	7
<b>Tablo 1.2:</b> Türkiye’de ki Tarımsal Atık Potansiyeli (milyon ton) .....	7
<b>Tablo 1.3:</b> Bazı tarımsal esaslı liflerin kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması. ....	8
<b>Tablo 1.4:</b> Lignoselülozik materyallerin içeriği.....	9
<b>Tablo 3.1:</b> Üretilen kompozitlerdeki PP, VS, RH oranları .....	16
<b>Tablo 4.1:</b> PP, RH-PP kompozitlerin ve RH-VS-PP hibrit kompozitlerin mekanik özellikleri .....	21
<b>Tablo 4.2:</b> PP'nin ve kompozitlerinin sıcaklığa bağlı olarak depolama modülü değerleri. ....	27
<b>Tablo 4.3:</b> PP ve kompozitlerinin bozunma sıcaklıkları ve kütle kayıpları. ....	32
<b>Tablo 4.4:</b> PP, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin DSC verileri .....	34

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Laboratuvar tipi bıçaklı değirmen. ....	14
Şekil 3.2: Laboratuvar tipi yüksek hızlı termokinetik mikser .....	15
Şekil 3.3: Isıtmalı-soğutmalı hidrolik pres .....	16
Şekil 3.4: Çekme testi.....	17
Şekil 3.5: Üç nokta eğme testi .....	18
Şekil 3.6: Termogravimetrik analiz (TGA) cihazı .....	18
Şekil 3.7: Plazma kaplama cihazı .....	19
Şekil 3.8: Taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazı.....	19
Şekil 4.1: (a) Bağ Çubuğu (VS) ve (b) Pirinç Kabuğu (RH) partiküllerinin partikül büyüklüğü dağılımları. ....	20
Şekil 4.2: RH partiküllerin PP'nin Çekme Mukavemeti'ne etkisi. ....	22
Şekil 4.3: VS ve RH partiküllerin PP'nin Çekme Mukavemeti'ne etkisi. ....	22
Şekil 4.4: RH partiküllerin PP'nin Young's Modülü'ne etkisi. ....	23
Şekil 4.5: RH ve VS partiküllerin PP'nin Young's Modülü'ne etkisi. ....	23
Şekil 4.6: RH partiküllerin PP'nin Eğilme Mukavemeti'ne etkisi.....	24
Şekil 4.7: VS ve RH partiküllerin PP'nin Eğilme Mukavemeti'ne etkisi.....	25
Şekil 4.8: RH partiküllerin PP'nin Eğilme Modülü'ne etkisi. ....	25
Şekil 4.9: VS ve RH partiküllerin PP'nin Eğilme Modülü'ne etkisi. ....	26
Şekil 4.10: PP ve RH-PP Kompozitlerin Depolama Modülü (E')'ndeki değişimler. ....	28
Şekil 4.11: Hibrit Kompozitlerin Depolama Modülü (E')'ndeki değişimler.....	28
Şekil 4.12: PP ve RH-PP Kompozitlerin Kayıp Modülü (E'')'ndeki değişimler.....	29
Şekil 4.13: Hibrit Kompozitlerin Kayıp Modülü (E'')'ndeki değişimler.....	30
Şekil 4.15: Hibrit Kompozitlerin Tan Delta değişimleri .....	31
Şekil 4.16: PP ve RH-PP kompozitlerin TGA grafikleri.....	33
Şekil 4.17: PP ve RH-VS-PP kompozitlerin TGA grafikleri .....	33
Şekil 4.18: PP ve RH-PP Kompozitlerinin DSC Eğrileri.....	35
Şekil 4.19: PP ve RH-VS-PP Hibrit Kompozitlerinin DSC Eğrileri.....	35
Şekil 4.20: Bağ Çubuğu TGA Grafiği .....	36
Şekil 4.21: Pirinç Kabuğu TGA Grafiği.....	36
Şekil 4.22: Pirinç Kabuğu DTA grafiği.....	37
Şekil 4.23: Bağ Çubuğu DTA Grafiği .....	37
Şekil 4.24: a) VS and b) RH partiküllerinin SEM görüntüleri. ....	38
Şekil 4.25: a) 10RH-90PP, b) 20RH-80PP. c) 30RH-70PP kompozitlerinin SEM görüntüleri. ....	39
Şekil 4.26: a) 7RH-3VS-90PP, b) 5RH-5VS-90PP. c) 3RH-7VS-90PP. kompozitlerinin SEM görüntüleri. ....	39

## TARIMSAL ATIK KATKILI POLİPROPİLEN MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

### ÖZET

Üzüm bağ çubuğu ve pirinç kabuğu tarımsal bir atık olup ekonomik katma değeri azdır. Üzüm bağ çubuğu ve pirinç kabuğunun polimer içerisinde dolgu malzemesi olarak kullanımı ekonomik ve çevresel yararlar sağlayabilir. Bu tez çalışmasında üzüm bağ çubuğu ve pirinç kabuğu ile dolgulu polipropilen kompozit malzemeler üretilip test ve karakterize edilmiştir. Polipropilen içerisine farklı miktarlarda (%10-%30 oranlarında) pirinç kabuğu partikülleri eklenerek kompozitler üretilmiştir. Ayrıca, pirinç kabuğu ve bağ çubuğu partikülü içeren hibrit kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin mekanik (çekme ve eğilme dayanımları ve Young's ve eğilme modülleri), termal (bozunma, erime ve kristalleşme sıcaklıkları vb.) ve viskoelastik özellikleri incelenmiştir. RH-PP ve RH-VS-PP kompozitler saf PP'ye göre daha iyi modül ve termal özellikler sergilemiştir. RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerinin maksimum bozunma sıcaklığı artmıştır ve daha yüksek bir bozunma sıcaklığına yer değiştirmesiyle termal stabilitesinde bir artış gözlemlenmiştir. RH-PP kompozitlere kıyasla, RH'ın VS'ye oranı 3:7 olduğunda, RH-VS-PP kompozitleri daha iyi eğilme özellikleri göstermiştir.

# **MANUFACTURING AND CHARACTERIZATION OF AGRICULTURAL WASTE FILLED POLYPROPYLENE MATRIXED COMPOSITES**

## **ABSTRACT**

Vine stem and rice husks are an agricultural waste and economic added value is little. Grapevine bar and brass wood composite can provide economic and environmental benefits as thermoplastic composite. In this thesis, polypropylene composite materials strengthened with grape vine bar and rice husk were produced and characterized. Polypropylene (PP) composites based on rice husk (RH). In addition, hybrid composites have been containing rice husk and vine stem particles. RH-PP composites with different weight ratios of RH (10%-30% different amount ratios) to examine the mechanical properties of composites (tensile and bending strengths and Young's and bending modules) and thermal (decomposition, melting and crystallization temperatures etc.) and hybrid RH-VS-PP matrix composites. RH-PP and RH-VS-PP composites showed better modulus and thermal properties than pure PP. The maximum decomposition temperature of RH-PP and RH-VS-PP composites increased, and an increase in thermal stability was observed with displacement to a higher decomposition temperature. Compared to RH-PP composites, when the ratio of RH to VS was 3:7, RH-VS-PP composites offered better bending properties.

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında uzun yıllardır kullanılan cam fiberlerin yerine daha doğa dostu, daha az maliyetli atık doğal fiberlerin kullanılması bilim camiasının yeni ilgi odağıdır. Sanayi devriminden beri, uzay, taşımacılık ve inşaat endüstrisi hafif, sağlam ve ucuz maliyetli malzeme arayışı içindedir. Yüksek performans özellikli mühendislik malzemesi talepleri, kompozit malzemeler alanında araştırma ve geliştirmeye yol açmıştır. Yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikte artmaktadır. Bunun yanında geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı ile maliyet azaltma da bir hayli artmaktadır. Badem kabuğu, ceviz kabuğu, arpa kabuğu, hindistan cevizi kabuğu, mısır sapı, ayçiçeği sapı, pamuk sapı ve pirinç sapı polimer kompozitlerde takviye ve dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır [1]. Odun-polimer kompozitlerin kaynağı olan ormanlar gelişmekte olan ülkelerde yılda 13 milyon hektar azalmaktadır. Bu tez pirinç kabuğu ve üzüm bağ çubuklarının öğütülmesi, partiküllerin morfolojik ve ısıl dayanım gibi özelliklerinin belirlenmesi, bu partiküller kullanılarak polipropilen matrisli kompozitlerin üretimi ve bu kompozitlerin ısıl, mekanik ve viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. Polipropilenin asit, baz, su ve benzin ile etkileşime girmemesi, günlük aşınma ve yıpranmalara karşı oldukça dayanıklı olması, düşük yoğunluğa ve düşük üretim maliyetine sahip olması önemli özellikleridir [2]. Yüzeysel özellikleri çok yüksektir. Bu avantajları sebebiyle polipropilen önemli bir termoplastiktir. Bitkisel kökenli dolgu malzemeleri yenilenebilirlik ve düşük maliyet gibi özelliklerden dolayı kompozit sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [2].

### 1.1 Polimerik Malzemeler ve Polimerik Kompozitler

Polimerik malzemeler ve kompozitler birçok özellikleri nedeniyle çeşitli uygulamalar için ilgi çekicidir. Bunlar genel olarak düşük ağırlık, düşük maliyet, ve korozyon direncidir. Bir polimer kompozit matris ve takviye malzemesinden oluşur [2]. Polimer matris iki ana gruptan oluşur. Bunlar termosetler ve termoplastikler matris olarak bilinir [3]. Termoset matrisinin formülasyonu karmaşıktır, çünkü bu

matris malzemesi türleri baz reçinesi, kütleme maddeleri, katalizörler, akıcı maddeler ve sertleştiriciler gibi çok sayıda bileşen içerirler [2]. Ayrıca, bu malzemeler yüksek sıcaklıkta kimyasal olarak kürlenirler ve çapraz bağlanmış ağ yapısına sahiptirler. Termoset polimerlere kıyasla, termoplastiklerin birçok avantajı vardır. Termoplastik matrisin temel avantajı düşük işlem maliyetleridir. Diğer bir avantaj tasarım esnekliği ve karmaşık parçaların kalıplanma kolaylığıdır [2]. Ayrıca, ekstrüzyon ve enjeksiyonla kalıplama gibi basit yöntemler bu kompozitlerin işlenmesi için kullanılabilir. Polietilen [4;5], polipropilen [6;7], polistiren [8;9] ve polivinil klorür [10;11] yaygın termoplastik türleri olarak bilinir ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar. Diğer yandan, takviye/dolgu malzemeleri polimerlerin kimyasal ve/veya fiziksel özelliklerini geliştirmek içinde kullanılır. Takviye malzemeleri iki ana gruptan oluşur. Bunlar geleneksel takviye malzemeleri ve doğal takviye malzemeleridir. İnorganik lifler (cam ve karbon lifler) ve aromatik organik lifler (Aramid), polimerlerde geleneksel takviye malzemeleri olarak bilinir [12]. Doğal lifler, kökenlerine göre bitkisel, hayvansal ve minerallerden oluşabilir. Her ne kadar endüstriyel uygulamalarda geleneksel lif hâkim olsa da, doğal liflerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle doğal elyaf takviyeli kompozitler kompozit malzemeler alanında önemli bir araştırma alanına sahiptir [2;12]. Geleneksel liflerle karşılaştırıldığında, doğal liflerin sürdürülebilirlik, yenilenebilirlik ve düşük maliyetler gibi bazı önemli avantajları vardır. Buna ek olarak, doğal lifler, yenilenemeyen enerji/malzeme kaynaklarına bağımlılığın azalması, daha düşük kirletici emisyonları ve daha düşük sera gazı emisyonları gibi çevresel avantajlar sunmaktadır [13].

## **1.2 Matris Malzemeleri**

Plastikler yapılarına ve davranışlarına bağlı olarak termoset veya termoplastik olarak sınıflandırılır. Termoset ve termoplastik polimer matrisli kompozitler için bir matris malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler, geniş uygulama alanları nedeniyle şimdiye kadar geliştirilen en faydalı malzemeler olarak kabul edilebilir. Özellikle polimer matrisli kompozitler hayatımızda önemli bir rol oynamaktadır, çünkü araç parçaları, şişeler ve yumuşak kumaşlar gibi tasarlanabilirler [3].

### **1.2.1 Termosetler**

Termoset plastikler çapraz bağı veya ağ yapılarından oluşur ve moleküller birbirine kovalent olarak bağlanır. Ayrıca, termoset plastikler iki aşamada hazırlanır. İlk aşamada, uzun zincirli moleküller üretilir. İkinci aşamada, ısı uygulanır ve bağlanmış çapraz bağı polimerin tasarlanması için kütleme ajanları, katalizörler ve sertleştiriciler gibi katkı maddeleri ilave edilir [14]. Termoset plastikler geri dönüştürülemez ve sıklıkla sıcağa karşı yüksek direnç gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Epoksi, doymamış polyester, alkidler, vinil esterler, fenolik, amino plastikler, ürethanlar, silikonlar ve furfural önemli termoset reçineleri olarak bilinmektedir [15].

### **1.2.2 Termoplastikler**

Termoplastik, camsı geçiş sıcaklığından daha yüksek veya erime sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta viskoz bir durumda şekillendirilebilen bir polimerdir. Termoplastik, camsı geçiş sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta şekillendirilirse, amorf termoplastikler olarak tanımlanır. Termoplastik, erime sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta şekillendirilirse, yarı kristalli termoplastikler olarak tanımlanır. Erime ve katılaşma süreci termoplastikler için geri dönüşümlüdür. Üstelik, ısı ve basınç uygulaması durumunda yeniden şekillendirilebilirler, ancak her üretim döngüsünde termoplastiklerin iç özelliklerinde bazı bozulmalar gözlenir. Termosetlere kıyasla, termoplastikler katılaşmak için genellikle daha az zamana ihtiyaç duyarlar [16;17]. Ayrıca, termoplastikler uzun, doğrusal veya dallanmış moleküllerden oluşur, ancak bu moleküller kimyasal olarak birbirlerinden ayrılırlar. Termosetlerin aksine, termoplastiklerin birçok avantajı vardır. Termoplastik matris kompozitlerin temel avantajı, düşük işlem maliyetlerinin ve basit işlem yöntemleriyle üretilebilmeleridir [18]. Termoplastiklerin önemli ticari örnekleri arasında polietilen, polivinilklorür, polistiren, polipropilen, poliamidler, polikarbonat, poliasetaller ve polyesterler bulunur [16;18].

### 1.3 Amaç

Hasat ve budama işlemlerinden sonra dünya genelinde milyonlarca ton tarımsal atık oluşmaktadır. Tarımsal atıkların çok az miktarı gübre ve yakacak olarak değerlendirilmektedir. Ekonomik olarak değerlendirilemeyen atık, genelde tarlada yakıldığı için hava kirliliğine sebep olmaktadır. Tarlada kalan tarımsal atık polimer matrisli kompozit malzeme üretiminde takviye veya dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir. Bu tez çalışmasında tarımsal atık olarak değerlendirilen pirinç kabuğu ve bağ çubuklarının katma değeri yüksek olarak geri kazanımının sağlanması için biyokompozit üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

#### 1.3.1 Araştırmanın Önemi

Milenyum zamanından bugünlere, doğal elyaf ve polimer kompozitlerin gelişimi doğaya zarar vermeyen karakteristel özellikleri, düşük yoğunluğu, düşük maliyetler gibi nedenlerle inşaat sektöründe dış cephe ve zemin kaplaması olarak, otomotiv sektöründe iç aksamlar olarak birçok fazla uygulamada kullanılmaktadır. Bilim adamları, giderek artan petrol kaynaklarının tükenmesi ve küresel düzeyde artan çevresel problemler nedeniyle yeni ve çevre dostu alternatif ürünler üzerinde çalışıyorlar. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunun tarımsal zenginlikleri vardır ve tarımsal hasat veya budamadan sonra büyük miktarlarda agro-atık üretilir. Gübre ve yakıt olarak sadece az miktarda agro-atık kullanılır ve kalanlar değerlendirilmez. Türkiye, buğday samanı, arpa samanı, mısır sapı, asma sapı, pirinç kabuğu, fındık kabuğu ve diğer atıklar gibi 55 milyon tondan fazla tarımsal atık üretmektedir. Türkiye'de tarım sektörü yılda yaklaşık 600.000 ton asma sapı ve 400.000 ton pirinç kabuğu üretmektedir [20]. Türkiye'de asma ve pirinç kabuğu, endüstriyel ve evsel kullanım için katma değerli ürün imalatında kullanılmamıştır. Genel olarak, ahşap, pamuk, keten, kenevir, jüt, sisal ve şeker kamışı lifleri gibi doğal lifler termoplastiklerin güçlendirilmesinde kullanılır [21;22]. Tarımsal atıklar, polimer bazlı kompozit ürünlerin üretilmesi için çevreye zarar verebilecek alternatif atık malzemelerdir [23]. Yenilenebilir bitkilerden ve tarımsal atıklardan elde edilen yeni biyoyürünler, biyolojik olarak parçalanabilir, düşük yoğunluklu, yüksek özgül sertlik ve mukavemet, kıyılmış elyaflarda düşük işleme enerjisi, daha az takım aşınması, kullanılabilirlik ve eko-verimlilik gibi çeşitli avantajlara sahiptir [24;25]. Tarımsal atıklar da düşük maliyetle büyük miktarda bol miktarda üretilmektedir [26].

Otomotiv ve ulaşım endüstrileri için katma değerli ve ultra hafif kompozit ürünler buğday samanından üretildi. Doğal elyaf / polimer kompozitlerle, araç ağırlığını %35'e kadar azaltmak mümkün oldu. Bu, daha düşük yakıt tüketimine ve daha düşük çevresel etkilere çevrildi [27]. Agro-atıklar, aynı zamanda, maliyet tasarrufları elde etmek ve bazı istenen özellikleri vermek için polimerlerde dolgu maddesi olarak da kullanılmıştır [28]. Doğal elyaf / PP kompozit malzemeler otomotiv uygulamalarında kullanılmış ve son zamanlarda yapı profilleri, zemin kaplaması, korkuluk ürünleri vb. Yapı ürünlerinde kullanılmak üzere araştırılmıştır [29]. Bununla birlikte, agro-liflerin kullanımı, selüloz ve hemiselülozun varlığı nedeniyle nispeten düşük sıcaklıkta termal degradasyon gibi bazı dezavantajlar sergiler. Termal bozunma, izin verilen işlem sıcaklığını 200°C'den daha düşük bir değere indirir ve PP, PE, PS ve PVC gibi bazı meta termoplastiklere tarımsal elyaflarla birlikte kullanılabilen termoplastik tipini kısıtlar [30]. Neme karşı zayıf dirençlerinden dolayı, kompozit tarafından emilen nem, boyutsal değişimlere ve mekanik performansın azalmasına neden olur [31;32]. Ayrıca, doğal liflerin hidrofilik özellikleri ile polimer matriksinin hidrofobik doğası arasındaki uyumsuzluğu genellikle zayıf lif-matriks arayüzey yapışmalarına yol açar [33;34]. Ayrıca, birçok bilimsel çalışma tarımsal atıklarla termoplastik kompozit geliştirmeye devam etmiştir. Bunlardan biri melez kompozitler üzerine yapılan çalışmalardır. İki veya daha fazla doğal lifin tek bir matris içine dahil edilmesi, gelişmekte olan hibrit kompozitlere yol açmıştır [35]. Hibrit kompozitler, bir lifin pozitif özelliklerinin en iyi şekilde kullanılmasını sağlamak ve olumsuz özelliklerini mümkün olduğu kadar düşürmek için doğal elyafların doğal veya sentetik liflerle melezlenmesi ile hazırlanırlar [36]. Hibridizasyon kavramı, mühendislere malzeme özelliklerini özel gereksinimlere göre uyarlamak için esneklik sağlar [37]. Hibrid doğal elyaf polimer kompozitleri ile, matris içinde dağılmış bir tür lif/dolgu maddesi içeren ikili sistemlerde elde edilemeyen daha maliyet etkin bir şekilde özellikler elde edilebilir [34]. Bununla birlikte, hibrid kompozitlerin potansiyelini araştırmak için doğal liflerin hibridizasyonu hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Hibrit kompozit, tek doğal elyaf takviyeli kompozitlerde bulunmayan ilginç bir özellik sergiler.

Atuanya C. U [38] çalışmalarında pirinç kabuğu doldurma yükünün geri dönüştürülmüş düşük yoğunluklu polietilenin (LDPE) mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmış ve metalosen (MPE) kompozitlerinin bir kısmı ile karıştırıldığının gerilme kuvvetinin arttığı gözlenmiştir. Kompozitlerde pirinç kabuğu dolgu

maddesinin ağırlıkça yüzde 10'una ve daha sonra dolgu maddesi doldurma oranının yüzde 10'un üzerine düşmesi. Çekme modülü, eğilme dayanımı ve modül ve Brinell sertliği dolgu doldurma yükü arttıkça artar, ancak dolgu yükü arttıkça darbe dayanımı azalır.

Bu çalışmanın amacı, tek bir çeltik kabuğunun ve hibrid pirinç kabuğu / asma sapının polipropilenin morfolojik, mekanik ve termal özelliklerine etkisini, tek RH içeriğinin (10, 20 ve 30 ağırlık %'si) bir fonksiyonu olarak araştırmaktır. Kompozit içindeki hibrit RH / VS ağırlık fraksiyonları (3:7;5:5;7:3). RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin mekanik, termal ve morfolojik karakterizasyonu; evrensel test, dinamik mekanik analiz (DMA), termogravimetrik analiz (TGA), diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC) ve taramalı elektron mikroskobu ile yapıldı. (SEM).

#### **1.4 Literatür Araştırması**

Kompozit üretimi, polimer malzemeler üzerinde yapılan en yaygın modifikasyon işlemidir [39]. İki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesiyle oluşan ve çoğu zaman kendilerini oluşturan materyalden daha iyi özelliklere sahip malzemeler kompozit olarak tanımlanmaktadır [40,41]. Tarımsal atıkların (bağ çubuğu, kendir, kenevir, şeker kamışı, pirinç kabuğu vb.) termoplastik esaslı polimerler (PE, PP, HDPE, LDPE vb.) ile karıştırılmasıyla oluşan kompozit malzemelere termoplastik esaslı kompozit malzemeler denilmektedir [42;43]. Günümüzde ahşap esaslı kompozitler en önemli orman ürünleri arasındadır. Üretim teknolojilerinde talep ve gelişmedeki artış nedeniyle, oduna olası bazı alternatif hammaddeler araştırılmıştır. Temel olarak, alternatif hammaddeler iki gruba ayrılabilir; yani, doğal lif kaynakları ve tarımsal atıklar. Kompozit üretimdeki tarımsal atıkların kullanımı dünya çapında yaygın olarak araştırılmaktadır [44]. Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli ve tarımsal atık potansiyeli sırasıyla Tablo 1.1 [45] ve Tablo 1.2'de [46] verilmiştir. Biyokütle, kimyasal içerik olarak yaklaşık %90-99 oranında, üç doğal polimerden; selüloz, lignin ve hemiselülozlardan oluşmaktadır. Ayrıca, daha az oranda olmak üzere (%1-10) inorganik (kül) ve organik bazı renk, koku vb. ekstraktif maddelerde bulunmaktadır. Ülkemiz tarım ve orman alanlarının % 34,9'unu orman, % 27,9'unu ekili tarım alanları, %7'sini nadas alanları ve geriye kalan kısmını ise çayır ve mera arazileri, sebze ve meyve bahçeleri oluşturmaktadır [47]. Bu tablolarda miktarları verilen tarımsal atıklardan termoset esaslı kompozit üretimi dünyanın birçok yerinde

gerçekleştirilmektedir. Başta Amerika, olmak üzere tüm dünyada çok hızlı endüstriyel üretim artışı göstermektedir. Plastik kompozitler mekanik özelliklerinin iyi olması, ses ve gürültüyü azaltıcı özellikte olmaları, doğal ve geri dönüşüme uygun olmaları sebebiyle araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Tüm bu üstün yönleri ve ülkemizde bulunan potansiyel göz önüne alınırsa bu konuda çalışma yapmanın zorunluluğu daha açık bir şekilde görülecektir [46]. Pirinç kabuğu, yüksek lignin içeriğinden dolayı, işlem yavaşlatılabilir, ancak birkaç ay içinde organik gübreye dönüştürülür ve bitki büyüme düzenini etkilemez. [48].

**Tablo 1.1:** Ülkemizin Yıllık Biyokütle Potansiyeli (milyon ton)

<b>Biyokütle</b>	<b>Yıllık Biyokütle (milyon ton)</b>
Yıllık Bitkiler	55
Çok Yıllık Bitkiler	16
Orman Atıkları	18
Tarım Endüstrisi Atıkları	10
Odun Endüstrisi Atıkları	6
Diğer	7
<b>Toplam</b>	<b>112</b>

**Tablo 1.2:** Türkiye'deki Tarımsal Atık Potansiyeli (milyon ton)

<b>Türkiye'nin Lif Kaynakları</b>	<b>Türkiye Yıllık Bitki Sapı (milyon ton)</b>
Buğday Samanı	26,4
Arpa Samanı	13,5
Mısır Sapı	4,2
Pamuk Çiçeği Kabuğu	2,9
Ayçiçeği Kabuğu	2,7
Şeker Kamışı Atığı	2,3
Fındık Kabuğu	0,8
Yulaf Samanı	0,5
Çavdar Samanı	0,4
Pirinç Kabuğu	0,4
Meyve Kabukları	0,1
Asma Çubuğu	0,6
<b>Toplam</b>	<b>55</b>

Tarımsal atık katkılı kompozitlerde kullanılacak liflerin boyutları ve selüloz miktarları kompozit malzemenin mekanik özellikleri için büyük bir önem

taşımaktadır. Tarımsal esaslı liflerin selüloz ve bazı kimyasal bileşimleri Tablo 1.3’ de gösterilmektedir [49].

**Tablo 1.3:** Bazı tarımsal esaslı liflerin kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması.

<b>Lif Tipi</b>	<b>Lif Uzunluğu (mm)</b>	<b>Lif Genişliği (mm)</b>
Pirinç	0,4-3,4	4-16
Buğday	0,4-3,2	8-34
Mısır	0,5-2,9	14-24
şeker Kamışı	0,8-2,8	10-34
Bambu	1,5-4,4	7-27
Jüt	2-6	14-33
Kenaf	2-5	10-25
Kenevir	5-55	10-51
Keten	9-70	5-38
Pamuk	10-40	12-38

Bitkisel liflerde selülozdan sonra ana bileşikler hemiselüloz ve lignindir. Selüloz yarı kristal bir polimer olmasına rağmen hemiselüloz ve lignin amorf yapıdadır. Bitkisel materyallerdeki selüloz, hemiselüloz ve lignin lignoselülozik yapı olarak adlandırılmaktadır ve bu yapı, selüloz, hemiselüloz ve lignin’in nano-ölçekli alanları arasındaki eşsiz etkileşimin sonucunda ortaya çıkan bir biyo-nanokompozit olarak değerlendirilmektedir [50]. Selüloz, hemiselüloz ve ligninin lignoselülozik yapı içerisindeki iğeriği türlere göre değişkenlik göstermektedir (Tablo 1.4) [51;52]. Ayrıca tabloda görüldüğü üzere Pirinç Kabuğu Selüloz oranı 36,2-47, Bu yüksek oranlardaki selüloz içeren ürünlerin hammadde olarak selüloz eldesinde kullanılması, çevre ağısından fayda sağlayacağı gibi bunun yanında ekonomik olarak da kayda değer bir verimliliğe yol ağacaktır.

**Tablo 1.4:** Lignoselülozik materyallerin içeriği

<b>Materyal</b>	<b>Selüloz (%)</b>	<b>Hemiselüloz (%)</b>	<b>Lignin (%)</b>
Sert Odun	40-55	24-40	18-25
Yumuşak Odun	45-50	25-35	25-35
Jüt	61-71,5	13,6-20,4	12-13
Keten	71	18,6-20,6	2.2
Kenevir	70,2-74,4	17,9-22,4	3,7-5,7
Rami Bitkisi	68,6-76,2	13,1-16,7	0,6-0,7
Mısır Koçanı	33,7-41,2	31,9-36	6,1-15,9
Şeker Kamışı Küspesi	40-41,3	27-37,5	10-20
Buğday Samanı	32,9-50	24-35,5	8,9-17,3
Pirinç Kabuğu	36,2-47	19-24,5	9,9-24
Mısır Sapı	35-39,6	16,8-35	7-18,4
Arpa Samanı	33,8-37,5	21,9-24,7	13,8-15,5
Pamuk Sapı	38,4-42,6	20,9-34,4	21.5
Muz Atığı	13	15	14
Kahve Hamuru	33,7-36,9	44,2-47,5	15,6-19,1
Fındık Kabuğu	25-30	22-28	30-40
Sorgum Samanı	32-35	24-27	15-21
Yulaf Samanı	31-35	20-26	10-15

Selülozik atık olan pirinç sapına YYPE eklenmesi ile kompozit malzeme üretilmiştir ve mekanik fiziksel özelliklerini incelenmiştir. YYPE'ye eklenen pirinç sapı çekme dayanımının azaldığının. Ancak buna karşılık YYPE'nin içerisine MAPE eklenmesi ile çekme dayanımının arttığını tespit etmişlerdir [53].

Nwanonyi, S. C ve Obidegwu, M. UI [54], mikro matematiksel model denklemleri kullanarak düşük yoğunluklu polietilen / pirinç kabuğu kompozit'in mekanik özelliklerini analiz etmiş ve sonuç, deney sonuçları ile mikro sonuçların arasında belirgin bir varyasyon olduğunu göstermiştir. Matematiksel model denklemleri, kompozitin mekanik özellikleri, düşük kuvvet, yüksek sertlik ve sertlik gerektiren bazı uygulamalarda faydalı olabileceğini göstermektedir.

Nwanonyi S. C ve Ohanuzue, B. C. [55], pirinç kabuğu dolgu maddesinin düşük yoğunluklu polietilenin bazı mekanik ve son kullanım özellikleri etkisi üzerine yapılan bir araştırmada, sonuçların dolgu yükü arttıkça gerilme modülünün ve sertliğin arttığını, gerilme kuvvetinin arttığını göstermiştir. ve dolum yükündeki artışla uzama azalmıştır. Ek olarak, su emme, özgül ağırlık ve alev geciktirici özellikler gibi son kullanım özelliklerinin, dolgu yükü arttıkça arttığı gözlenmiştir.

Dimzoski B. ve arkadaşları [56], pirinç kabuğu dolgulu polipropilen (PP) kompozitlerin özelliklerini incelemiştir. Doğrusal elastik kırılma mekaniği kavramını kullanarak, PP matriksindeki pirinç kabuklarının tanıtılması, kompozitlerin çekme modülü ve bükülme modülünün artmasıyla birlikte tepe noktasında gerilmenin azalmasıyla sonuçlandı.

Toro P. ve arkadaşları [57], PP matrisindeki doğal dolgu maddesinin sertliği azalttığı ve PP / pirinç kabuğundaki uyumlaştırıcı olarak PP-g-MMI varlığında, PP / pirinç kabuğunda gerilme modülünün ve su emiliminin azaldığını araştırdı. kompozit geliştirildi.

Rosa S.M.L. ve arkadaşları [58], birleştirme maddesi olarak maleik anhidrit ile modifiye edilmiş propilen ile Pirinç-Kabuğu dolgulu polipropilen kompozitlerinin özellikleri üzerinde çalıştılar, dolgu yükü ile gerilme kuvvetinin azaldığı doğrulandı. MAPP'nin varlığı, MAPP / Pirinç Kabuğu oranına güçlü bir bağımlılık göstererek bu özelliği geliştirmiştir.

Choi N.K. ve arkadaşları [59], pirinç kabuğu ve atık genleşmiş polistiren için, stiren atık genleşmiş polistiren çözültisinin, pirinç kabuğu-plastik kompozitler için bir bağlayıcı olarak kullanılması, su emme ve genleşmelerinde kullanılması amacıyla yeni bir geri dönüşüm yöntemi geliştirdiler. Bağlayıcı madde içeriği ve dolgu maddesi oranı arttıkça kalınlık azalır, çünkü oluşan kompozitler yüksek bir eğilme dayanımına ve su direncine sahip olduklarından, yapı malzemeleri olarak kullanımları beklenir.

Vasanta V Chalachagudda ve arkadaşları [60], pirinç kabuğunu gözlemlerden vinil esterin takviye etmesi için Hindistan cevizi lifi ile ek bir lif olarak kullandılar, oluşturulan kompozit malzemenin mekanik özelliklerinde (hem çekme hem de eğilme mukavemetinde) iyileşme sağlandı.

Bildirilen çalışmalardan, pirinç kabuğuyla güçlendirilmiş polietilenin, dolgu modülünün yüklenmesinde gerilme modülünde artış, bükülme mukavemeti ve sertlik gösterdiği, ancak gerilmenin ve darbe mukavemetinin yüklemenin erken aşamalarında, daha sonra polistiren ve polipropilen için düştüğü görülmüştür. Çekme modülü, bükülme mukavemeti artmış ancak polipropilen kompozitte bir birleştirici kullanıldığında gelişme göstermiştir. Polietilen kompozitler, diğer polimer kompozitlerden daha fazla kırılmada daha yüksek uzamaya sahiptir, bu nedenle pirinç kabuğunun, her iki geri dönüşümlü formdaki kompozitlerinde daha kullanışlı mekanik özellikler sergilemesinin nedeni, aynı zamanda, takviye etmek için ilave bir

elyaf olarak kullanıldığında pirinç kabuğu kompozitlerinin gerilme mukavemetinin de artmasıdır.



## 2. BİYOKOMPOZİTLER

Biyokompozit (yeşil kompozitler olarak bilinir) malzemeleri, imalat sanayinde kullanılan geleneksel malzemelerin yerine geçme potansiyeli nedeniyle önemli ölçüde artmıştır. Biyokompozit malzemeler, sentezlenmiş lifler (karbon, cam, vb. Lifler) veya reçineler (poli vinil alkol, epoksi, vb reçineler) yerine doğal lifler veya doğal reçinelerle üretilir. Jüt, sisal, keten, kenevir, bambu, saç, yün, ipek vb. Gibi biyo-bazlı lifler bitkilerden veya hayvanlardan elde edilir. Ayrıca doğal kauçuk, polyester vb. Doğal matris malzemeleri bitkilerden üretilir [19]. Biyokompozitler, bir matris tarafından oluşturulan kompozit malzemelerdir ve odun lifleri (sert ağaç ve yumuşak odun) veya odun dışı lifler gibi doğal liflerin bir takviyesidir. Doğal elyaflar üç türe ayrılır: bitkisel, hayvansal ve mineral lifler. Bitkisel lifler kaynağa bağlı olarak tohum kılı, kabuklar ve yapraklardan oluşur. Bertaraf kolaylığı ve biyo-kompozitlerin özelliklerini, komplike hale getirme gibi avantajları, geleneksel sentetik malzemelerle genel olarak mümkün olmayan, yenilenebilir, sürdürülebilir olmak üzere, son kullanma tarihinden sonra birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Ayrıca, biyo-kompozitlerin karşılaştırılabilir mekanik özellikleri, birçok farklı ürüne uygulanmasını mümkün kılmaktadır [19]. Doğal lifler, geleneksel takviye veya dolgu malzemelerine kıyasla birçok avantaja sahiptir. Diğer takviye elyaflarından farklı avantajlar nedeniyle; ucuz, düşük yoğunluklu, yüksek spesifik özellikler, biyobozunurluk, aşınma direnci. Bununla birlikte, bazı dezavantajları vardır: hidrofobik polimer matris ile uyumsuzluk, işleme sırasında agrega oluşturma eğilimi, UV ışınlarına bağlı olarak neme karşı düşük direnç ve fotokimyasal bozulma [61-64]. Bu erken termal bozulma, izin verilen işlem sıcaklığını 200°C'nin altında tutar ve polietilen, polipropilen, polivinil klorür ve polistiren gibi bazı emtia plastiklerine agro liflerle birlikte kullanılacak termoplastiklerin türünü kısıtlar [65].

## 2.1 Tarımsal Atıklar

Günümüzde artan hammadde ihtiyacı doğal orman kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmıştır. Endüstriyel ormanların yetersizliği ve çevreci derneklerin yarattığı baskı da araştırmacıları odun lifine alternatif hammadde kaynağı araştırmaya yöneltmiştir. Bunun üzerine hammadde olarak üretim sektöründe testere talaşları, planya atıkları ve kereste atıkları kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu çözümde artan talep ve üretim karşısında yetersiz kalmıştır ve tarımsal atıklar üzerine yönelim olmuştur [66]. Tarımsal atık bitkisel üretimde kök, yapraklar, sap, tohumlar ve tohum kabukları da dahil olmak üzere ürün hasat edildikten arta kalan materyaldir. Tarımsal atıklar diğer katı atıklara göre daha çevreci ve doğaya daha az zarar veren, geri dönüşümleri daha hızlı olan atıklardır. Tarımsal atıklar değerlendirilip, yeniden ham madde olarak kullanılabilir. Tarımsal atıkların değerlendirilmesi çevre sorunlarını azaltıp, hammadde rezervlerini koruyacak ve ekonomik açıdan kalkınma sağlayacaktır. Her atık türünde olduğu gibi tarımsal atıkların da çeşitleri ve türleri farklılık gösterdiğinden değerlendirilip işlemlerin atık çeşitlerine göre farklılık göstermektedir [67]. Tarımsal atıklar Türkiye’de yenilebilir enerji kaynağı, kompozit olarak, yonga levha olarak, ağır metal giderimi, maça olarak, kağıt sanayi, mantar üretiminde kullanılabilir. Bununla birlikte, agro-fiberlerin kullanımı, selüloz ve hemiselülozun mevcudiyeti nedeniyle nispeten düşük sıcaklıktaki degradasyon gibi bazı dezavantajları göstermektedir. İncelemesinde, kül içeriği, silika içeriği vb. Gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak pirinç kabuğunun çeşitli kullanımlarını ve uygulamalarını bildirmişlerdir [68].

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan polimer matris malzemesi polipropilen kopolimer (PPc, LG Chem M 1500, Kore) olup, eriyik akış hızı 16 g/10 dk. (230°C/2,16 kg) ve yoğunluğu 0,9 g/cm<sup>3</sup>'dir. Tarımsal atık olarak kullanılan pirinç kabuğu (RH) İzmir Makine Sanayi'den (Türkiye) temin edilmiştir.

#### 3.2 Mekanik Öğütme

Bağ çubukları (VS) Manisa ili Saruhanlı ilçesindeki aralık ayında bir bağdan toplanılmış olup, bağ çubukları mekanik öğütme işlemi öncesi balta ile küçük parçalara ayrılmıştır. RH ve VS atıkları laboratuvar tipi bir bıçaklı değirmen (Mertest LB160, Türkiye) ile öğütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Laboratuvar tipi bıçaklı değirmen.

Öğütme işlemi sonrası partiküller sırasıyla 60 ve 140 gözenekli eleklerden geçirilerek eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kompozit üretimleri için 100 µm'den

büyük ve 250 µm'den daha küçük partiküller kullanılmıştır. Partikül içerisindeki nemi almak için partiküller 70°C'deki etüv içerisinde konularak 48 saat süre boyunca kurutulmuştur. Nem alma işlemi sonrası partiküller kompozit üretimine kadar kilitli plastik torbalarda saklanılmıştır. Tarımsal atıklara kompozit üretiminden önce herhangi bir yüzey işlemi yapılmamıştır.

### 3.3 Kompozit Malzemelerin İmalatı

Kompozit üretimleri laboratuvar ölçekli yüksek hızlı bir termokinetik karıştırıcı (Gülner Makine, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Bir termokinetik karıştırıcıda, yüksek hızlı bir şaft üzerindeki bıçaklar partikülleri hızlandırır ve onlara yüksek kinetik enerji verir. Karıştırıcı hazne cidarlarına çarptığında termal enerji ortaya çıkar [69;70]. Karıştırıcı hazneye konulacak toplam ağırlık yetmiş gram olup, hazne içerisine tarımsal atık partiküller ve PP (plastik granüller olarak) konulmadan önce fiziksel olarak karıştırılmıştır. 2000 devir/dakika'da çalışan yüksek hızlı termokinetik karıştırıcıda karışım hamur haline getirilinceye kadar 25-30 s süre boyunca karıştırılmıştır. RH-PP kompozitler, ağırlıkça %10, %20, %30 oranında RH (10RH-90PP, 20RH-80PP, 30RH-70PP) ile hazırlanmıştır. Mekanik test sonuçlarına göre belirlenen bir RH oranda RH-VS-PP hibrid kompozitler üretilmiştir. Hibrit kompozit üretimlerinde VS ağırlıkça %3, %5, %7 oranlarında kullanılmıştır.



Şekil 3.2: Laboratuvar tipi yüksek hızlı termokinetik mikser

Kompozit plakalar ısıtmalı-soğutmalı hidrolik pres (Gülner laboratuvar tipi ısıtmalı ve soğutmalı hidrolik pres, Türkiye) kullanılarak hazırlanılmıştır. Kompozit levhalar, sıcak preste 120 bar basınçta 180°C'de kontrollü ısıtma ile üretildi, daha sonra üretilen kompozit plakalar soğuk preste 120 bar'da işlem gördü. Üretilen kompozitlerdeki PP, VS, RH oranları Tablo 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.3:** Isıtmalı-soğutmalı hidrolik pres

**Tablo 3.1:** Üretilen kompozitlerdeki PP, VS, RH oranları

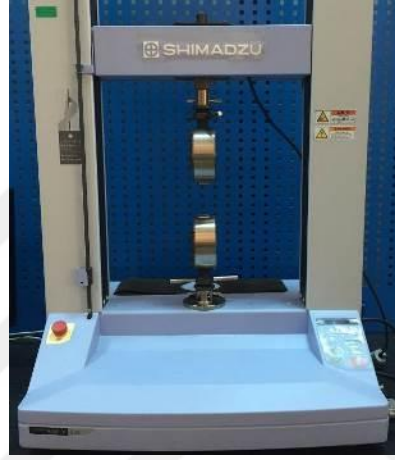
Numune adı	RH (%)	VS (%)	PP (%)
PP	-	-	100
10RH-90PP	10	-	90
20RH-80PP	20	-	80
30RH-70PP	30	-	70
7RH-3VS-90PP	7	3	90
5RH-5VS-90PP	5	5	90
3RH-7VS-90PP	3	7	90

### 3.4 Test ve Karakterizasyon

Pirinç kabuğu ve bağ çubuğu partiküllerinin ortalama partikül büyüklüğü analizleri bir partikül boyutu analiz cihazı (Malvern Mastersizer 3000, Malvern Panalytical,

UK) ile gerçekleştirilmiştir ve ortalama partikül boyutu ölçülmüştür. Analizde kuru dispersiyon yöntemi kullanılmıştır.

PP ve kompozitlerin ASTM D-638 standardına göre çekme mukavemeti ve Young's modülünün belirlenmesinde 5 kN yük hücreğine sahip bir üniversal test makinesi (Shimadzu Autograph AGS-X Serisi üniversal test cihazı, Japonya) kullanılmıştır (Şekil 3.4). Çekme testleri oda sıcaklığında 50 mm/dak bir çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Her bir kompozit için güvenilir veriler elde etmek için en az beş numune test edilmiştir.



**Şekil 3.4:** Çekme testi

Üç nokta eğme testleri, üniversal test makinesinde (Shimadzu Autograph AGS-X Serisi üniversal test cihazı, Japonya) ASTM D-790 standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Üç nokta eğme testleri 32 mm'lik mesnet aralığında, 1 mm/dakika eğme hızında ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Her gruptan en az 3 numune test edilmiştir.



**Şekil 3.5:** Üç nokta eğme testi

PP ve kompozitlerin depolama modülleri, kayıp modülleri ve Tan  $\delta$  değerleri dinamik mekanik analiz cihazı (DMA Q800, TA Instruments Inc., ABD) kullanılarak belirlenmiştir. 35-140°C sıcaklık aralığında ve hava atmosferinde yapılan DMA analizlerinde tek konsol (single cantilever) ve çoklu frekans-gerilim (frequency-strian) modül modu kullanılmıştır.

RH ve VS partiküllerinin, PP ve kompozitlerin termogravimetrik analizleri eş zamanlı termal analizör cihazı (SDT Q600, TA Instrument Inc., ABD) ile azot gazı atmosferi altında 30-600°C aralığında ve 10°C/dakika ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.6:** Termogravimetrik analiz (TGA) cihazı

DSC analizleri diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı (DSC Q2000, TA Instruments Inc., ABD) kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak numuneler azot gazı atmosferi altında 10°C/dakikalık bir ısıtma hızında 20°C'den 200°C'ye ısıtıldı, bu sıcaklıkta numunelerin termal geçişini silmek için 3 dakika bekletildi. Bu işlem sonrasında

numuneler 10°C/dakikalık bir soğutma hızında 20°C'ye soğutuldu. Daha sonra, numuneler 20°C'den 200°C'ye 10°C/dakikalık bir ısıtma hızında tekrar ikinci kez ısıtıldı ve DSC verileri elde edildi.

SEM incelemesi öncesi VS, RH partikülleri ile kompozitlerin kırılmış yüzeyleri bir plazma kaplama cihazı "QUORUM Q150 RES" kullanılarak altın kaplanılmıştır (Şekil 3.7). Daha sonra bir taramalı elektron mikroskobu (300 VP FE-SEM, Carl Zeiss AG, Almanya) kullanılarak, partiküller için 3 kV'lik bir hızlandırma voltajında ve kompozitler için 5 kV'de bir hızlandırma voltajında SEM incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8).



**Şekil 3.7:** Plazma kaplama cihazı

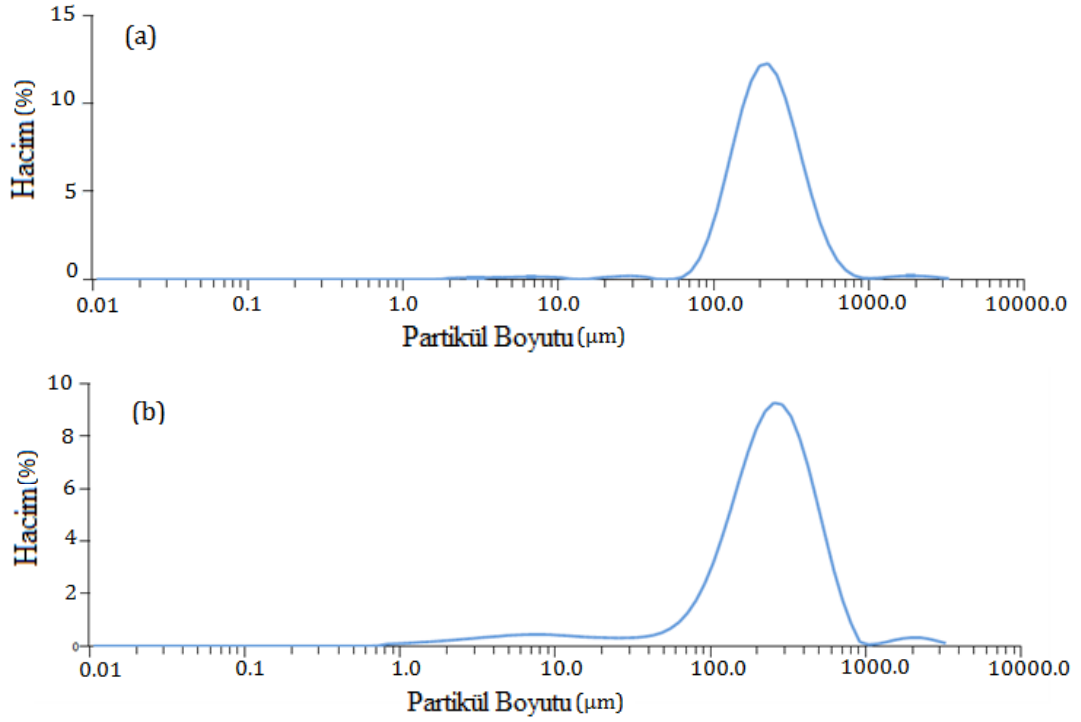


**Şekil 3.8:** Taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazı

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Parçacık Boyut Analizi

VS ve RH'nin partikül boyut dağılımları Şekil 4.1 (a-b)'de sunulmuştur. VS'nin partikül boyut dağılımı incelendiğinde, sırasıyla D (10), D (50) ve D (90) değerleri sırasıyla 116, 217 ve 412  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur. Şekil 4.1 (a)'ya göre, VS partiküllerinin partikül dağılımı normal bir dağılım gösterir. Ayrıca RH'nin partikül boyut dağılımında D (10), D (50) ve D (90) değerleri sırasıyla 68,6, 238 ve 512  $\mu\text{m}$  olarak elde edilmiştir. Şekil 4.1b'deki eğri, 100  $\mu\text{m}$ 'den küçük ve 1000  $\mu\text{m}$ 'den daha büyük partiküllerin varlığını göstermektedir.



**Şekil 4.1:** (a) Bağ Çubuğu (VS) ve (b) Pirinç Kabuğu (RH) partiküllerinin partikül büyüklüğü dağılımları.

## 4.2 Çekme Testleri

Pirinç Kabuğu (RH) ve Bağ Çubuğu (VS) yüklemesinin PP'nin çekme mukavemeti ve Young's modülü'ne etkileri Şekil 4.2-4.5'de gösterilmektedir. Tablo 4.1'de PP, RH-PP kompozitlerin ve RH-VS-PP hibrit kompozitlerin mekanik özellikleri verilmektedir.

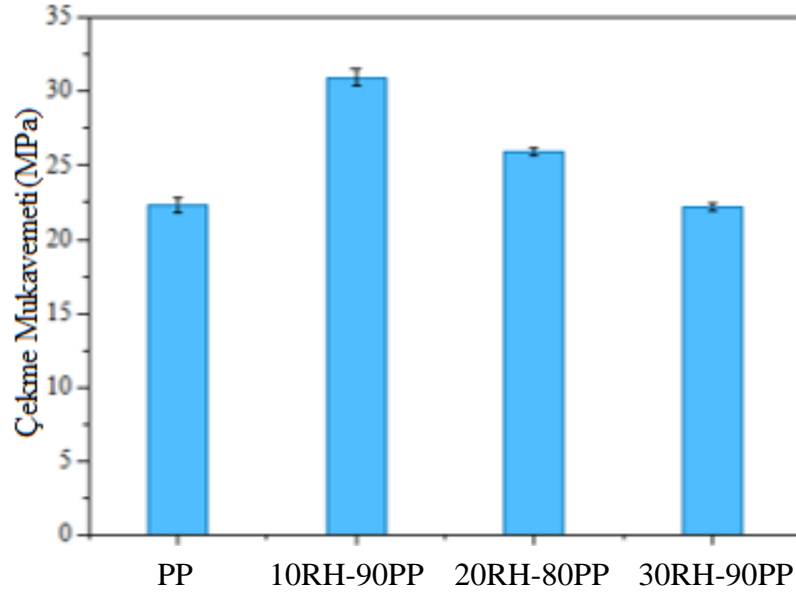
**Tablo 4.1:** PP, RH-PP kompozitlerin ve RH-VS-PP hibrit kompozitlerin mekanik özellikleri

Numune Adı	<i>TS</i> (MPa)	<i>TS</i> $\sigma$	<i>YM</i> (MPa)	<i>YM</i> $\sigma$	<i>FS</i> (MPa)	<i>FS</i> $\sigma$	<i>FM</i> (MPa)	<i>FM</i> $\sigma$
<b>PP</b>	22,3		819,9		33,8		971,2	
<b>10RH-90PP</b>	31,0	±0,61	1335,7	±27,91	45,2	±0,59	1369,6	±49,81
<b>20RH-80PP</b>	25,9	±0,20	1329,3	±26,01	51,8	±1,36	2326,3	±141,09
<b>30RH-70PP</b>	22,2	±0,22	1371,0	±18,42	38,2	±10,8	1536,3	±127,42
<b>7RH-3VS-90PP</b>	29,7	±0,33	1264,6	±45,57	46,7	±1,16	1392,9	±14,65
<b>5RH-5VS-90PP</b>	30,3	±0,46	1231,9	±33,81	53,5	±4,40	1599,3	±55,68
<b>3RH-7VS-90PP</b>	30,4	±0,52	1248,8	±65,21	55,0	±1,40	2055,8	±160,71

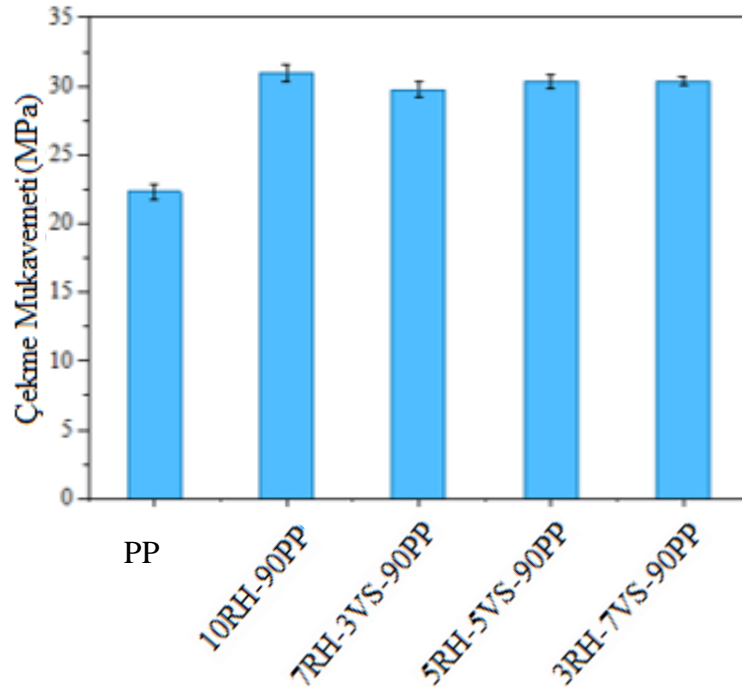
TS: Çekme Dayanımı, YM: Young's Modülü, FS: Eğilme Dayanımı, FM: Eğilme Modülü.

Saf PP'nin çekme mukavemetinin 22,3 MPa olduğu gözlenmiştir. PP matrisi içerisinde %10 oranında RH eklenildiğinde PP'nin çekme mukavemetinin önemli ölçüde artış görülmektedir. RH-PP kompozitleri arasında, en yüksek çekme mukavemeti 10RH-90PP kompozitinde incelenmiştir. 10RH-90PP'nin çekme mukavemeti PP'nin çekme mukavemetine göre yaklaşık %39 daha yüksektir. Bu artışın nedeni, RH'ın PP matrisine iyi bir şekilde dağılması olabilir. Hibrit kompozitlerinde, VS ve RH partiküllerinin PP'ye katılması ile 10RH-90PP'nin çekme mukavemetine benzer bir artış elde edilmiştir. Bununla birlikte, PP matrisine ağırlıkça %10'dan daha fazla RH eklenildiğinde, 10RH-90PP'e göre çekme mukavemetinde azalma gözlenmiştir. Çekme mukavemetindeki azalma, partikül oranının artması ile birlikte partikül-matris arayüzey alanının da artmasıyla açıklanabilir. Partiküller çok küçük olduğu için, polar partiküller ile polar olmayan matris arasında yüksek bir arayüzey alanı oluşur. Bu arayüzey alanı arttıkça, partikül ve matris arasında kötülen bağlanma neticesinde çekme mukavemeti de azalır [29]. Dolgu oranının artması ile çekme

yüklemesi sırasında düzensiz şekilli dolgu parçacıklarının keskin köşeleri nedeniyle matriste stres konsantrasyon bölgeleri oluşabilir [71].



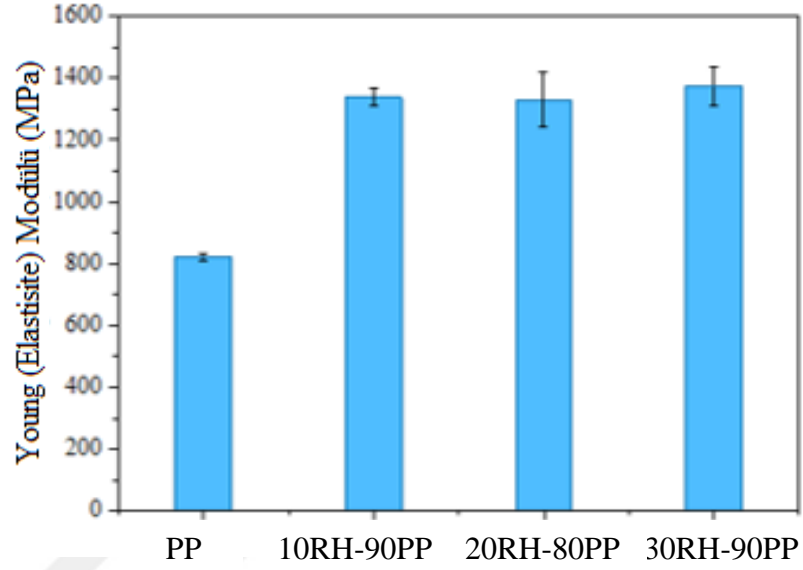
Şekil 4.2: RH partiküllerin PP'nin Çekme Mukavemeti'ne etkisi.



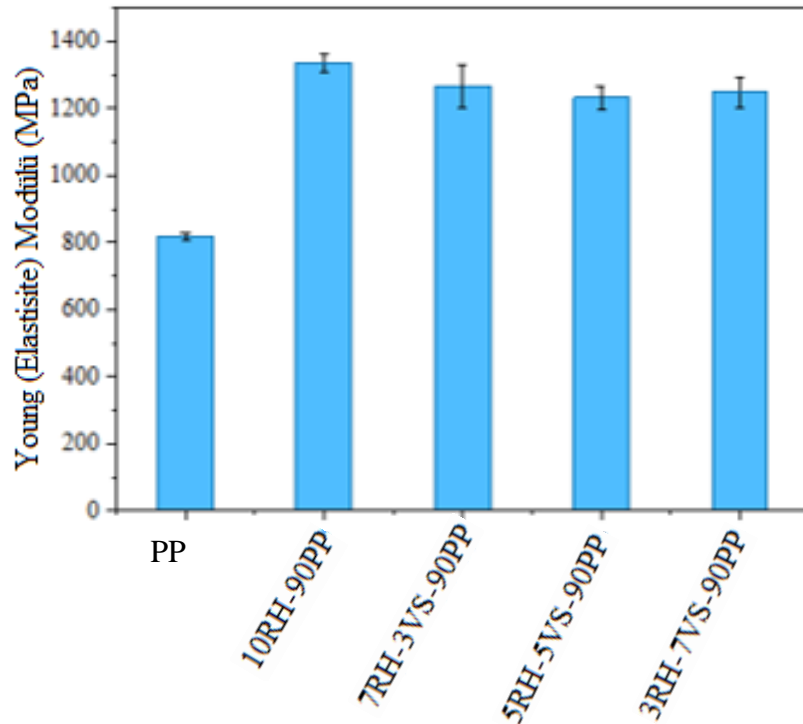
Şekil 4.3: VS ve RH partiküllerin PP'nin Çekme Mukavemeti'ne etkisi.

PP'nin Young's modülü, PP'e %10 RH eklenmesiyle önemli ölçüde artmıştır. PP'ye ağırlıkça %10 RH eklenildiğinde, PP'nin Young's modülü %62,9 oranında artmıştır. Dolgu malzemelerinin Young's Modülü, matrisin Young Modülü'nden daha yüksek olduğu için, dolgu ilavesi polimerin Young's Modülü'nün artmasına sebep

olmaktadır [72]. 20RH-80PP ve 30RH-70PP kompozitlerinin Young's modülü 10RH-90PP kompozitinki ile karşılaştırıldığında benzer bir Young's Modülüne sahiptir. Hibrit kompozitlerin Young's Modülü 10RH-90PP kompozitin Young's modülünden daha düşüktür. RH-PP'ye VS dolgu malzemesinin eklenmesiyle, PP matrisli hibrit kompozitlerin daha az rijitliğe sahip olduğu söylenebilir. VS partiküllerinin RH'e göre daha düşük bir Young's modülüne sahip olduğu söylenebilir.



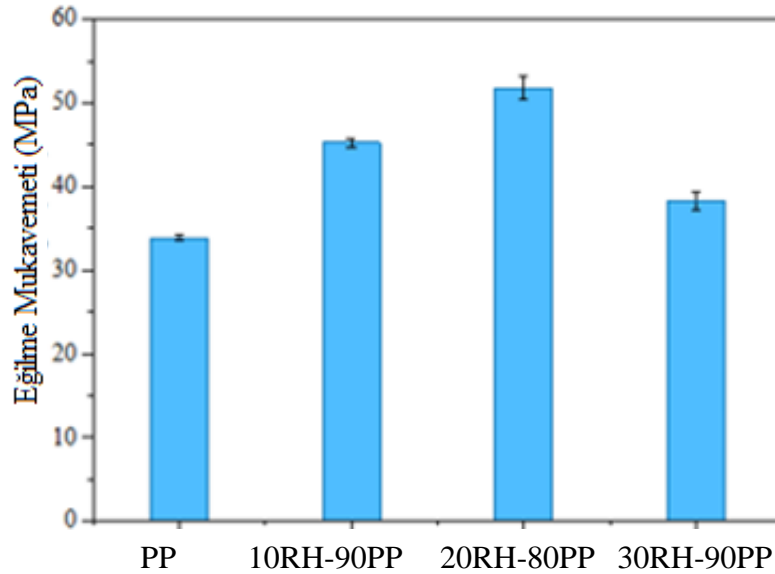
Şekil 4.4: RH partiküllerin PP'nin Young's Modülü'ne etkisi.



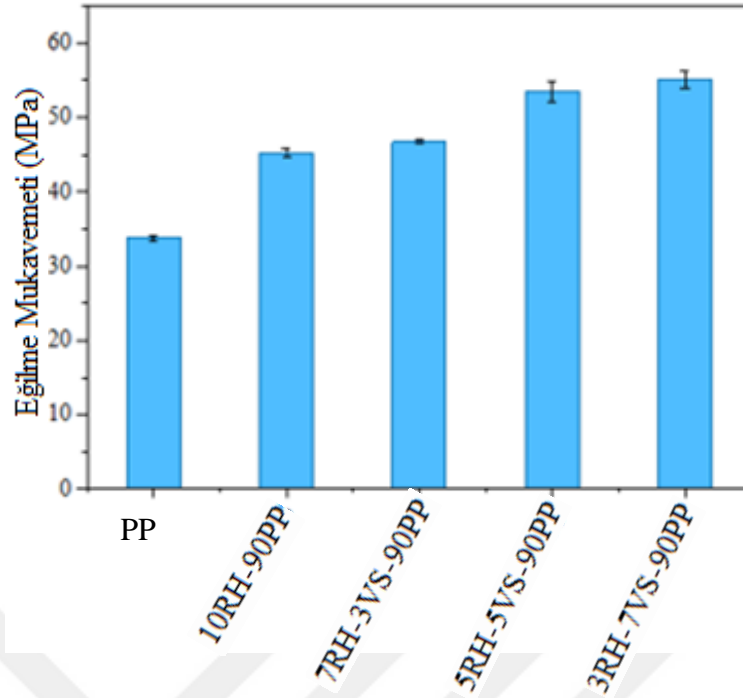
Şekil 4.5: RH ve VS partiküllerin PP'nin Young's Modülü'ne etkisi.

### 4.3 Eğilme Testleri

Pirinç Kabuğu (RH) ve Bağ Çubuğu (VS) yüklemesinin PP'nin eğilme mukavemeti ve eğilme modülü'ne etkileri Şekil 4.6-4.9'da gösterilmektedir. Tablo 4.1'de PP, RH-PP kompozitlerin ve RH-VS-PP hibrit kompozitlerin eğilme özellikleri verilmektedir. Saf PP'nin, eğilme mukavemeti ve eğilme modülü değerleri sırasıyla 33,8 MPa ve 971,2 MPa'dır. RH dolgulu PP kompozitlerin eğilme dayanımı değerleri PP'nin eğilme dayanımından daha yüksektir. RH-PP kompozitleri arasında en iyi eğilme dayanımı 20RH-80PP kompozitinde tespit edilmiş olup, bu kompozitin eğilme mukavemeti yaklaşık 51,8 MPa'dır. 20RH-80PP kompozitinin eğilme mukavemeti PP'nin eğilme mukavemetinden %53,3 daha yüksektir. Pirinç kabuğu içindeki silikanın varlığı, çekme mukavemeti değerine kıyaslandığında eğilme mukavemeti değerinde maksimum bir artış sağlamış olabilir [73]. Topaklanmalar ağırlıkça %20'den daha fazla RH dolgulu kompozitin eğilme mukavemetinde azalmaya neden olabilir. 10RH-90PP, 7RH-3VS-90PP, 5RH-5VS-90PP, 3RH-7VS-90PP kompozitlerin eğilme mukavemeti değerleri sırasıyla 45,2, 46,7, 53,5 ve 55,0 MPa olarak bulunmuştur. Tüm kompozitler arasında, 3RH-7VS-90PP hibrit kompoziti en yüksek eğilme mukavemet değerine sahiptir. Her iki partikülün PP içerisine birlikte katılması ile hibrit kompozitin daha yüksek eğilme mukavemetine sahip olması bu iki partikülün hibrit etkileşimine yorumlanabilir. Eğilme özellikleri hibrit kompozisyonuna ve fiber yığınlarının düzenine bağlıdır [42].

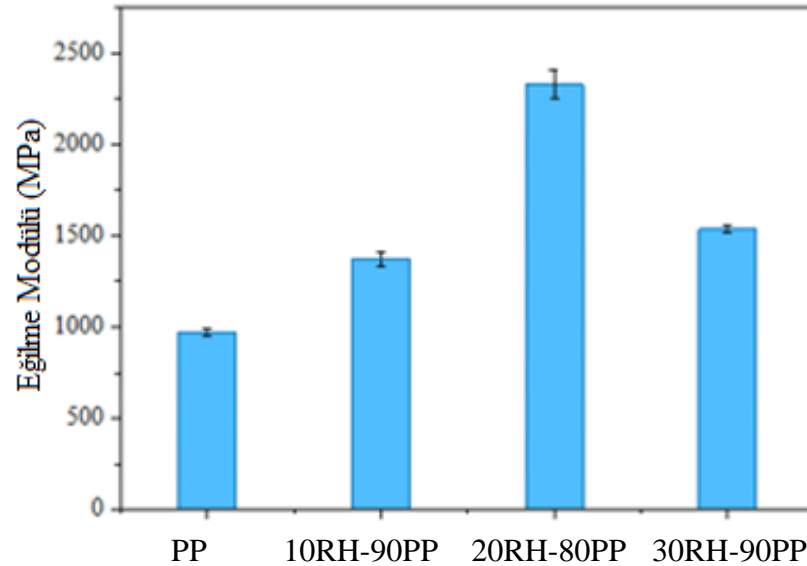


Şekil 4.6: RH partiküllerin PP'nin Eğilme Mukavemeti'ne etkisi.



**Şekil 4.7:** VS ve RH partiküllerin PP'nin Eğilme Mukavemeti'ne etkisi.

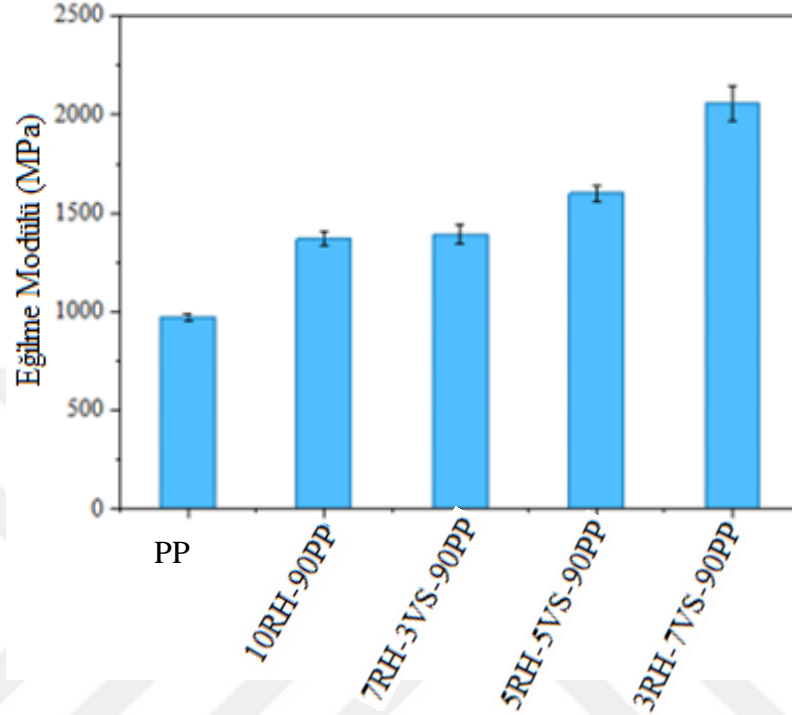
PP matrisi içerisine %20 oranında RH eklenildiğinde PP'nin eğilme modülünde önemli ölçüde artış görülmektedir. RH-PP kompozitleri arasında, en yüksek eğilme modülü 20RH-80PP kompozitinde tespit edilmiştir. 20RH-80PP'nin eğilme modülü PP'nin eğilme modülüne göre yaklaşık %140 daha yüksektir. PP'ye %20'den daha fazla RH eklenildiğinde eğilme modülü düşmektedir.



**Şekil 4.8:** RH partiküllerin PP'nin Eğilme Modülü'ne etkisi.

Hibrit kompozitlerinde, VS ve RH partiküllerinin PP içerisine birlikte katılması ile 10RH-90PP'nin eğilme modülüne göre eğilme modülünde daha fazla artış

belirlenmiştir. Hibrit kompozitleri arasında en yüksek eğilme modülü PP matrise ağırlıkça %3RH ve %7VS eklenildiğinde elde edilmiştir. Bu kompozitin eğilme modülü 10RH-90PP'nin eğilme modülüne %50.1 daha yüksektir. Eğilme özellikleri hibrit kompozisyona ve fiber yığınlarının düzenine bağlıdır [74].



Şekil 4.9: VS ve RH partiküllerin PP'nin Eğilme Modülü'ne etkisi.

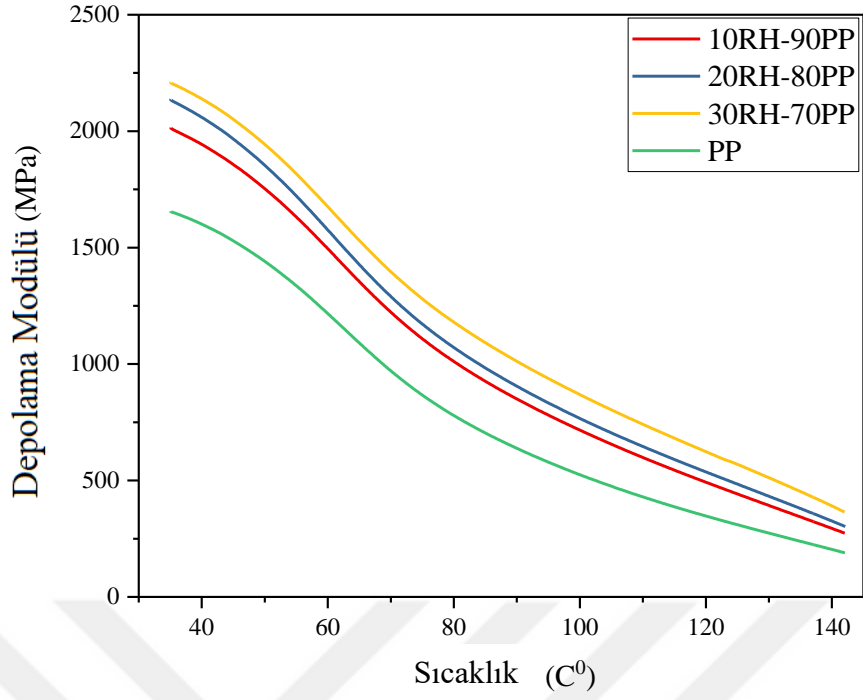
#### 4.4 Dinamik Mekanik Analiz (DMA)

Saf PP ve RH-PP, RH-VS-PP kompozitlerin viskoelastik davranışını anlamak için dinamik mekanik analizleri yapıldı. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin depolama modülü ( $E'$ ), kayıp modülü ( $E''$ ) ve tan delta'ları Şekil 4.10-4.15'te gösterilmektedir. Sıcaklığa bağlı depolama modülü değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

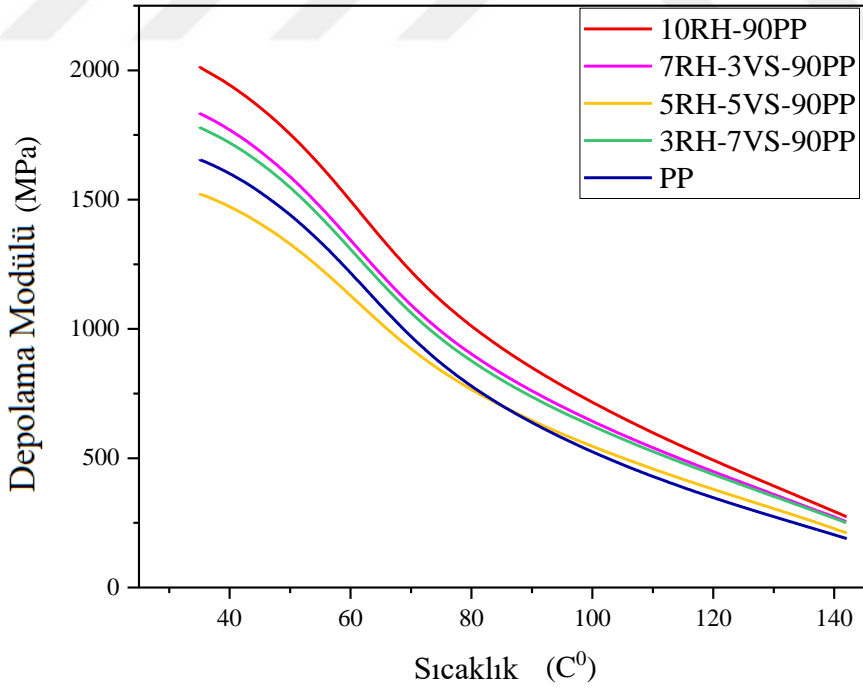
**Tablo 4.2:** PP'nin ve kompozitlerinin sıcaklığa bağlı olarak depolama modülü değerleri.

Numune Adı	Depolama Modülü (MPa)					
	35°C	50°C	75°C	100°C	130°C	SM <sub>130</sub> /SM <sub>35</sub>
<b>PP</b>	1656,0	1440,4	866,6	524,13	273,53	0,165
<b>10RH-90PP</b>	2015,5	1753,0	1105,8	715,89	392,29	0,195
<b>20RH-80PP</b>	2136,1	1851,5	1171,0	764,93	431,09	0,202
<b>30RH-70PP</b>	2209,0	1940,5	1278,1	868,86	511,88	0,232
<b>7RH-3VS-90PP</b>	1835,6	1586,9	989,4	641,79	359,07	0,196
<b>5RH-5VS-90PP</b>	1608,6	1420,2	899,7	562,38	309,84	0,193
<b>3RH-7VS-90PP</b>	1780,7	1544,4	959,8	624,78	352,37	0,198

DMA sonuçları, RH-PP ve RH-VS-PP (5RH-5VS-90PP hariç) kompozitlerin depolama modülü değerlerinin tüm sıcaklık aralığı boyunca PP'ninkinden daha yüksek olduğunu açıkça göstermektedir. 10RH-90PP, 20RH-80PP ve 30RH-70PP'nin 35°C'deki depolama modülü PP'nin depolama modülü ile karşılaştırıldığında sırasıyla %21,7, %29,0 ve %33,4 daha yüksektir. Polimer içerisine katılan dolgu miktarının artmasıyla ortaya çıkan mekanik sınırlamalar nedeniyle depolama modülü artar [75]. RH-VS-PP hibrit kompozitlerin depolama modülü değerleri, genel olarak tüm sıcaklık aralığı boyunca 10RH-90PP'den daha düşüktür. VS partikülleri RH-PP'ye eklenildiğinde depolama modülü azalış göstermektedir. PP'nin depolama modülü ile karşılaştırıldığında, 5RH-5VS-90PP kompozitin depolama modülü ise düşük sıcaklıklarda daha düşüktür. Tüm kompozitlerin depolama modülü değerleri sıcaklıktaki artışla birlikte azalma göstermiştir. Polimer zincirlerinin moleküler hareketliliğindeki artışa bağlı olarak artan sıcaklık ile depolama modülündeki azalma beklenmektedir [76].



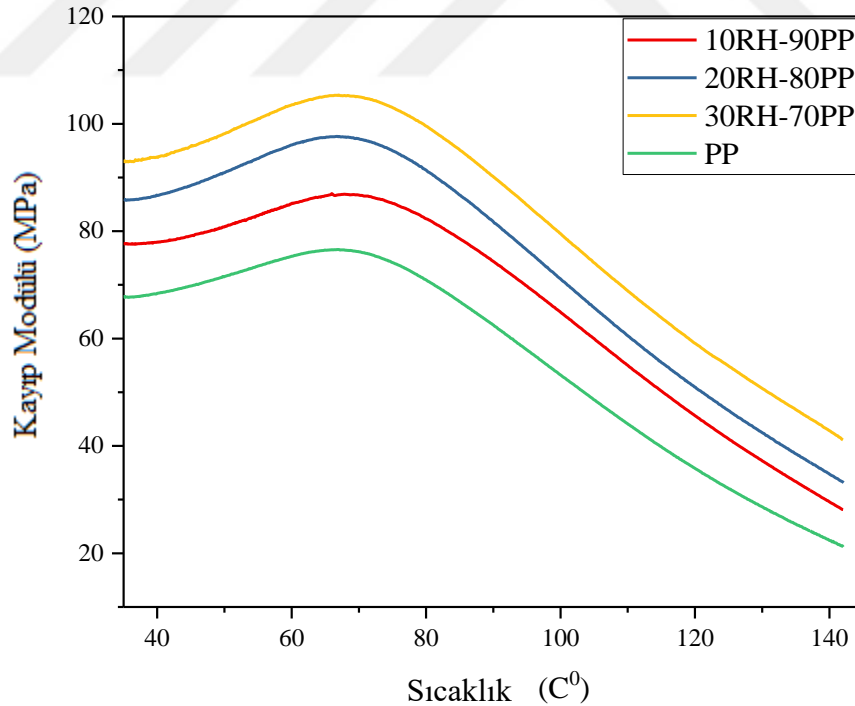
Şekil 4.10: PP ve RH-PP Kompozitlerin Depolama Modülü ( $E'$ )'ndeki değişimler



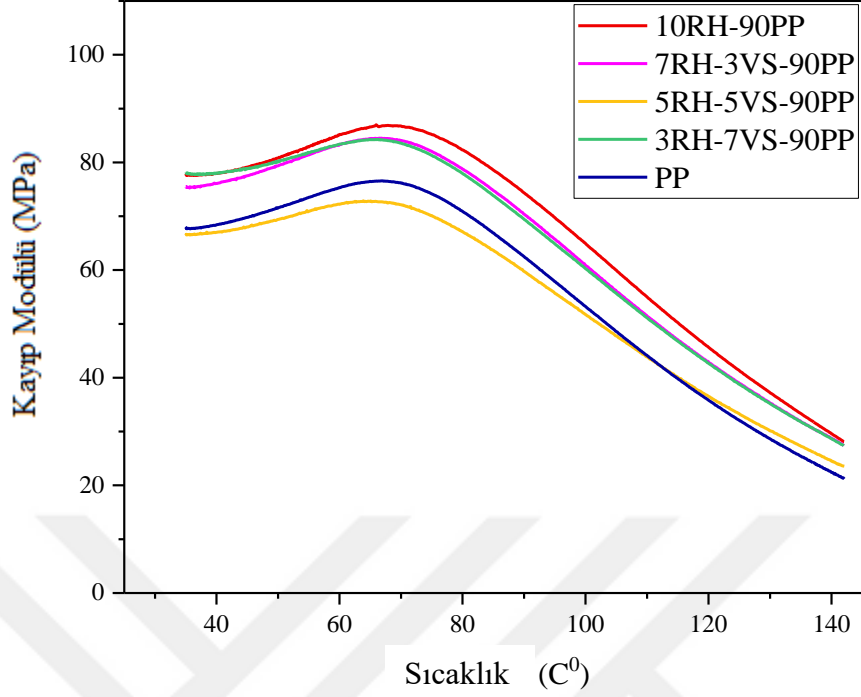
Şekil 4.11: Hibrit Kompozitlerin Depolama Modülü ( $E'$ )'ndeki değişimler

SM<sub>130</sub>/SM<sub>35</sub> oranı, 130°C'deki depolama modülü değerinin 35°C'deki depolama modülü değerine oranı olarak tanımlanabilir. PP, 10RH-90PP, 20RH-80PP ve 30RH-70PP'nin SM<sub>130</sub>/SM<sub>35</sub> oranları sırasıyla 0,165, 0,195, 0,202 ve 0,232 olarak hesaplanmıştır., RH-PP kompozitlerinin yüksek sıcaklıklarda PP'ye göre daha gelişmiş mekanik özelliklere sahip olduğu söylenebilir. PP, 10RH-90PP, 7RH-3VS-90PP, 5RH-5VS-90PP ve 3RH-7VS-90PP'nin SM<sub>130</sub>/SM<sub>35</sub> oranları sırasıyla 0,165, 0,195, 0,196, 0,193 ve 0,198 olarak bulunmuştur. RH-VS-PP hibrit kompozitleri benzer SM<sub>130</sub>/SM<sub>35</sub> oranlarına sahiptir.

Şekil 4.12 ve 4.13'de, PP ve kompozitlerinin kayıp modülündeki (E'') değişim gösterilmektedir. RH-PP kompozitlerinin ve 5RH-5VS-90PP kompoziti haricinde RH-VS-PP hibrit kompozitlerinin E'' değeri, tüm sıcaklık aralığında PP'ninkinden daha yüksektir. Kayıp modülü, PP içerisine katılan RH oranı arttıkça artmaya devam etmiştir. RH oranının artması ile PP'nin kayıp modülü değerlerinde artış, polimerin enerji emilimindeki azalmaya bağlanabilir [77]. Ayrıca, RH-VS-PP kompozitlerin kayıp modül değerleri genel olarak tüm sıcaklık skalası boyunca 10RH-90PP değerinden daha düşüktür.

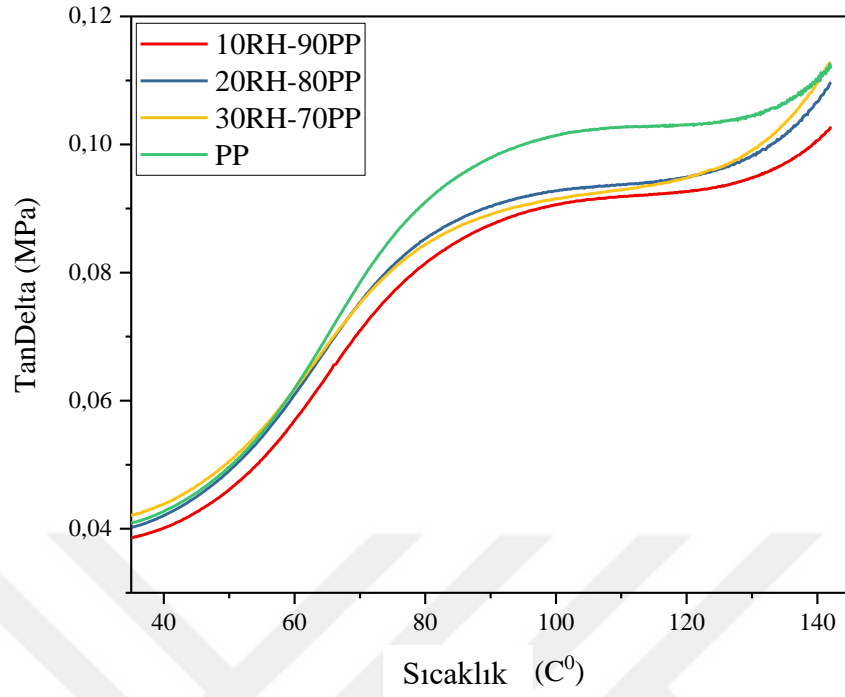


Şekil 4.12: PP ve RH-PP Kompozitlerin Kayıp Modülü (E'')'ndeki değişimler

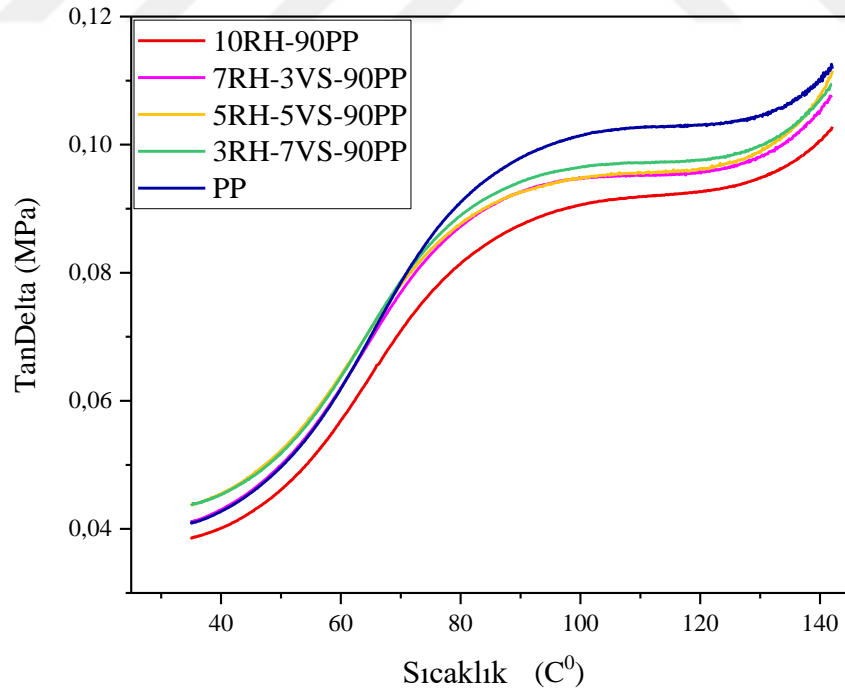


**Şekil 4.13:** Hibrit Kompozitlerin Kayıp Modülü ( $E''$ )'ndeki değişimler

Tüm kompozitler için tan delta değişimleri Şekil 4.14 ve 4.15'de gösterilmektedir. Tan delta değişimi dolgu malzemesi ve polimer matrisi arasındaki arayüzey özellikleriyle ilişkili olabilir. Partiküller ile dolgulu bir polimerik malzemeye gerilim uygulandığında, polimer matrisi ve dolgu malzemesi arayüzeyinde ve matriste enerji kaybı gerçekleşir [78]. Nispeten daha güçlü bir arayüz, daha az enerji kaybı ve daha düşük tan delta tepe noktası şiddeti ile tanımlanabilir [79;80]. RH partikülleri ile PP matrisinin kuvvetli etkileşimi RH yüklemesinde görülebilir. Ayrıca, PP'nin Tan delta pik yüksekliği, RH ve VS yüklemesinden sonra da düşüktür. Partikül yüklemesi arayüzeydeki moleküler zincir hareketliliğinin azalmasına neden olur ve tan delta pikinin şiddetini azaltır [81]. 10RH-90PP kompozitinin Tan delta pik şiddeti hibrit kompozitlerinkinden daha düşüktür. Hibrit kompozitler için, VS partiküllerinin Tan delta pik yüksekliği üzerinde daha az etkiye sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 4.14: PP ve RH-PP Kompozitlerin Tan Delta değişimleri



Şekil 4.15: Hibrit Kompozitlerin Tan Delta değişimleri

#### 4.5 Termogravimetrik Analiz (TGA)

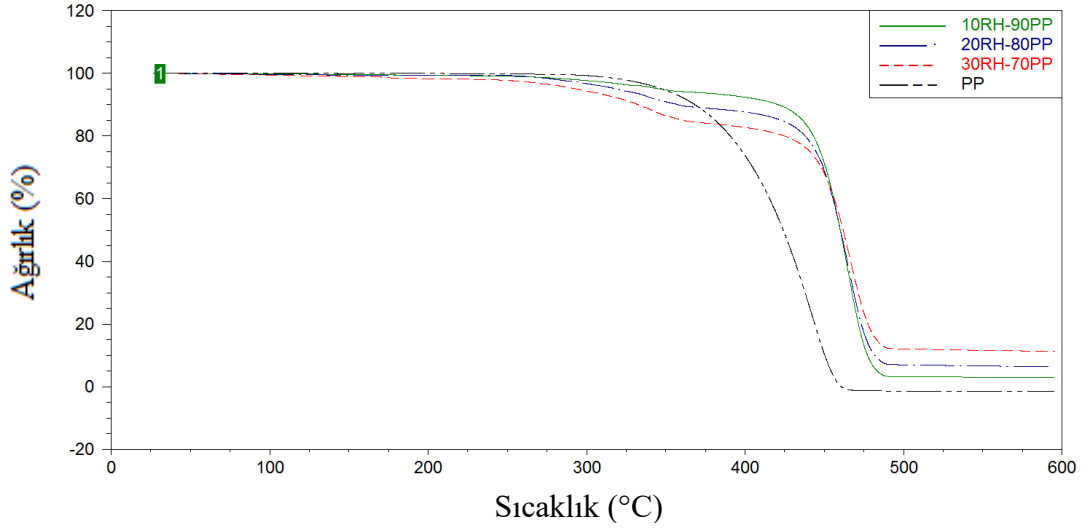
PP, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin termogravimetrik analiz grafikleri Şekil 4.16 ve 4.17'de gösterilmektedir. PP ve kompozitlerin termal bozunma sıcaklıkları ve kütle kayıpları da Tablo 4.3'te verilmiştir.

**Tablo 4.3:** PP ve kompozitlerinin bozunma sıcaklıkları ve kütle kayıpları.

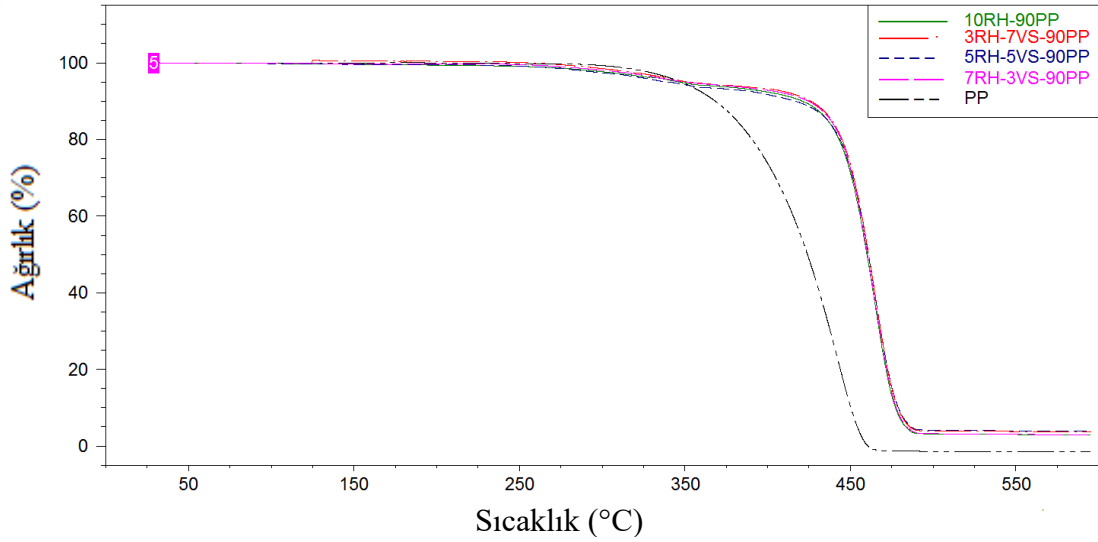
Numune Adı	T <sub>onset1</sub> (°C)	Kütle kaybı T <sub>onset1</sub> (%)	T <sub>onset2</sub> (°C)	Kütle kaybı T <sub>onset2</sub> (%)	T <sub>max</sub> (°C)	Kütle kaybı (%)
PP	-	-	283,78	97,60	443,07	97,60
10RH-90PP	236,82	6,80	368,99	90,71	465,35	97,51
20RH-80PP	236,38	10,84	382,22	82,76	465,29	93,60
30RH-70PP	227,08	14,42	384,17	74,24	466,77	88,66
7RH-3VS-90PP	238,83	5,39	368,51	91,66	464,58	97,05
5RH-5VS-90PP	244,70	5,96	371,94	90,22	465,47	96,18
3RH-7VS-90PP	254,49	6,44	392,49	89,88	465,20	96,32

\*T<sub>onset1</sub>: Birincil Bozunma Sıcaklığı, T<sub>onset2</sub>: İkincil Bozunma Sıcaklığı, T<sub>max</sub>: Maksimum Bozunma Sıcaklığı.

PP polimeri oda sıcaklığından 600°C sıcaklığa kadar tek adımlı bir bozunma işlemi gerçekleştirirken, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitleri ise iki adımlı bir bozunma işlemi gerçekleştirir. Kompozitler için ilk adım tarımsal atık partiküllerinin termal ayrışmasından ve ikinci aşama ise PP'nin termal ayrışmasından kaynaklanmaktadır [75]. Tablo 4.3'ten, RH-PP kompozitlerinin Tonset1 değerinin artan RH miktarı ile azaldığı görülebilir. Bununla birlikte, RH-VS-PP hibrit kompozitlerin Tonset1 değeri artan VS miktarı ile artar. PP, 10RH-90PP, 20RH-80PP ve 30RH-70PP'nin maksimum bozunma sıcaklıkları sırasıyla 443,07, 465,35, 465,29 ve 466,77°C'dir. Özellikle, PP'ye %10 RH eklenildiğinde, PP'nin maksimum bozunma sıcaklığında önemli bir artış olmuştur. RH yüklemesinin PP'nin maksimum bozunma sıcaklığını etkilediği söylenebilir. Ayrıca, 7RH-3VS-90PP, 5RH-5VS-90PP ve 3RH-7VS-90PP için maksimum bozunma sıcaklıkları sırasıyla 464,58, 465,47 ve 465,20°C olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 4.16:** PP ve RH-PP kompozitlerin TGA grafikleri



**Şekil 4.17:** PP ve RH-VS-PP kompozitlerin TGA grafikleri

10RH-90PP'nin termal bozunma sıcaklığı ile karşılaştırıldığında, RH yerine VS eklenmesi neticesinde oluşturulan hibrit kompozitin maksimum bozunma sıcaklığı üzerinde herhangi bir etki yapmamıştır. Diğer yandan, maksimum bozunma sıcaklıkları dikkate alındığında, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerinin termal stabilitesinde bir artış olduğu söylenebilir. Ayrıca, TGA sonuçları PP, 10RH-90PP, 20RH-80PP ve 30RH-70PP'nin 600°C'ye kadar olan kütle kayıplarının sırasıyla %97,60, %97,51, %93,60 ve %88,66 olduğunu göstermektedir. PP içerisine katılan RH miktarının artmasıyla kütle kayıplarının azaldığı belirtilebilir. Ayrıca, 7RH-3VS-90PP, 5RH-5VS-90PP ve 3RH-7VS-90PP'nin 600°C'ye kadar kütle kayıpları

sırasıyla %97,05, %96,18 ve %96,32 olarak bulunmuştur. RH-VS-PP kompozitlerin 600°C'ye kadar kütle kayıpları, 10RH-90PP'ye kıyasla hafifçe azalmıştır.

#### 4.6 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ve Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

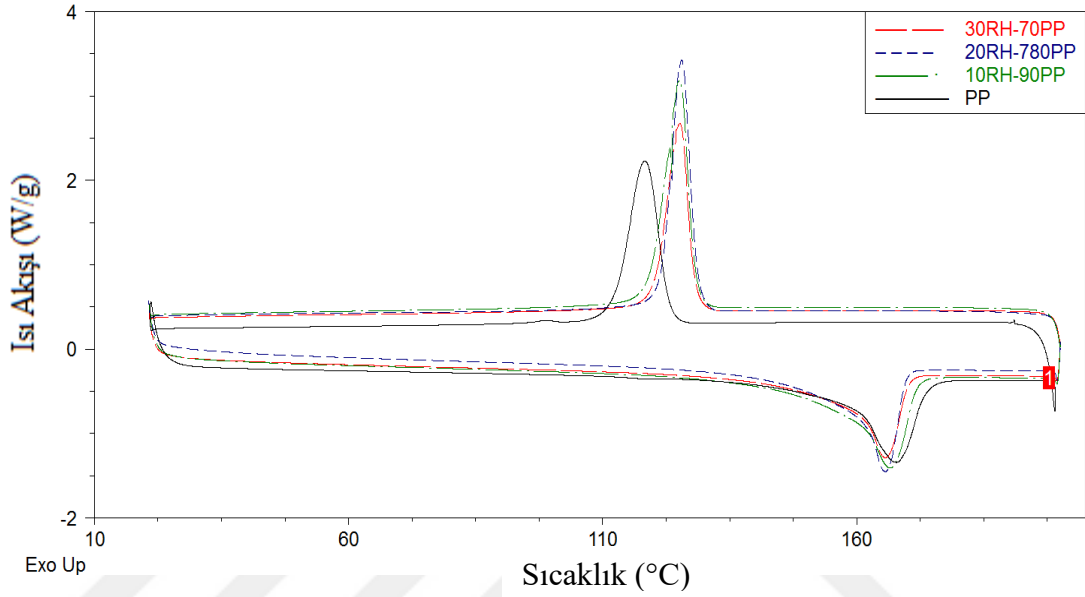
DSC, bir numunenin ve referansın sıcaklığını artırmak için gereken ısı miktarındaki farkın, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü bir termoanalitik tekniktir. DTA yöntemi numune ile referans malzemesinin, numunenin belirli bir atmosferde programlanmış olarak, numune ve referans malzeme arasındaki sıcaklık farkının zamana veya sıcaklığa karşı izlendiği bir tekniktir [67]. DSC verileri, erime sıcaklığı ( $T_m$ ), kristalleşme sıcaklığı ( $T_c$ ), erime entalpisi ( $\Delta H_m$ ), kristalleşme entalpisi ( $\Delta H_c$ ) ve kristallik derecesi ( $X_c$ ) içerir. Kompozitlerin DSC eğrileri Şekil 4.18 ve 4.19'da gösterilmiştir ve DSC verileri Tablo 4.4'te özetlenmiştir. Numunelerin kristalite derecesi ( $X_c$ ) referans makaleye göre hesaplanmıştır [82]. %100 kristalize PP'nin erime entalpisi 209 J/g olarak alınmıştır [83].

**Tablo 4.4:** PP, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin DSC verileri

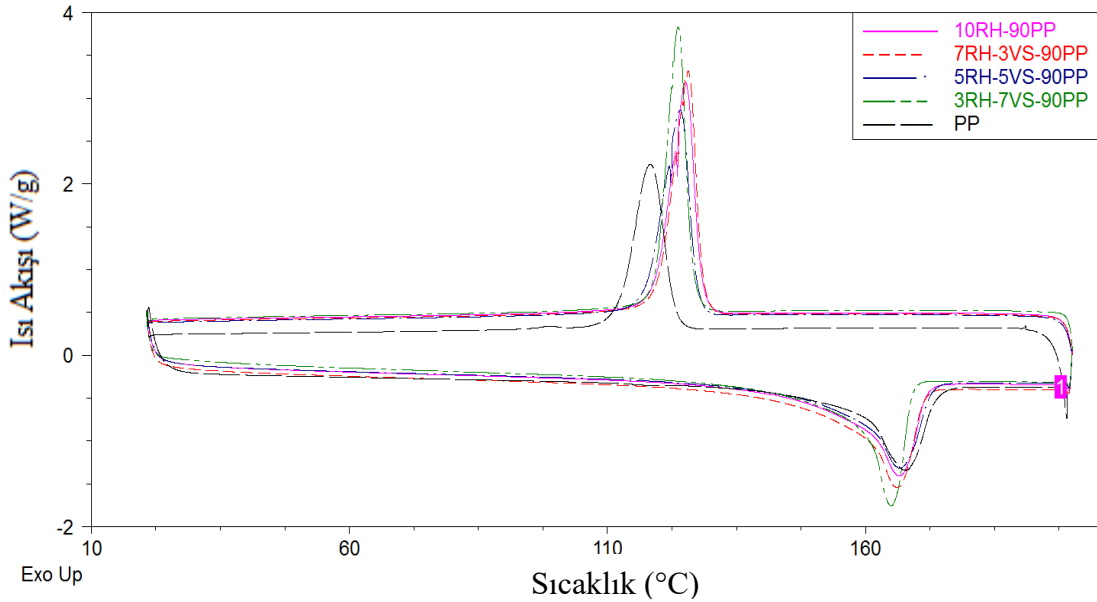
Numune Adı	$T_m$ (°C)	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	$\Delta H_m$ (J/g)	$X_c$ (%)
PP	165,63	122,40	98,03	87,38	41,81
10RH-90PP	166,46	125,18	100,60	87,93	46,74
20RH-80PP	165,56	125,52	93,03	81,62	48,82
30RH-70PP	165,55	125,17	79,74	72,48	49,54
7RH-3VS-90PP	166,06	125,66	102,60	91,57	48,68
5RH-5VS-90PP	166,73	124,06	97,95	88,71	47,16
3RH-7VS-90PP	164,92	123,73	100,80	87,71	46,63

RH veya/ve VS'nin PP'nin erime sıcaklığı üzerinde çok az bir etkisi olduğu görülmüştür. PP'nin erime sıcaklığındaki küçük değişiklikler, PP'nin kristal boyutunun önemli şekilde değişmediğini göstermektedir [84]. Tablo 4.4'ten görülebileceği gibi, PP matrisli kompozitlerin  $T_c$  değerleri PP'nin  $T_c$  değerinden daha yüksektir.  $T_c$ 'deki artışın RH'nin çekirdeklenme etkisine bağlı olduğu düşünülebilir [85]. Doğal lifler, heterojen çekirdeklenme için doğrudan doğruya hareket ederler ve

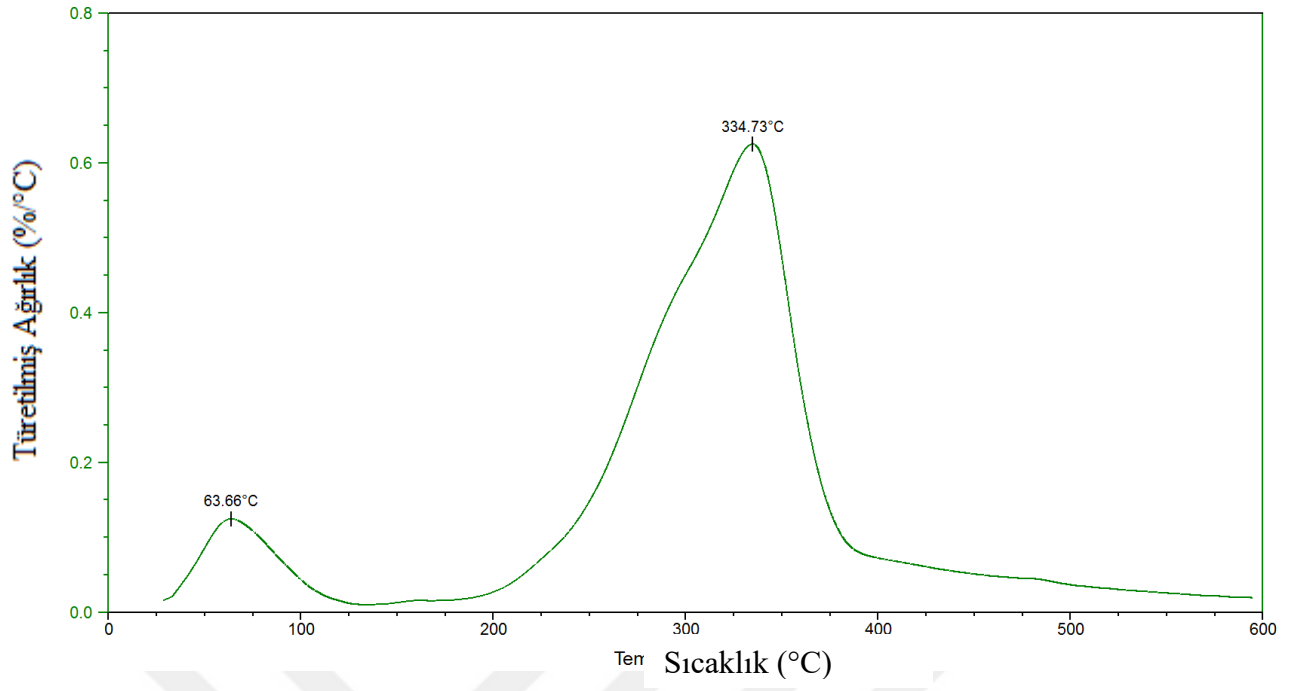
böylece matris malzemesinin kristalleşmesini etkilerler [46]. PP'ye RH eklenilmesi PP'nin kristalleşmesini iyileştirmiştir, çünkü RH-PP kompozitlerin  $T_c$ 'si, PP'ninkine göre 2,8-3,1°C artmıştır. PP matrisindeki RH partiküllerinin etkilerine bağlı olarak, RH-PP kompozitleri daha yüksek bir sıcaklıkta kristalleşmeye başlayabilir. Yukarıda belirtildiği gibi, eğer RH partikülleri PP matrisinde heterojen çekirdekleşme sağlayabiliyorsa, kompozit eriyiklerin kristalleşmesini arttırmak için yararlı olacaktır.



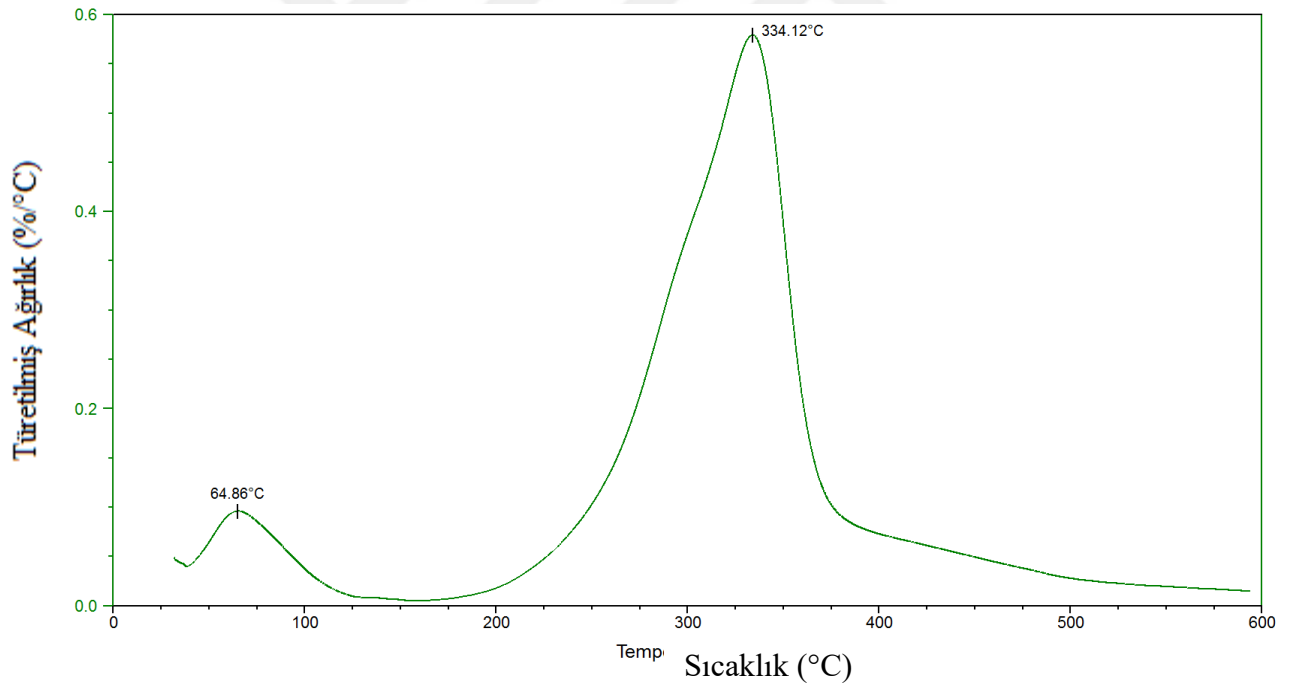
**Şekil 4.18:** PP ve RH-PP Kompozitlerinin DSC Eğrileri



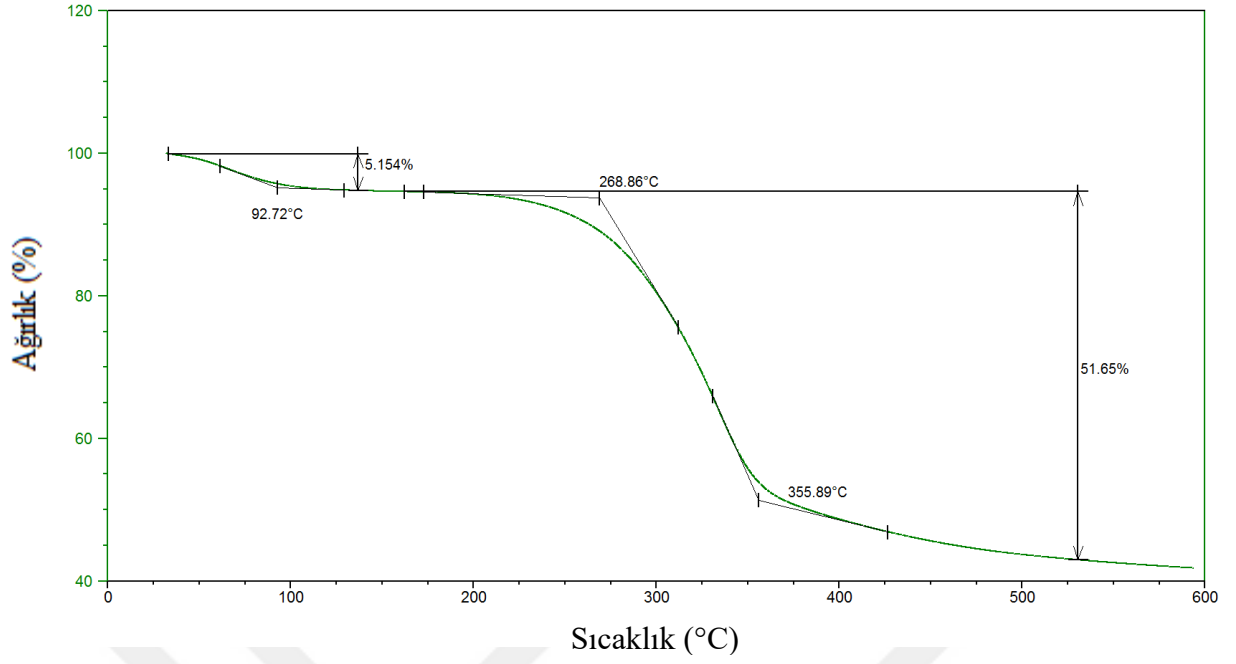
**Şekil 4.19:** PP ve RH-VS-PP Hibrit Kompozitlerinin DSC Eğrileri



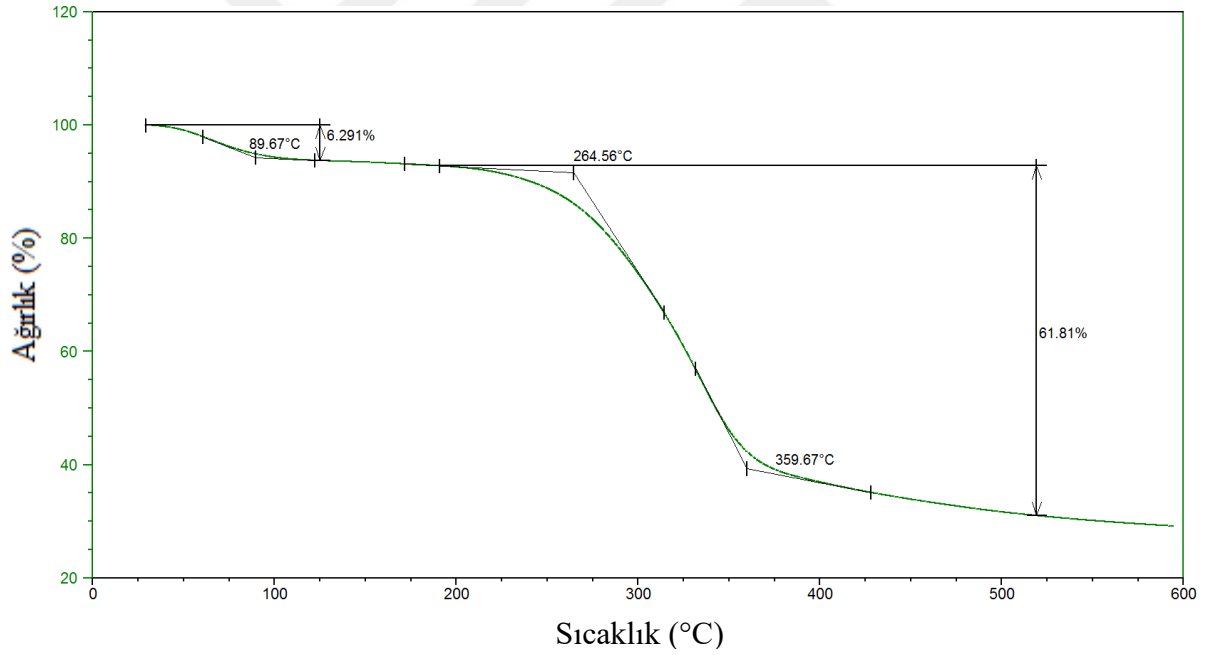
Şekil 4.20: Bağ Çubuğu TGA Grafiği



Şekil 4.21: Pirinç Kabuğu TGA Grafiği



Şekil 4.22: Pirinç Kabuğu DTA grafiği



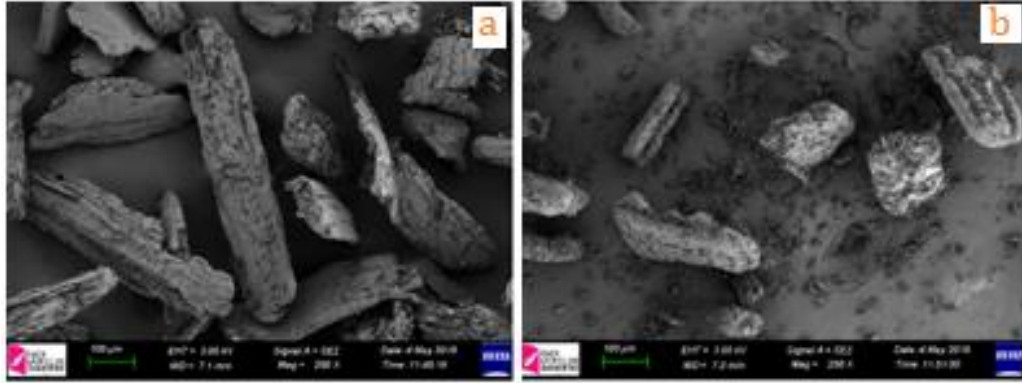
Şekil 4.23: Bağ Çubuğu DTA Grafiği

Bununla birlikte, RH-PP kompozitinde RH yerine VS kullanımı neticesinde özellikle VS miktarında artışla birlikte  $T_c$ 'yi azaltmıştır. Ayrıca,  $\Delta H_c$  ve  $\Delta H_m$  değerlerinin PP'ye %10 RH eklenmesi ile artmıştır. Bununla birlikte,  $\Delta H_c$  ve  $\Delta H_m$  değerleri RH yüklemesinin artmasıyla azalmıştır.  $\Delta H_c$  ve  $\Delta H_m$  değerleri 10RH-90PP'e göre 7RH-3VS-90PP hibrit kompozitinde artmıştır.  $X_c$ 'nin PP içerisine yüklenen RH miktarının

artması ile arttığı görülebilir. Bu durum RH partiküllerinin çekirdeklenme etkisini gösterir. PP'ye yüklenen RH ile PP'nin  $X_c$ 'sini %4.9-7.7 oranında artırmıştır. 30RH-70PP kompoziti en yüksek kristalite derecesine sahiptir. RH-PP kompozitlere RH yerine ağırlıkça %3 VS ve %5 VS eklenildiğinde, RH-VS-PP kompozitlerinin kristalite derecesinin 10RH-90PP'ye kıyasla arttığı görülebilir. RH yerine ağırlıkça %3 VS'nin RH-PP kompozit içine dahil edilmesi, 10RH-90PP'ye kıyasla kompozitin  $X_c$ 'sini yaklaşık %2 artırmıştır. 7RH-3VS-90PP kompoziti hibrit kompozitler arasında en yüksek kristalite derecesine sahiptir.

#### 4.7 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

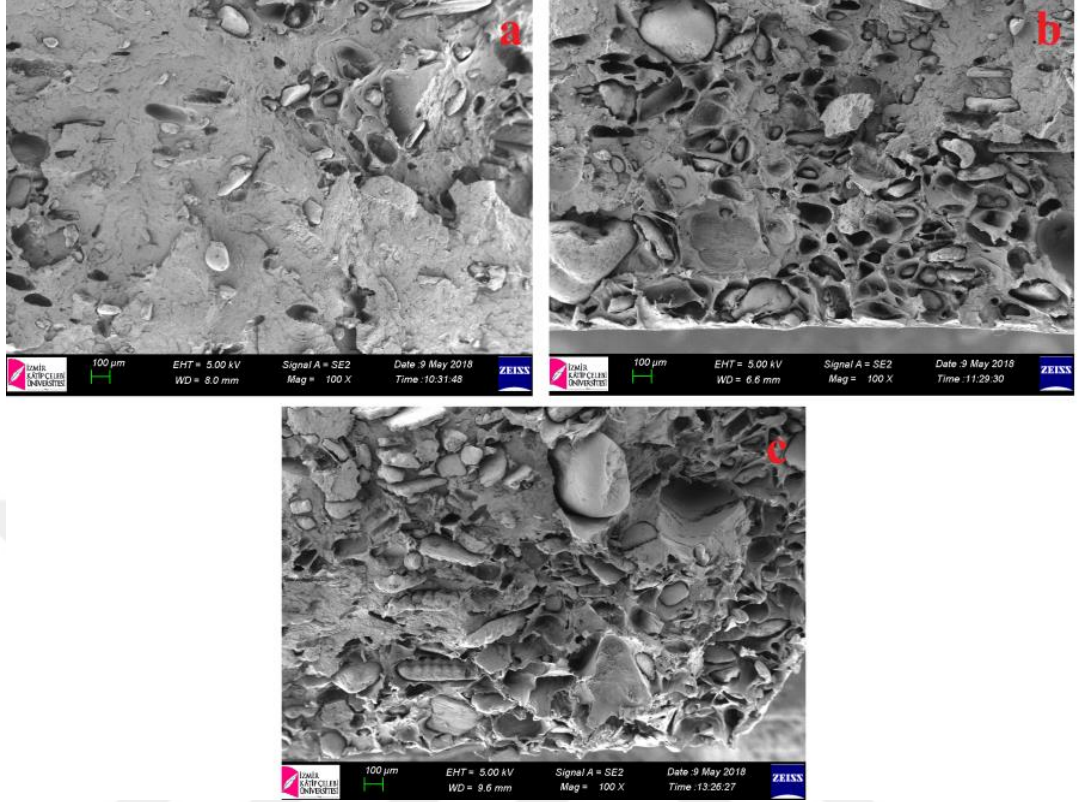
VS ve RH partiküllerinin morfolojik resimleri Şekil 4.24'de verilmiştir. VS parçacıkları genel olarak yüksek yüzey görünüş oranına (aspect ratio) sahiptir. VS ve RH partiküllerinin morfolojileri düzensiz şekilli ve yüzeyler pürüzlüdür. Bu düzensiz şekilli parçacıkların keskin köşeleri, mekanik yüklenme sırasında PP matrisinde gerilme konsantrasyon alanları oluşturabilir. Bununla birlikte, pürüzlü yüzeyler partikül ve PP matrisi arasındaki mekanik bağlanmayı artırabilir.



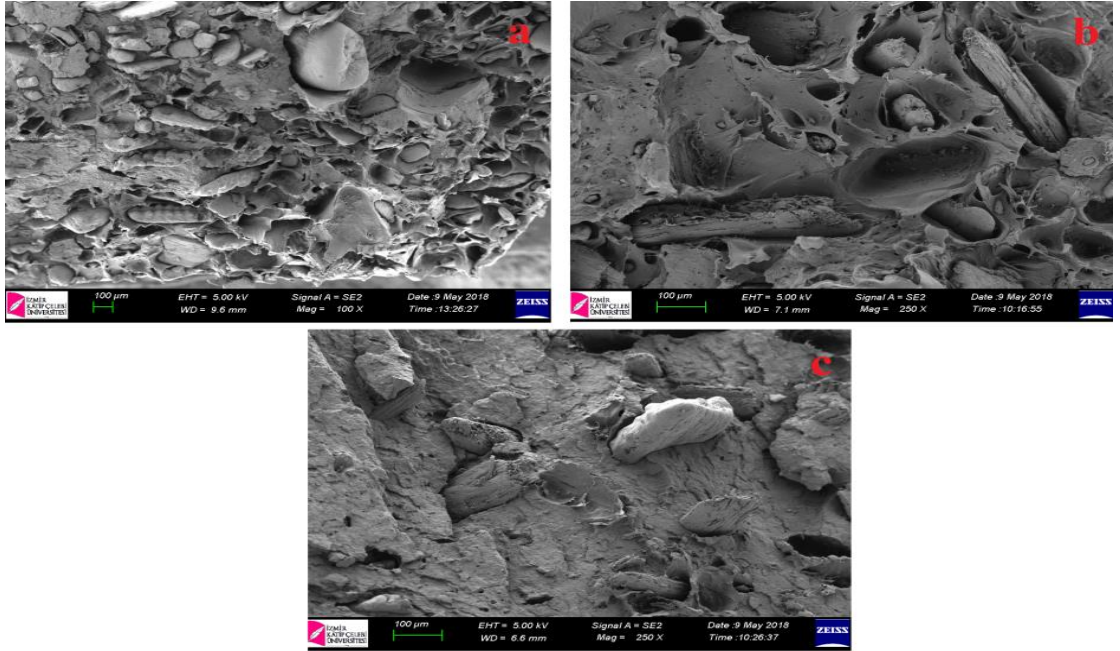
Şekil 4.24: a) VS and b) RH partiküllerinin SEM görüntüleri.

RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerin çekme testlerinden sonra kopma yüzeylerinden alınan SEM resimleri sırasıyla Şekil 4.24 ve 4.25'de gösterilmiştir. RH'nin PP matrisine iyi bir şekilde dağıldığı Şekil 4.24 a-b'den görülebilir. PP'ye eklenen RH ile dolgu-matris arayüzey alanının arttığı söylenebilir ve bu durumun hidrofilik RH partikülleri ile hidrofobik PP matrisi arasındaki arayüzey yapışmasını kötüleştirdiği görülebilir (Şekil 4.24). RH partiküllerinin PP matrisinden çıktığı (pull-out) oluşan

deliklerden anlaşılmaktadır. RH ve VS parçacıklarının PP matrisine iyi dağılımı, Şekil 4.25 a-c'den görülebilir.



Şekil 4.25: a) 10RH-90PP, b) 20RH-80PP, c) 30RH-70PP kompozitlerinin SEM görüntüleri.



Şekil 4.26: a) 7RH-3VS-90PP, b) 5RH-5VS-90PP, c) 3RH-7VS-90PP kompozitlerinin SEM görüntüleri.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma, polipropilen matrisli kompozitlerinin imalatında pirinç kabuğu ve bağ çubukları gibi tarımsal atıkların kullanımının uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır. Pirinç kabuğu ve bağ çubukları hibrit etki yaratarak polipropilenin eğilme mukavemetini, başlangıçta bozunma sıcaklıklarını ve kompozitin  $X_c$ 'sini arttırdığı gözlenmiştir. RH yerine %3 VS'nin RH-PP kompozit içine dahil edilmesi, 10RH-90PP'ye kıyasla kompozitin  $X_c$ 'sinde (yaklaşık %2) artmaya neden olmuştur. PP matris içerisine ağırlıkça %10 RH katılması PP'nin çekme mukavemetini önemli miktarda arttırmış, ancak daha fazla RH yüklemesi yapıldığında çekme mukavemetinde azalma gözlenmiştir. RH-PP kompozitlerin eğilme mukavemeti PP'ninkinden daha yüksektir. RH-PP kompozitlerin arasında en iyi eğilme mukavemeti 20RH-80PP kompozitinde tespit edilmiş iken, tüm kompozitler arasında en yüksek eğilme mukavemeti 3RH-7VS-90PP hibrit kompozitinde incelenmiştir. RH-PP kompozitlerin depolama modülü değerleri RH yüklemesi ile tüm sıcaklık aralığında boyunca artar. Bununla birlikte, 10RH-90PP'ye kıyasla RH yerine VS'nin, ilave edilmesi hibrit kompozitlerin depolama modülü azaltmıştır. RH-PP kompozitlerinin  $T_{onset1}$ 'i artan RH miktarı ile azalırken, hibrit kompozitlerde RH yerine VS kullanılması ve VS oranının artması ile  $T_{onset1}$ 'de artırmaktadır. Maksimum bozunma sıcaklığı dikkate alındığında, RH-PP ve RH-VS-PP kompozitlerinin termal stabilitesinin tarımsal atıklar ile artış gösterdiği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] Han, J.S. (1998). Properties of Nonwood Fibers, In: Proceedings of The Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting, Korea, pp. 3–12
- [2] Ashori, A. (2008). Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries! *Bioresource Technology*. 99(11): p. 4661-4667.
- [3] Saheb, D.N. & Jog, J. (1999). Natural fiber polymer composites: a review. *Advances in polymer technology*. 18(4): p. 351-363.
- [4] Hong, H., Liao H., He H., Zhang H. (2014). Significant improvement in performance of recycled polyethylene/wood flour composites by synergistic compatibilization at multi-scale interfaces. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 64, 90-98.
- [5] Tang, W. & M.H. Santare, and S.G. Advani (2003). Melt processing and mechanical property characterization of multi-walled carbon nanotube/high density polyethylene (MWNT/HDPE) composite films. *Carbon*. 41(14): p. 2779-2785.
- [6] Ashori, A. & Nourbakhsh A. (2010). Reinforced polypropylene composites: effects of chemical compositions and particle size. *Bioresource technology*. 101(7): p. 2515-2519.
- [7] Wu, C.L., Zhang, M.Q., Rong, M.Z., Friedrich, K. (2002). Tensile performance improvement of low nanoparticles filled-polypropylene composites. *Composites Science and Technology*. 62(10): p. 1327-1340.
- [8] Ramasubramaniam, R., J. Chen, and H. Liu (2003). Homogeneous carbon nanotube/polymer composites for electrical applications. *Applied Physics Letters*. 83(14): p. 2928-2930.
- [9] Hotta, S., S. Rughooputh, and A. Heeger,(1987). Conducting polymer composites of soluble polythiophenes in polystyrene. *Synthetic metals*. 22(1): p. 79-87.

- [10] De Paoli, M.A., Waltman R.J., Diaz, A.F., Bargon J., (1985) An electrically conductive plastic composite derived from polypyrrole and poly (vinyl chloride). *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition*. 23(6): p. 1687-1698.
- [11] Sun, S., Chunzong L., Zhang L., Du H. (2006). Effects of surface modification of fumed silica on interfacial structures and mechanical properties of poly (vinyl chloride) composites. *European polymer journal*. 42(7): p. 1643-1652.
- [12] Xie, Y., Hill, C.A.S., Xiao, Z., Militz H. (2010). Silane coupling agents used for natural fiber/polymer composites: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 41(7): p. 806-819.
- [13] Joshi, S.V. Drzal L.T., Mohanty A.K., Arora S., (2004). Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*,. 35(3): p. 371-376.
- [14] Yordem, O.S. and A.J. Lesser (2010). Reinforcing thermosets with crystallizable solvents. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 48(8): p. 840-849.
- [15] Thomas, R., P. Vijayan, and S. Thomas (2011). 4. Recycling of thermosetting polymers: Their blends and composites. *Recent Developments in Polymer Recycling*. 121: p. 153.
- [16] Van de Velde, K. and P. Kiekens (2001). Thermoplastic pultrusion of natural fibre reinforced composites. *Composite Structures*. 54(2): p. 355-360.
- [17] Mantell, S.C. and G.S. Springer (1992). Manufacturing process models for thermoplastic composites. *Journal of Composite Materials*. 26(16): p. 2348-2377.
- [18] Clemons, C. (2002). *Wood-plastic composites in the United States: The interfacing of two industries*.
- [19] Yıldızhan, Şafak & Çalık, Ahmet & Ozcanli, Mustafa & Serin, Hasan (2018). Bio-composite materials: A short review of recent trends, mechanical and chemical properties, and applications.
- [20] Acar, H., Salan, T., Altuntaş, E., Alma, M. H. (2014). Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) ve Atık Pirinç Saplarından Üretilen Kompozitlerin Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, 808-818.

- [21] Bledzki, A.K., Gassan, J. (1999). Composites Reinforced with Cellulose Based Fibres, *Progress in Polymer Science*, 24, 221–274. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6700\(98\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6700(98)00018-5)
- [22] Bledzki, A.K., Sperber, V.E., Faruk, O. (2002). Natural and Wood Fibre Reinforcement in Polymers. *Rapra Review Reports Volume 13* (8), UK, 144s.
- [23] Bujjibabu, G., Chittaranjan Das, V., Ramakrishna, M., Nagarjuna, K. (2018). Mechanical and Water Absorption Behavior of Natural Fibers Reinforced Polypropylene Hybrid Composites, *Materials Today: Proceedings*, 5, 12249–12256. [doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.202](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.202)
- [24] Edhirej, A., Sapuan, S.M., Jawaid, M., Zahari, N.I. (2017). Cassava/Sugar Palm Fiber Reinforced Cassava Starch Hybrid Composites: Physical, Thermal and Structural Properties, *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 75–83. Doi: [10.1016/j.ijbiomac.2017.03.045](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.045).
- [25] Reis, K. C., Pereira, L., Melo, I. C. N. A., Marconcini, J. M., Trugilho, P. F., Tonoli, G. H. D. (2015). Particles of Coffee Wastes as Reinforcement in Polyhydroxybutyrate (PHB) Based Composites, *Materials Research*, 18(3), 546-552. DOI: [dx.doi.org/10.1590/1516-1439.318114](https://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.318114)
- [26] Islam, Md. S., Hasbullah, N. A. B., Hasan, M., Talib, Z. A., Jawaid, M., Haafiz M.K.M. (2015). Physical, Mechanical and Biodegradable Properties of Kenaf/Coir Hybrid Fiber Reinforced Polymer Nanocomposites, *Materials Today Communications*, 4, 69–76. [doi.org/10.1016/j.mtcomm.2015.05.001](https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2015.05.001)
- [27] El Messiry, M. El Deeb, R. (2016). Analysis of the Wheat Straw/Flax Fiber Reinforced Polymer Hybrid Composites, *Journal of Applied Mechanical Engineering*, 5:6, doi:[10.4172/2168-9873.1000240](https://doi.org/10.4172/2168-9873.1000240)
- [28] Sanjay, M.R., Madhu, P., Jawaid, M., Senthamaraiannan, P., Senthil, S., Pradeep, S. (2018). Characterization and Properties of Natural Fiber Polymer Composites: A Comprehensive Review, *Journal of Cleaner Production*, 172, 566-581. DOI: [10.1016/j.jclepro.2017.10.101](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.101)
- [29] Rosa, S. M. L., Santos, E. F., Ferreira, C. A., Nachtigall, S.M.B. (2009). Studies on the Properties of Rice-Husk-Filled-PP Composites-Effect of Maleated PP, *Materials Research, Cilt. 12* (3), s. 333-338. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392009000300014>

- [30] Silva, R.V., Aquino, E.M.F. (2008). Curauá Fiber: A New Alternative to Polymeric Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, *Cilt.* 27(1), 103-112. <https://doi.org/10.1177/07316844080270010301>
- [31] Wang, W., Sain, M. Cooper, P.A. (2006). Study of Moisture Absorption in Natural Fiber Plastic Composites, *Composites Science and Technology*, 66(3-4), 379-386. doi:10.1016/j.compscitech.2005.07.027
- [32] Sanadi, A.R., Caulfield, D.F., Rowell. R.M. (1994). Reinforcing Polypropylene with Natural Fibers, *Plastics Engineering*, 50(4), 27-28.
- [33] Merajul, H.M., Hasan, M. (2018). Influence of Fiber Surface Treatment on Physicomechanical Properties of Betel Nut and Glass Fiber Reinforced Hybrid Polyethylene Composites, *Advances in Materials and Processing Technologies*, 4 (3),511-525.  
<https://doi.org/10.1080/2374068X.2018.1465322>
- [34] Haque, M.M., Hasan, M. (2016). Mechanical Properties of Betel Nut and Glass Fibre Reinforced Hybrid Polyethylene Composites, *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 13 (3), 3763-3772. DOI: <https://doi.org/10.15282/ijame.13.3.2016.18.0308>
- [35] Zainudin, E.S., Yan,L.H., Haniffah, W.H., Jawaid, M., Alothman, O.Y. (2014). Effect of Coir Fiber Loading on Mechanical and Morphological Properties of Oil Palm Fibers Reinforced Polypropylene Composites, *Polymer Composites*, 35, 1418-1425. <https://doi.org/10.1002/pc.22794>
- [36] Jawaid, M., Abdul Khalil, H.P.S. (2011). Cellulosic/Synthetic Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review, *Carbohydrate Polymers*, 86, 1-18. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.04.043
- [37] Velmurugan, R., Manikandan, V. (2007). Mechanical Properties of Palmyra/Glass Fiber Hybrid Composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(10), 2216-2226.  
DOI: 10.1016/j.compositesa.2007.06.006
- [38] Atuanya C. U, Olaitan S. A, Azeez, T. O, Akagu C. C, Onukwuli O. D and Menkiti M. C (2013): Effect of rice husk filler on mechanical properties of polyethylene matrix composite *IJCR*; 5 (15): 111-118.
- [39] Korucu T, Mengeloğlu F (2007). Potentials of Agricultural Residues as Raw Materials and Their Alternative Usage Possibilities in Turkey. *24th National Agricultural Mechanization Congress*, Kahramanmaraş, 297-307.

- [40] Yıldırım A (2007) Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [41] Simonsen J (1995). The Mechanical Properties Of Wood Fiber Plastic Composites: Theoretical vs. Experimental. in: Proceedings of Wood Fiber Plastic Composites, Forest Products Society, Proceedings No. 7293, 47-55.
- [42] Matuana LM, Heiden PA (2004). Wood Composites, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 12: 521-546.
- [43] Karakuş K (2008). Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- [44] Arslan,M.B., Karakuş,B., Güntekin,E. (2007). Tarımsal Atıklardan Lif ve Yonga Levha Üretimi, 9(12),54-62.
- [45] Saraçoğlu, N., (2008). Biyokütleden Enerji Üretiminde Enerji Ormancılığının Önemi, *VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 265-272, İstanbul.
- [46] Mohamed, M. M. F., Mohamed, R., Azız, N. Z. A., (2016). Effect of Flexural and Thermal Properties of Sustainable Kenaf Fibre and Rice Husk with Mineral Filled PP Hybrid Composite, 63rd The IIER International Conference, 28 February, Phuket, Thailand, 25-29.
- [47] DİE(TÜİK), 2007. Tarım İstatistikleri Özeti 1988–2007. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. ISSN 1300–1213.
- [48] Wallheimer, Brian (2010). "Rice hulls a sustainable drainage option for greenhouse growers".
- [49] D.A.Skoog, D.M. West, II. Ed., (1981) Principles of Instrumental Analysis.
- [50] Hon, D.N.S., Shiraishi, N. (2001). Wood and cellulose chemistry, Marcel Dekker, New York and Basel.
- [51] Anwar, Z., Gulfraz, M., Irshad, M. (2014). Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7, 163-173.
- [52] Adıgüzel, A.O. (2013). Lignoselülozik materyallerden biyoetanol üretimi için kullanılan ön-muamele ve hidroliz yöntemleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(3), 381-397.

- [53] Atuanya C. U, Olaitan S. A, Azeez, T. O, Akagu C. C, Onukwuli O. D and Menkiti M. C (2013): Effect of rice husk filler on mechanical properties of polyethylene matrix composite *IJCR*; 5 (15): 111-118.
- [54] Nwanonenyi, S. C, Obidegwu, M. U (2012), “Analysis of Mechanical Properties of Low Density Polyethylene/Rice- Husk Composite using Micro Mathematical Model Equations”, *IOSR Journal of Engineering*, Vol. 2 (3) pp: 399-407.
- [55] Nwanonenyi, S. C, Ohanuzue, B. C.(2011) “Effect of Rice-Husk Filler on some mechanical and end use properties of Low Density Polyethylene” *Journal of Technology and Education in Nigeria*” Vol 16, No 1.
- [56] B. Dimzoski, G., Bogoeva-Gaceva, G. Gentile, M. Avella, and A. Grozdanov (2009) “Polypropylene-based Eco-composites Filled with Agricultural Rice Hulls Waste”. *Chem. Biochem. Eng*, Vol. 23, Issues 6, pp. 225–230.
- [57] Toro, P., Quijada, R., Murillo, O., Yazdani- Pedram, M (2006) “Study of the morphology and mechanical properties of polypropylene composites with silica or rice- husk”, Vol. 5, Issues 3, pp. 453-465.
- [58] S. M. L. Rosa, S. M. B. Nachtigall and C. A. Ferreira, (2009) “Thermal and Dynamic Mechanical Characteristics of Rice Husk Filled with Polypropylene Composites,” *Macromolecular Research*, Vol. 17, No. 1, pp. 8-13. doi: 10.1007/BF03218594
- [59] Nak-Woon Choi, Ipppei Mori and Yoshiko Ohama (2006): Development of rice husks-plastics composites for building materials; *journal of waste management*, Vol 26 (22): 189-194.
- [60] Vasanta V Chalachagudda, Udayakumar P A and Ramalingaiah (2013) Mechanical characterisation of Coir and rice husk reinforced Hybrid polymer composite; *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 2, (8): 3779-3786.
- [61] Amar, K.M., Manjusri M., Lawrence T.D., (2005). *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. CRC Press, Taylor and Francis.
- [62] Bledzki, A. K., Reihmane S., Gassan J. , (1998). Thermoplastics reinforced with wood fillers. *Polym. Plast. Technol. Eng.* 37, 451-468.

- [63] Chawla, K.K. (1987). *Composite Materials. Science and Engineering.* Springer Verlag, New York.
- [64] Hull, D. and Clyne, T.W. (1996). *An introduction to composite materials.* Cambridge University Press, Cambridge
- [65] Silva RV and Aquino EMF (2008). Curauá fiber: A new alternative to polymeric composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites.*; 27 (1): 103-112.
- [66] Acar H., Salan T., Altuntaş E., Alma M.H. (2014), Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) ve Atık Pirinç Saplarından Üretilen Kompozitlerin Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu.
- [67] Akırmak E (2010). “Tarımsal Atık Şeker Pancarı Küspesi İle Sürekli Çalışan Dolgulu Kolonda Tekli Ve İkili Boyarmadde Ve Metal Gideriminin İncelenmesi” Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [68] Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., and Bidra S (2013) Utilization of Rice Husk and Their Ash: A Review Res. J. Chem. Env. Sci., Volume 1 Issue 5 December 2013: 126-129.
- [69] Faraz, M.I., Bhowmik, S., De Ruijter, C., Laoutid, F., Benedictus, R. , Dubois, Ph., Page, J.V.S., Jeson, S. (2010). Thermal, Morphological, and Mechanical Characterization of Novel Carbon Nanofiber- Filled Bismaleimide Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 117 (4), 2159-2167. <https://doi.org/10.1002/app.31842>
- [70] Gopakumar, T.G., Page, D.J.Y.S. (2005). Compounding of Nanocomposites by Thermokinetic Mixing, *Journal of Applied Polymer Science*, 96, 1557-1563. <https://doi.org/10.1002/app.21597>
- [71] Deka, P.P., Samanta, S. (2015). Experimental Investigation on Mechanical Properties of Rice Husk Filled Jute Reinforced Composites, *International Journal of Materials and Metallurgical Engineering*, 9(12), 1431-1436.
- [72] Shumigin, D., Tarasova, E., Krumme, A., Meier, P. (2011). Rheological and Mechanical Properties of Poly(Lactic) Acid/Cellulose and LDPE/Cellulose Composites, *Materials Science*, 17(1), 32-37. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ms.17.1.245>

- [73] Prithivirajan, R., Jayabal, S., Bharathiraja, G. (2015). Bio-Based Composites From Waste Agricultural Residues: Mechanical and Morphological Properties, *Cellulose Chemistry and Technology*, 49(1), 65-68.
- [74] Phanindra Varma, D., Rama Krishna, T., Madhukiran, J., Lakshmi Poornima, C.H. (2015). Estimation of Mechanical Properties on Pineapple/Jute Hybrid Natural Fiber Composites, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 5(9), 43-47.
- [75] Kaya, N., Atagür, M., Akyüz, O., Seki, Y., Sarıkanat, M., Sütçü, M., Seydibeyoğlu, M.O., Sever, K. (2017). Fabrication and Characterization of Olive Pomace Filled PP Composites, *Composites Part B: Engineering*, In press. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.08.017>
- [76] Palanivel, A., Veerabathiran, A., Duruvasalu, R., Iyyanar, S., Velumayil, R. (2017). Dynamic Mechanical Analysis and Crystalline Analysis of Hemp Fiber Reinforced Cellulose Filled Epoxy Composite, *Polimeros*, 27(4), 309-319. DOI: 10.1590/0104-1428.00516
- [77] Nagarajan, T.T., Suresh Babu, A., Palanivelu, K., Nayak, S.K. (2016). Mechanical and Thermal Properties of PALF Reinforced Epoxy Composites, *Macromolecular Symposia*, 361, 57-63. <https://doi.org/10.1002/masy.201400256>
- [78] Mohanty, S., Verma, S.K., Nayak, S.K. (2006). Dynamic Mechanical and Thermal Properties of MAPE Treated Jute/HDPE Composites, *Composites Science and Technology*, 66, 538–547. DOI:10.1016/j.compscitech.2005.06.014
- [79] Sever, K., Atagür M., Tunçalp, M., Altay, L., Seki Y., Sarıkanat, M. (2018). The Effect of Pumice Powder on Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene, *Journal of Thermoplastic Composite*, In press. DOI: 10.1177/0892705718785692
- [80] Idicula, M., Malhotra, S.K., Joseph, K., (2005). Dynamic Mechanical Analysis of Randomly Oriented Intimately Mixed Short Banana/Sisal Hybrid Fibre Reinforced Polyester Composites, *Composites Science and Technology*, 65, 1077–1087. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2004.10.023>
- [81] Romanzini, D., Ornaghi Jr, H.L., Amico, S.C., Zattera, A. J. (2012). Influence of Fiber Hybridization on the Dynamic Mechanical Properties of

Glass/Ramie Fiber-Reinforced Polyester Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(23), 1652–1661. DOI: 10.1177/0731684412459982

[82] Cheewawuttipong, W., Fuoka, D., Tanoue, S., Uematsu, H., Iemoto, Y. (2013). Thermal and Mechanical Properties of Polypropylene/Boron Nitride Composites, *Energy Procedia*, 34, 808-817.

Doi: 10.1016/j.egypro.2013.06.817

[83] Selvakumar, V., Manoharan, N. (2014). Thermal Properties of Polypropylene/Montmorillonite Nanocomposites, *Indian Journal of Science and Technology*, 7(S7), 136–139.

[84] Rosa, S.M.L., Nachtigall, S.M.B., Ferreira, C.A. (2009). Thermal and Dynamic-Mechanical Characterization of Rice-Husk Filled Polypropylene Composites, *Macromolecular Research*, 17 (1), 8-13

<https://doi.org/10.1007/BF03218594>

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Yaşar Aycan

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 03/09/1992 - Bornova

**E-posta** : ysraycn@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, İzmir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2019, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2015 yılında Satış ve Proje Mühendisi olarak çalışmıştır.
- 2016 yılında Sürekli İyileştirme Mühendisi olarak çalışmıştır.
- 2017 yılında Proje Mühendisi olarak çalışmıştır.
- 2018 yılında Karadağ ülkesinde ithalat ve ihracat ana başlığı altında kendi firmasını kurmuştur.
- 2019 yılında Karadağ ülkesinde yerel bir rent a car firmasında Servis Müdürü olarak işe başlamıştır.
- 2019 yılında Karadağ ülkesinde yabancıların devlet ile işlerine danışmanlık yapmak için Skyline Danışmanlık Firması kurmuştur.
- 2019 yılında Karadağ Ülkesinde Skyline Rent a Car firmasını açmıştır.
- 2019 yılında Karadağ ülkesinde Seagull Cargo&Logistics Firmasını kurarak Türkiye Karadağ arasında Lojistik ve Karadağ yurt içinde kargo dağıtımına başlamıştır.

### DiĞER SUNUMLAR:

- İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Ege University, Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Makine Sanayi A.Ş. Ortak Proje – 25. ICCE Roma İtalya
  - Utilization of agricultural waste fillers in polypropylene-based composites.