

**LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI  
HDPE (YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN)  
ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİLMESİ**

**2015  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Muhammed Nuri GÜNAY**

**LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI HDPE  
(YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN)  
ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİLMESİ**

**Muhammed Nuri GÜNAY**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2015**

Muhammed Nuri GÜNAY tarafından hazırlanan “LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI HDPE (YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN) ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Şeref KURT



Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 16/06/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Şeref KURT (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Fatih YAPICI (OMÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR (KBÜ)



...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Muhammed Nuri GÜNAY

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **LİGNOSELÜLOZİK DOLGU MADDESİ KATKILI HDPE (YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN) ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİLMESİ**

**Muhammed Nuri GÜNAY**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Şeref KURT**

**Haziran 2015, 61sayfa**

Günümüzün en büyük problemlerinden olan hammadde yetersizliği, küresel ekonomik sıkıntılar ve daha ucuz ürüne ilginin artması sebebiyle insanların yenilenebilir hammadde kaynaklarına yönelmesini gerekli kılmaktadır. Odun kökenli atıklar, çay fabrika atıkları, fındikkabuğu ve buğday sapları gibi tarımsal atıklar hammadde için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu atıkların değerlendirilmesi bakımından kullanılabilecek alanlardan biride odun plastik kompozit (OPK) sektörüdür.

Bu çalışmada, lignoselülozik dolgu maddesi olarak, çay atığı, fındikkabuğu unu, sarıçam odun unu ve plastik olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kullanılmıştır. Odun plastik kompozitlerin (OPK) özelliklerini iyileştirmek için, katkı maddesi olarak maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) ve nano hegzagonal bornitrür (hBN) kullanılarak enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Mekanik özelliklerine göre, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü testleri sonucunda direnci değerlerinde saf HDPE ye göre artış olduğu, ancak darbe direncinde ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak atıl halde olan çay fabrika atığı ve fındıkkabuğu dolgu maddesi olarak odun plastik kompozitler üretimi için kullanılabilir önemli bir hammadde kaynak olduğu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler** :Odun plastik kompozit, atık çay lifi, fındıkkabuğu, HDPE.

**Bilim Kodu** :1204.1.193

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE MANUFACTURE OF LIGNOCELLULOSIC FILLED MATERIAL HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE) BASED COMPOSITES**

**Muhammed Nuri GÜNAY**

**Karabük University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Şeref KURT**

**June 2015, 61 page**

The biggest problem present day is the lack of raw materials, global economic problems, increasing of interest cheaper products and thus the people necessary to toward in renewable raw material resources. The agricultural wastes such as wood origin waste, tea factory waste, nutshell and wheat straw are an important potential for raw materials. Wood plastic composite (WPC) sector is in one of the areas that can be used in assessing these wastes.

In this study is used as lignocellulose fillers tea waste, nutshell flour, pine wood flour and as plastic high density polyethylene (HDPE). As the additive to improve the properties of wood plastic composites (WPC) were treated with maleic anhydride polyethylene (MAPE) and nano hexagonal boron nitride (hBN) and it was produced using the injection molding method. Physical and mechanical properties of the produced composite were investigated.

According to mechanical properties, tensile strength, tensile modulus of elasticity, elongation at break, bending strength and the bending elasticity modulus test results in the resistance values are increased to toward the pure HDPE, but impact resistance was found to be diminished. Consequently, as filled materials the tea factory waste and nutshell proved to be an important source of raw materials that can use for wood plastic composites production.

**Key Words** : Wood plastic composite, waste tea fiber, nutshell, HDPE.

**Science Code** : 1204.1.193



## TEŞEKKÜR

Bu tez alınmasının planlanmasında, yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan tez danıŐmanım değerli Hocam, Sayın Doç. Dr. Şeref KURT'a teŐekkürlerimi sunarım.

Tez çalıŐmamın hazırlanmasında tezimin yönlendirilmesinde bilgi ve tecrübeleri ile her zaman desteğini esirgemeyen kıymetli hocalarım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Deniz AYDEMİR ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YRR'e teŐekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalıŐmalarımnda yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Fatih MENGELOğLU ve ArŐ. Gör. İbrahim Halil BAŐBOęA'ya teşekkür ederim.

Bu çalıŐmamda her türlü maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen ailem ve niŐanlıma can-ı gönülden teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ.....	3
2.1.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi ve Kullanım Alanları.....	3
2.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNDE KULLANILAN HAMMADDELER .....	4
2.2.1. Lignoselülozik Hammaddeler.....	4
2.2.2. Sarıçam .....	5
2.2.3. Çay.....	6
2.2.4. Fındık.....	8
2.2.5. Plastikler .....	9
2.2.5.1. Plastiklerin Genel Özellikleri.....	12
2.2.6. Termosetler .....	13
2.2.7. Termoplastikler.....	13
2.2.7.1. Polietilen (PE).....	14
2.2.7.2. Polipropilen (PP).....	16
2.2.8. Elastomerler.....	16
2.2.9. Odun Plastiklerin Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri.....	17
2.2.9.1. Birleştirici Kimyasallar (Coupling Agents).....	17

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.2.9.2. Hegzagonal Bor Nitrür (hBN) .....	18
2.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİM TEKNOLOJİSİ.....	19
2.3.1. Ekstrüzyon Yöntemi .....	19
2.3.2. Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi.....	20
BÖLÜM 3 .....	24
YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	24
BÖLÜM 4 .....	28
MATERYAL VE YÖNTEM .....	28
4.1. MATERYAL.....	28
4.1.1. Dolgu Maddeleri .....	28
4.1.2. Kullanılan Polimer.....	28
4.1.3. Katkı Maddeleri .....	28
4.1.4. Birleştirici Kimyasallar.....	28
4.2. YÖNTEM.....	29
4.2.1. Dolgu ve Katkı Maddelerinin Hazırlanması.....	29
4.2.2. Ekstrüzyon .....	31
4.2.3. Kırma .....	32
4.2.4. Kurutma .....	33
4.2.5. Kompozitlerin Üretilmesi .....	33
4.2.5.1. Enjeksiyon-Kalıplama Yöntemiyle Üretim .....	33
4.2.6. Üretilen Kompozitlerin Özelliklerini Belirlemek İçin Uygulanan Testler .....	34
4.2.6.1. Yoğunluk.....	34
4.2.6.2. Su Alma Oranı .....	35
4.2.6.3. Kalınlık Artış Oranı .....	35
4.2.6.4. Eğilme Direnci Özellikleri.....	36
4.2.6.5. Çekme Direnci Özellikleri .....	37
4.2.6.6. Darbe Direnci Özellikleri.....	38
BÖLÜM 5 .....	40
BULGULAR.....	40
5.1. ÜRETİLEN KOMPOZİTLERE AİT FİZİKSEL ÖZELLİKLER .....	40

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.1.1. Yoğunluk .....	40
5.1.2. Su Alma Oranı .....	41
5.1.3. Kalınlık Artış Oranı .....	41
5.2. ÜRETİLEN KOMPOZİTLERE AİT MEKANİK ÖZELLİKLER.....	42
5.2.1. Eğilme Direnci.....	43
5.2.2. Çekme Direnci.....	45
5.2.3. Darbe Direnci.....	49
BÖLÜM 6 .....	51
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	51
6.1. SONUÇLAR .....	51
6.2. ÖNERİLER .....	52
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 2.1. Polietilen formülasyonu .....	14
Şekil 2.2. Polipropilen formülasyonu .....	16
Şekil 2.3. MAPE-lignoselülozik madde ile ağ oluşturması .....	17
Şekil 2.4. Hegzagonal bor nitrür .....	19
Şekil 2.5. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması .....	20
Şekil 2.6. Enjeksiyon kalıplamada plastikasyon sistemi .....	21
Şekil 4.1. Öğütücü makinesi .....	30
Şekil 4.2. Sarsak elek .....	30
Şekil 4.3. Polimer kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı .....	31
Şekil 4.4. Polimer kompozit üretiminde kullanılan tek vidalı ekstruder .....	32
Şekil 4.5. Laboratuvar tipi kırıcı .....	32
Şekil 4.6. Boncuk haline gelen kompozitler .....	33
Şekil 4.7. Enjeksiyon kalıplama makinesi .....	34
Şekil 4.8. Eğilme direnci testi .....	36
Şekil 4.9. Çekme direnci testi .....	37
Şekil 4.10. Polyttest rayran çentik açma cihazı .....	39
Şekil 4.11. Zwick/roell h1t5.5p. ....	39

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 1.1.	Türkiye’de bazı tarla ve bahçe ürünleri atık miktarları. ....	5
Çizelge 1.2.	Dünyada ve türkiye’de çay üretimi. ....	7
Çizelge 1.3.	Dünyada ve türkiye’de fındık üretimi. ....	9
Çizelge 1.4.	2012 yılında dünyada toplam plastik üretimi. ....	12
Çizelge 4.1.	Lignoselülozik dolgu maddeleri, katkı maddeleri ve plastik oranlarına ait üretim reçetesi. ....	29
Çizelge 5.1.	Gruplara göre yoğunluklarına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	40
Çizelge 5.2.	Gruplara göre su alma oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	41
Çizelge 5.3.	Gruplara göre kalınlık artış oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	42
Çizelge 5.4.	Gruplara göre eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	43
Çizelge 5.5.	Gruplara göre eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları. ....	43
Çizelge 5.6.	Gruplara göre eğilme direncine ait duncan sonuçları. ....	44
Çizelge 5.7.	Gruplara göre eğilmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları. ....	44
Çizelge 5.8.	Gruplara göre eğilmede elastikiyet modülüne ait homojenlik grupları. ....	45
Çizelge 5.9.	Gruplara göre çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	46
Çizelge 5.12.	Gruplara göre çekmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları. ....	47
Çizelge 5.13.	Gruplara göre çekmede elastikiyet modülüne ait duncan sonuçları ....	48
Çizelge 5.14.	Gruplara göre kopmada uzamaya ait varyans analizi sonuçları. ....	48
Çizelge 5.15.	Gruplara göre kopmada uzama ait duncan sonuçları. ....	49
Çizelge 5.16.	Gruplara göre darbe direncine ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). ....	49
Çizelge 5.17.	Gruplara göre darbe direncine ait varyans analizi sonuçları. ....	50
Çizelge 5.18.	Gruplara göre darbe direncine ait duncan sonuçları. ....	50

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\text{kJ/m}^2$ :Kilojoul/metre kare

N:Newton

mm : Milimetre

### KISALTMALAR

OPK :Odun Plastik Kompozit

HDPE : Yüksek Yoğunluklu Polietilen

hBN : Hegzagonal Bor Nitrür

MAPE : Maleik Anhidritle Muamele Edilmiş Polietilen

ED : Eğilme Direnci

EM : Elastikiyet Modülü

ÇD : Çekme Direnci

KUM : Kopmada Uzama

Mpa : Megapaskal

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Plastik ürünler günlük yaşantımızın pek çok alanında kullandığımız bir malzemedir. Polimer esaslı bu ürünlerin kullanılan alanlara göre olumlu veya olumsuz özellikleri vardır. Plastik malzemenin özelliklerini geliştirmek, kullanım alanı yaygınlaştırmak, çevre dostu ve daha ucuz bir ürün elde etmek için pek çok yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasından bir tanesi de Plastik Kompozitlerdir. Polimerin (plastik) farklı kombinasyonlarla ya da çeşitli değişikliklerle üretilmekte ve bu ürünler kompozit malzemeler grubuna girmektedir. Kompozit malzemeler, birden fazla malzemenin fiziksel karıştırma yöntemiyle üretilen bir malzeme olarak tanımlanabilir. Kompozit malzemeler geliştirebilir bir malzeme olmasından dolayı yeni bir ürün oluşturmak için dünyada güncel çalışma alanlarından biridir. Plastik kompozitlerin, kullanılacak alana göre veya istenilen özelliklere göre mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için takviye malzemeler kullanılarak daha iyi bir kompozit malzeme elde edilebilir. Bu takviye malzemeler doğadan veya sentetik olarak kullanılabilir. Doğadan takviye edilenler arasında olan Odun-Plastik Kompozitler (OPK), doğal, yenilenebilir, temini kolay, ucuz ve çevre dostu gibi olumlu özellikleriyle plastiğe nazaran daha üstündür.

Günümüzün en büyük problemlerinden olan hammadde eksikliği, enerji açıklığı, insan sağlığı, çevre ve hava kirliliği gibi sorunlar için alternatif malzemelere yönelmeye başlanılmıştır. Özellikle, yenilenebilir ve atıkların kullanımı yaygınlaştırmak için pek çok yeni malzeme üretilmiştir. Bu kapsamda orman ürünleri sanayisinde ortaya çıkan atıklar, lignoselülozik bitkilerden oluşan yıllık bitki atıkları ve tarımsal atıklar değerlendirilme bakımından daha önem kazanmaktadır. Odun-Plastik Kompozit sanayisi her geçen gün büyümektedir. OPK sanayisi başta Kuzey Amerika, Çin ve Avrupa olmak üzere sektörün en önemli üretici ülkeleri olmaktadır. Kullanım alanları otomotiv sektörü, dış cephe, zemin döşemeleri, park-oyun alanlarında ve pek çok farklı alanlarda kullanılmaktadır.



Bu çalışmada, dünya her geçen gün azalan hammadde açığına alternatif lignoselülozik dolgu maddesi olarak; çay atığı, fındıkkabuğu, sarıçam odunu ve termoplastik polimer olarak da yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kullanılmıştır.

Çalışmada, odun plastik kompozitin (OPK) zelliklerini iyileştirmek için birleştirici (coupling agent) kimyasal maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) ve katkı maddesi olarak da nano hegzagonal bornitrür (hBN) kullanılarak kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ

Odun-Plastik Kompozitler, odun unu veya lignoselülozik malzemelerin % 20-70 gibi oranlarda ve 20-40-60-80 mesh gibi farklı partikül boyutlarındaki liflerin plastik ile karıştırılmasıyla üretilen kompozit malzemelere verilen genel bir adlandırmadır. Odun-Plastik kompozit, malzeme olarak sadece ağaçtan kesilen yongalardan değil lignoselülozik esaslı orman atıkları, tarım atıkları, sanayi atıkları gibi odun esaslı bütün materyalleri içermektedir.

Odun unu 1906'dan beri ticari olarak pek çok alanda kullanılmaya başlanılmıştı. Odunun plastikle ilk kullanımı 1907'de Bakelite olarak adlandırılan fenolformaldehit ve odunun karışımıyla üretilen kompozitdir. Ticari olarak ilk üretim ise, 1916'da Rolls Royce firmasının araçlar için ürettiği vites koludur [1].

##### 2.1.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi ve Kullanım Alanları

1990 yılı itibari ile odun-plastik endüstrisi önemli bir şekilde büyümekte [2]. Odun-plastik kompozit ürünleri, selülozik plastikler, odun-plastik kereste ve lignoselülozik kompozitleri küresel pazarda 2011 yılında yaklaşık olarak 2,4 milyon ton üretildiği tahmin ediliyor. Bu üretimin 2016 yılı itibari ile yaklaşık olarak 4,6 milyon ton olacağı ve OPK sektörü dünya pazarında yıllık olarak % 13,8 gibi önemli bir artış olacağı tahmin ediliyor [3].

2012 verilerine göre 1,1 milyon ton üretimle Kuzey Amerika OPK üretimde dünyada en fazla üretim yaparak dünya lideridir. 900,000 tonla Çin ikinci sırada ve 260,000 tonla OPK üretimi ile Avrupa gelmektedir [3].

2012 yılında Avrupa'da OPK toplam üretim hacmi 260,000 ton dur. Avrupa'daki OPK üretimde lider konumda Almanya bulunmaktadır. 20 Alman şirketi sadece zemin, dış cephe ve yapı elamanı olarak üretilen OPK ürünlerinin 85,000 tonu ihraç etmektedir [3].

2012 yılı itibariyle OPK kullanımı ülkemizde tahmini olarak yıllık 20,000 tona ulaşmıştır. Bu OPK kullanımının 15,000 tonu ithal OPK ürünleri olup, 5,000 tonu ise ülkemizde üretim yapan 9 farklı tesiste üretilmektedir [4].

OPK ticari ürünler giderek birçok uygulamada ve ürünlerde özellikle, inşaat ile ilgili olanları birçok üründe kullanımı artış göstermektedir [5]. OPK giderek daha büyük pay kazanmış, özellikle zemin ve diğer dış yapılarda kullanılmaktadır [6].

## **2.2.ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİNDE KULLANILAN HAMMADDELER**

### **2.2.1. Lignoselülozik Hammaddeler**

Lignoselülozik hammaddesi esas olarak selüloz, hemiselüloz ve lignin oluşmaktadır [7-8]. Lignoselüloz hammaddesi genel olarak biyoyakıtlar, kimyasallar ve polimerlerin üretimi için yenilenebilir bir kaynak sağlar [9-10]. Lignoselülozik hammaddeler kâğıt hamuru fabrikaları, tarım ve orman artıklarını kapsamaktadır [11].

Dünyada yıllık olarak 3,5 milyar ton kurutulmamış odun kullanılmakta. Bu artan talep devam edeceği düşünülürse, odun esaslı lif tüketimi yılda 60 milyon ton kadar ulaşacaktır. Bu yüzden odun hammaddesine olan talep ve mevcut arz arasındaki farkın kaçınılmaz olacağı belirgindir. Bundan dolayı, odun lifi yerine zirai ve diğer kaynaklı alternatif liflerin kullanılması, kullanılan hammaddenin geri dönüşümü, gelişen teknoloji ile yeni ve daha iyi kaliteli ürünlerin geliştirilmesi gelecekteki odun arz ve talep tablosunda önemli bir rol oynayacağı görülmektedir [12,13].

Türkiye zirai varlığıyla önemli bir tarım ülkesidir. Bu tarım varlığının oluşturduğu atık önemli bir lignoselülozik hammadde kaynağı oluşturmaktadır. Ülkemizdeki tarım ürünlerinin oluşturduğu atıklar Çizelge 1.1.' de verilmiştir [14].

Çizelge 1.1. Türkiye’de bazı tarla ve bahçe ürünleri atık miktarları[14].

Ürünler	Ürün Miktarı (1,000 Ton/Yıl)	Atıklar	Kullanılabilir Atık Miktarı (1,000 Ton/Yıl)
<b>Buğday</b>	22,439	Saman	3,514
<b>Arpa</b>	8,327	Saman	1,344
<b>Çavdar</b>	253	Saman	54,000
<b>Yulaf</b>	323	Saman	48,000
<b>Mısır</b>	2,210	Sap	2,982
<b>Pirinç</b>	332	Saman	126,000
<b>Tütün</b>	181	Sap	246,000
<b>Pamuk</b>	2,293	Sap	1,512
<b>Ayçiçeği</b>	836	Sap	1,355
<b>Zeytin</b>	1,497	Prina	747,000
<b>Fındık</b>	653	Kabuk	453
<b>Antep Fıstığı</b>	43	Kabuk	4

Tarımsal atıkların odun-plastik üretiminde değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalarda kendir, kenevir, şeker kamışı, kapok vb. yıllık bitkiler kullanılmıştır [15-16] ve bu atıkların en iyi kullanılabilceği alanlardan biri plastik endüstrisidir. Ayrıca, son birkaç yılda plastik fiyatlarındaki artış, plastiklere maliyeti düşük katkı liflerin katılmasını hızlandırmıştır. Bu gelişim plastik endüstrisinde bir maliyet azalması sağlayacağı gibi, tarıma dayalı endüstrilerde de tarımsal atıkların daha değerli olmasını ve rasyonel bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır [17].

### 2.2.2. Sarıçam

Sarıçam ülkemizde Kuzeydoğu, Kuzey ve Kuzeybatı Anadolu' da yayılış gösterir ve İç Anadolu Bölgesi' nde 2000 metreye, Kuzeydoğu Anadolu' da 2600 metreye kadar çıkar [18-19]. Karadeniz Bölgesi'nde Sürmene civarında sahile kadar inmekte, Kuzeydoğu Anadolu' da 2700 metrede normal kapalı meşcereleri bulunmaktadır [20]. Borçka-Otinga deresinde 200 m. de meşcereleri bulunmaktadır. Genellikle de dağların güney yamaçlarını tercih eder [18]. Bu görüşe ilave olarak Karadeniz

ardında uzanan dağlarda denizden rutubet alabilen kuzey yamaçlarda, kıyıya yakın sıradağlarda ise daha sıcak olan güney bakılarda yayılış gösterdiği belirtilmektedir [21]. Mevcut çam türleri arasında en geniş coğrafi yayılışa sahiptir, kuzeyde 70° enleme kadar yükselir, güneyde de ülkemizde Asya ve Avrupa' daki en güney enlem olan (38°) Kayseri-Pınarbaşı' na kadar iner. Kuzey Anadolu' da Ayancık'ta 41' 38" kuzey enlemiyle, Kuzeydoğu Anadolu' da Kağızman' da 38° 34" doğu ve Orhaneli' nde 28° 50" batı boylamları arasında yayılış yapmaktadır. Derin ve gevşek yapılı toprakları sever [19].

Farklı coğrafi ırkları bulunmaktadır. Orta Avrupa' da bulunan ırkları genel olarak geniş tepeli iken doğu ve kuzey Avrupa menşeli ırkları sivri tepeli, ince dallı ve düzgün gövdelidirler. Türkiye'de de orijin denemelerinde tohum kaynağı olarak kullanılmış olan düzgün gövdeli, ince dallı çok sayıda meşcereleri bulunmaktadır. Bu meşcerelerin Avrupa'nın yüksek mntıkları ve iskandinav ülkeleri Sarıçam meşcerelerinin niteliklerine sahip oldukları ifade edilmektedir [18].

Sarıçam odunu ana kimyasal bileşenlerinden olan holoselüloz içeriği % 73,67, alfa selüloz oranı % 68,19, lignin oranı ise % 28,57 olarak tespit edilmiştir. Sarıçam odunu yan bileşenlerinden olan çözünürlük değerleri incelendiğinde; alkol benzen çözünürlüğü % 6,71, soğuk sudaki çözünürlük % 3,42, sıcak sudaki çözünürlükleri % 3,82 ve mantar çürüklüğü oranının belirlenmesinde kullanılan % 1 NaOH çözünürlüğü oranı ise % 16,28 olarak tespit edilmiştir. Kül oranı ise % 0,45 olarak belirlenmiştir. Genel olarak Sarıçam odununun kimyasal analizleri incelendiğinde gerek alfa selüloz oranı ve gerekse diğer bilenler bakımından kompozit malzeme üretimine uygun bir hammadde özelliği taşımaktadır [22].

### **2.2.3. Çay**

5000 yıl önce ilk kez Çin'de keşfedilen çayın 30'dan fazla ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır [23]. Çin ve Hindistan'dan sonra çayı tanıyan üçüncü ülke Japonya ve diğer Asya ülkeleridir. Çay tüketim alışkanlığının 16. yüzyıldan itibaren Avrupa ülkelerine ve oradan da tüm dünyaya yayılmaya başladığı, konu hakkında yazılan çeşitli kaynaklardan anlaşılmaktadır [24].

Dünya üzerinde çay bitkisi, Kuzey yarım kürede yaklaşık 42 enlem derecesinden, Güney yarım kürede 27 enlem derecesine kadar olan kuşak üzerinde yetiştirilmektedir. Yağışın bol ve iklimin sıcak olduğu bölgelerde yetiştirilmesine rağmen dünyada çay üretiminin ekonomik olarak yapıldığı yerler sınırlıdır. Hindistan, Çin, Sri Lanka, Endonezya, Kenya ve Japonya çay bitkisinin yaygın olarak yetiştirildiği ve çay üretiminin yoğun olarak yapıldığı ülkelerdir. Bu ülkeler ve Türkiye ile birlikte 30'a yakın ülkede ekonomik düzeyde çay üretimi gerçekleştirilmektedir [24].

Ülkemizde ise 1924 yılında çıkarılan 407 sayılı kanunla çay tarımı faaliyetleri başlatılmıştır. İlk yaş çay yaprağı hasadı ve kuru çay üretimi 1938 yılında gerçekleştirilmiştir. İlk çay fabrikası, 1947 yılında, 60 ton/gün kapasiteli, Rize Fener Mahallesi'nde, Merkez Çay Fabrikası adı altında işletmeye açılmıştır. Çay tarım alanlarının ve yaş çay yaprağı üretiminin artması işleme fabrikalarının sayısının da giderek artmasını zorunlu kılmış, 1973 yılında, kurulan yaş işleme fabrika sayısı 32'ye, 1985 yılında ise 45'e ulaşmıştır [24].

Dünya'da çay üretimi ise 2008 yılında 4,206.901 ton iken (siyah çay, yeşil çay ve diğer çay çeşitleri) 2009 yılında 4,244.825 ton 2010 yılında 4,547.818 ton 2011 yılında bu rakam 4,668.968 ton ve 2012 yılında 4,818.118 ton olmuştur [25].

Çizelge 1.2. Dünyada ve Türkiye'de çay üretimi [25].

Ülkeler	Miktar (Bin Ton)
Çin	1,700
Hindistan	1000
Kenya	369
Srilanka	330
<b>Türkiye</b>	<b>225</b>
Vietnam	217
Endonezya	150
Diğer ülkeler toplamı	827
<b>Genel Toplam</b>	<b>4,818</b>

Kimyasal özelliklerine bakıldığında, Çay atığı % 30,2 Selüloz, % 19,9 Hemiselüloz ve % 40,0 Lignin içermektedir [26].

Doğu Karadeniz Bölgesinde üretimi yapılan siyah çay üretim esansında oluşan çay saplarındaki atığı özellikle yapraklarının standartlar dışında yapılan hasat sonucunda çay işleme fabrikalarının atık maddesi önemli miktarlara ulaşmaktadır. Bu miktar normal standartlarda %3-5 arasında iken standart dışı hasattan dolayı %15' e kadar çıkmaktadır. Bu duruma göre ülkemizdeki çay işletmelerinin toplam üretim miktarları ele alındığında yaklaşık olarak 10,000-30,000 ton arası fabrika atığı olarak atık çay çıkmaktadır.

#### **2.2.4. Fındık**

Fındık, Fagales takımının Betulaceae familyasının Coryleae alt familyasının, Corylus cinsine girer. Meyvecilik bakımından önemli olan ve ekonomik olarak kültürü yapılan türler, Corylus Avellane L. (Adi fındık), Corylus Colurna L. (Türk fındığı) ve Corylus Maxima Mill. (Lambert fındığı) dır [27].

Fındık, bademden sonra dünyada yetiştiriciliği en yaygın yapılan sert kabuklu meyvedir. Fındığın kültür çeşitleri Türkiye, İtalya, İspanya, ABD, Çin, İran, Yunanistan, Fransa, Azerbaycan, Rusya, Kırgızistan, Portekiz, Beyaz Rusya, Moldova, Tacikistan, Gürcistan, Ukrayna, Tunus, Macaristan, Kıbrıs ve Kamerun'da yetiştirilmektedir [28].

Türkiye dünyanın en önemli fındık üretici ülkesi olup, dünya fındık üretiminin yaklaşık % 75'i, ülkemiz tarafından gerçekleştirilmektedir. Ülkemiz Karadeniz Bölgesi fındık üretimi bakımından elverişli ekolojik şartlara sahiptir [27].

Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) Fındık üretim verilerine göre 2014 yılında Dünya'da 825,000 ton fındık üretimi yapıldığı ve Türkiye ise, bu üretimin 549,000 tonu üretmektedir [28].

Çizelge 1.3. Dünyada ve türkiye’de fındık üretimi [28].

<b>DÜNYA FINDIK ÜRETİMİ (TON)</b>						
<b>ÜLKELER</b>	<b>2008/09</b>	<b>2009/10</b>	<b>2010/11</b>	<b>2011/12</b>	<b>2012/13</b>	<b>2013/14</b>
<b>Türkiye*</b>	800,791	500,000	600,000	430,000	660,000	549,000
<b>İtalya</b>	125,000	120,000	107,000	140,000	84,000	132,000
<b>A.B.D.</b>	36,280	42,600	24,500	35,000	32,000	35,000
<b>Azerbaycan</b>	40,000	35,000	39,000	55,000	40,000	30,000
<b>Gürcistan</b>	35,000	32,000	40,000	30,000	28,000	35,000
<b>İspanya</b>	26,000	18,000	20,000	22,000	16,000	19,500
<b>Diğer</b>	6,729	27,000	27,000	27,000	25,000	25,000
<b>TOPLAM</b>	1069800	774,600	857,500	739,000	885,000	825,500

Kimyasal özelliklerine bakıldığında, Fındikkabuğu % 25,9 Selüloz, % 29,9 Hemiselüloz ve % 42,5 Lignin içermektedir [26].

Ülkemizde Fındikkabuğu değerlendirilmede, fındık üretilen yörelerde ve ısı enerjisi kullan bazı işletmelerde yüksek kalorili yakacak olarak kullanılır. Fındikkabuğundan, kontralit yapılır, boya sanayiinde yararlanılır, kömürleştirme yolu ile biriket kömürü, aktif kömür ve sinai kömür elde edilir [29].

#### **2.2.5. Plastikler**

Plastikler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşurlar. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılarıdır. Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca "plastikos" sözcüğünden gelir. Plastiklerin başlıca özelliği, kolayca biçim değiştirmeleri ve kalıplama ya da haddeleme gibi işlemlerle çeşitli biçimlere sokulabilmeleridir [30].

Plastikler çok büyük polimeri molekül ağından oluşmaktadırlar. Polimerler ısı altında gevşeyerek ayrılan, soğuduklarında iç içe geçerek ayrılan maddelerdir. Bunlar soğuduğunda tekrar iç içe geçerek sertleşmektedirler. Polimer zincirleri Van der



Walls, London gibi zayıf bağlar veya hidrojen bağları, dipol-dipol etkileşimi gibi nispeten daha güçlü bağlarla bir arada tutulmaktadır [30].

Ticari olarak yapılan ilk plastikler, yarı sentetiktir. Bunlar, genellikle pamuk artıklarından elde edilen ve insanlarca sindirilmeyen bir karbonhidrat olan selülozdan türetilmiştir. 1862 yılında İngiliz Kimyacı Alexander Parkes, kolayca kalıplanabilen ve biçimlendirilebilen, "Parkesine"(parkesin) adlı bir plastik hazırlamıştır. Bu plastik, pamuk artıklarının nitrat ve sülfat asitlerinin karışımıyla tepkimeye girmesi sonucu oluşan bir nitroselüloz bileşiğine, hintyağı, biraz kafuru ve renklendirici maddeler katılarak yapılmıştır. Parkesine'm küçük miktarlarda hazırlanması kolaydı, ama endüstri ölçeğinde üretimi başarısızlıkla sonuçlandı [30].

1870 yılında A. B. D'nde matbaacı John Wesley Hyatt, ticari bakımdan ilk başarılı plastik olan selüloiti Parkesine'a benzer biçimde, ama hintyağı yerine kafuru kullanarak hazırladı. Hyat'ın buluşu kafurunun plastikleştirici etkisidir. 1869 yılında selüloitin patentini aldı. Bu madde ilk kez fildişinin ve kaplumbağa kabuğunun yerine kullanılabilir bir materyal oluşturulmasını sağlamıştır. Bu yeni madde, gözlük çerçeveleri, taraklar, bilardo topları, bıçak sapları ve fotoğraf filmi gibi çok çeşitli ürünlerin yapımında kullanıldı. İlk sentetik lif ise 1889 yılında, nitro selülozdan yapılan yapay ipekti [30].

1909 yılında ABD li kimyacı Leo Baekeland fenol ve formaldehid kullanarak kaliteli yaptı. Bu madde tümüyle yapay bir plastikti. Eski plastiklerin başlıca sakıncası, kolayca tutuşmalarıydı. Bu duruma nitroselüloz neden oluyordu. Bu nedenle günümüzde, selüloz temelli plastiklerin hazırlanmasında, nitroselüloz yerine, selülozün bir başka esteri olan selüloz asetat kullanılmaktadır. Bu plastikler genellikle kumaş yapımında kullanılır. İşlenmiş selüloz ya da rayon, çözülüp yeniden çöktürülerek molekülleri kısaltılmış selülozdan oluşmuş lifli bir maddedir [30].

Dünyadaki bu gelişmeler doğrultusunda, Türkiye'de petrokimya sanayinin kurulması fikri I. Beş Yıllık Plan Dönemi'nin başlangıcı olan 1962 yılında benimsenmiş, yapılan etüt ve araştırmalar sonucunda, Petkim Petrokimya A.Ş., 3 Nisan 1965 tarihinde TPAO'nun öncülüğünde kurulmuştur [31].

Yeni şirket ilk iş olarak, Yarımca Petrokimya Kompleksi'ni kurmaya karar vermiş ve 1976 yılında bu ünitenin devreye girişini sağlamıştır. Ancak, hızla artan yurtiçi talep karşısında Yarımca Kompleksi'nde yer alan ünitelerin büyük bir kısmı kısa süre sonra %100 kapasite artışı ile yenilenmiş, buna rağmen, talebin karşılanması konusunda gene de yetersiz kalmıştır. Bunun üzerine III. Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde Petkim'in ikinci kompleksinin Aliğa'da kurulması kararlaştırılmıştır. Aliğa Kompleksi'nde yer alan fabrikalar dünya ölçeğinde mevcut en ileri teknolojileri ve optimum kapasiteleri ihtiva edecek şekilde kurulmuştur [31].

Türkiye'de sektörde yaklaşık 6,000 firma faaliyet göstermekte olup, bu firmaların yüzde 40'ı İstanbul'da bulunmaktadır. İzmir, Ankara, Bursa, Gaziantep, Konya, Kocaeli, Adana, Kayseri toplamda sektördeki firmaların yüzde 36'sını bulunduran önemli üretim merkezleridir. Firmaların yaklaşık yüzde 98'i küçük ve orta büyüklükte işletmelerdir [32].Sektörde 200 binden fazla kişi istihdam edilmekte ve her yıl 15,000 yeni kişiye istihdam sağlanmaktadır. Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV) verilerine göre plastik mamul üreticilerinin yüzde 27'si ambalaj, yüzde 14'ü inşaat, yüzde 11'i tekstil, yüzde 10'u da ev eşyası sektörlerine plastik mamul üretmektedir [33].

2011 yılı kesinleşmemiş rakamlarına göre yüzde 15 düzeyinde büyüme gerçekleşmiştir. 2012 yılı için hedeflenen büyüme oranı ise yüzde 10'un üzerindedir. Yine kesinleşmemiş rakamlara göre; toplam mamul üretimi 6,9-7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2011 sonunda sektörün toplam üretim değeri 19 milyar dolar ve ekonomiye sağladığı katma değer de 7,6 milyar dolar olmuştur.4 Doğrudan ihracatı 4,8 milyar dolar, dolaylı ihracatı 5,2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Toplam makine yatırımı 859 milyon dolar olup; bunun yüzde 83'ü ithal yoldan, yüzde 17'si ise yerli üretim ile sağlanmıştır [33].

2012 yılında 288 milyon ton olan dünya toplam plastik üretiminin % 25'i Çin, % 21'i tüm Avrupa, % 20'si Nafta ülkeleri, % 16'sı da Çin dışındaki Asya ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Toplam üretimde Orta Doğu ve Afrika ülkelerinin payı % 8, Latin Amerika'nın payı ise % 7 düzeyindedir. Türkiye 2013 yılında

eriştiği 8,1 milyon tonluk üretimi ile küresel üretimden % 2,8 pay alarak dünyada 7 inci, AB’de ise Almanya’dan sonra ikinci büyük plastik üretimine sahiptir [34].

Çizelge 1.4. 2012 yılında dünyada toplam plastik üretimi [34].

<b>Bölgeler</b>	<b>(%) Yüzde</b>	<b>Milyon Ton</b>
Çin	25	72
Avrupa	21	60
Nafta	20	58
Diğer Asya ( Çin Hariç )	16	46
Orta Doğu + Afrika	8	23
Latin Amerika	7	20
Diğerleri	3	9
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>288</b>

#### 2.2.5.1. Plastiklerin Genel Özellikleri

Plastikler yeni bir malzeme gruplarından olmasına rağmen, günlük yaşantımızda en çok kullanılan malzemelerden birisidir. Kısa sürede kullanımları yaygınlaşmış ve ekonomik önem kazanmışlardır. Bunun asıl nedeni plastiklerin özelliklerinin ve çeşitliliklerin çok geniş bir aralıkta değişmesidir. Plastiklerin temel özellikleri şöyle sıralanabilir [35];

- Yoğunlukları düşüktür. Yoğunlukları, 0,8 g/cm<sup>3</sup> ile 2,2 g/cm<sup>3</sup> arasında değişir. Bu özellik Plastiklerin hafif olmalarını sağlar.
- Plastiklerin çoğu renksizdir. Bu yüzden istenilen rengi elde etmek için renk verici maddeler kullanılır.
- Plastiklerin en önemli ısıl özellikleri ısı iletkenliği, ısı genişmesi (boyca),ısıya dayanıklılık, eğilme sıcaklığı, erime sıcaklığı, yumuşama sıcaklığı, yanma oranı ve yanma ürünlerinin incelenmesidir [36].
- Sahip oldukları mekanik özelliklerden dolayı işlenmeleri kolaydır [36].

Plastikler üç ana grup altında sınıflandırılır.

### **2.2.6. Termosetler**

Termosetler yoğun çapraz bağ içeren üç boyutlu sert polimerlerdir. Elastomere benzer şekilde ısı ile eritemezler ve yeniden şekillendirilemezler. Yüksek sıcaklıklarda zincir ve bağ kırılmaları sonucu parçalanarak bozulurlar [37].

### **2.2.7. Termoplastikler**

"Termoplastikler" terimi "termos" (sıcak, ısı) ve "plastik" (şekil verilebilir, kalıplanabilir) kelimelerinden türetilmiştir. Termoplastikler miktar olarak plastiklerden büyük kısmını oluştururlar [38].

Termoplastikler, plastik kelimesini tam olarak karşılayan gruptur ve günlük hayatta kullanılan polimerler içerisinde en fazla pay termoplastiklerindir. Doğrusal ya da dallanmış zincirler içerirler. Isı etkisi ile yumuşar ve erirler, yeniden şekillendirilebilirler [37]. Defalarca tekrar eriyik haline gelirler ve birçok solvent içinde çözülebilir ve en azından şişerler. Oda sıcaklığında yumuşak şarttan şekil verilebilir veya rijid (sert, eğilmez) sertliğe değişirler. Amorf (şekilsiz) termoplastikler molekül yapısı ve şeffaflık bakımından cama benzerdir. Bu yönden sütlü ve donuk bir görüntüye sahip semikristal termoplastiklerden ayrılırlar. Bir plastik cam gibi şeffaf olduğu zaman, onun amorf bir termoplastik olduğunu kabul etmek yeteri kadar emniyetlidir [39].

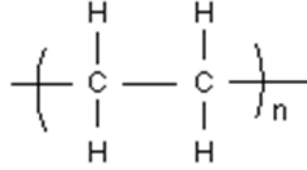
Termoplastiklerin kullanılma süreleri, malzemenin yorgunluğuna bağlıdır ve kendi ağırlıkları altında 54°C ile 120°C arasında, bazen de yapılarına bağlı olarak 260 - 270°C'ye varan sıcaklıklarda bozunurlar. Bu nedenle termoplastiği işleme sırasında sıcaklık iyi kontrol edilmelidir [36].

Günümüzde en yaygın kullanılan termoplastikler Polietilen (PE) ve poliprobilen (PP)'dir.

### 2.2.7.1. Polietilen (PE)

Etilen monomerinin polimerizasyonu sonrasında oluşan, uzun zincirli bir yapıya sahip makro moleküllü polimer “Polietilen” olarak adlandırılabilir. Tarihte ilk üretilen polietilen, düşük yoğunluklu polietilen olarak adlandırılan LDPE’dir [40].

II. dünya savaşı sırasında alçak yoğunluklu polietilenin üretimi hızlandırılmış, elektronik, elektrik nakli, paketleme, kalıplama alanında hammadde olarak kullanılmıştır. Daha sonrasında, Ziegler-Natta adıyla anılan yeni bir katalizörün bulunmasıyla, etilen monomeri daha düşük basınçta polimerizasyon işlemine tabi tutulabilmiş ve yapısının daha düzenli olması sağlanmıştır. Böylece yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve düz zincirli alçak yoğunluklu polietilen (LDPE) üretimi söz konusu olmuştur [41].



Şekil 2.1. Polietilen formülasyonu [42].

Polietilen esaslı kompozit malzemelerin çivilenmesi, vidalanması ve kesilmesi çok daha kolay olmaktadır. Polietilen nerdeyse % 0 rutubet absorpsiyonuna sahiptir. 24 saat su içerisinde bekletilmesinin ardından % 0,02’nin altında bir rutubet absorpsiyonunun meydana geldiği gözlenmiştir. Kuvvetli asitlere karşı (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl vb.) yüksek oranda direnç göstermektedir [43]. Polietilen düşük, orta ve yüksek yoğunlukta olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

#### **Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)**

Yüksek yoğunluklu polietilenin üretimi 1950’li yıllara dayanmaktadır. Katalizörler yardımıyla düşük basınçlarda yüksek yoğunluklu polietilen sentezlenmiştir. Yüksek

yoğunluklu polietilen genellikle kap, kutu, plastik şişe vb. gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır [44].

Yüksek yoğunluklu polietilenin, görünüm olarak düşük yoğunluktaki polietilene benzese de ondan çok daha sert, molekül kütlesi 150,000-400,000 dolaylarında bir polimerdir. Suya, kimyasal maddelere direnci iyidir. Işık ve açık hava koşullarına düşük yoğunluktaki polietilen gibi dayanıklı değildir. Özel dolgularla bu direnç artırılabilir. Mekanik özellikler çok iyi olup, özellikle darbe ve çekme dayanımları yüksektir. Bazı dolgu maddeleriyle de özellikler daha da iyileştirilir. Normalde çekme dayanımı 225-350 kgf/cm civarındadır. Sıcaklık dayanımı 100°C'nin üzerindedir [45].

Geniş bir kullanım alanına sahip olan HDPE, basınçlı borular, gaz dağıtım boruları, şişe, bidon, varil, beyaz eşya ve makina parçaları, yalıtkan, oyuncak, elektrik ve elektronik eşya imalatında kullanılmaktadır. Suya dayanıklı olduğundan tekne ve depo yapımında da HDPE'den yararlanılır [45].

### **Orta Yoğunluklu Polietilen (MDPE)**

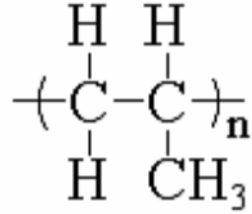
Düşük yoğunluktaki polietilene benzer özelliklere sahiptir. Saf etilenin yaklaşık 100-150°C'de ve 1,000–1,500 atmosfer basınç altında ve de oksijen varlığında polimerize edilmesi ile elde edilebilir [46].

### **Düşük Yoğunluktaki Polietilen (LDPE)**

İlk üretimi gerçekleştirilen polietilen türüdür. Yapısındaki zincirlerin yoğun dallanması sebebiyle düşük yoğunluktadır. Bu sebeple günümüzde de aynı isimde üretimi gerçekleştirilmektedir. Ana zincirde meydana gelen dallanmalar, zincir içi transfer tepkimelerinde dolayı olmakta ve boyları genellikle kısa olan yan dallar bütül, etil, propil vb. gibi alkil gruplardır. Yüksek basınç altında üretildiğinden yüksek basınç polimeri olarak da isimlendirilir ve mol kütlesi 5,000 ile 40,000 arasındadır [44].

### 2.2.7.2. Polipropilen (PP)

Polipropilen yüksek saflıktaki propilen gazının basınç altında katalizörler yardımıyla polimerizasyonu sonucu elde edilir. Yarı seffaf, beyaz renkli ve oda sıcaklığında katı halde bulunan bir termoplastiktir. Ergime noktası 175 °C civarındadır. Birçok bükülmeden sonra dahi sertliğini korur. Isı ve ışığın etkisiyle kolayca bozunabilir. Polipropilen sülfürik asit, nitrik asit, potasyum bikromat, krosen ve karbon tetra klorür hariç tüm kimyasallara karşı dayanıklıdır. Kolay bir şekilde renklendirilemez. Düşük su absorpsiyonu ve su geçirgenliği vardır. Bugün dünyada 150'den fazla üretilmiş polipropilen türü bulunmaktadır. Bu kadar fazla türde üretilen polipropilenin bulunması beraberinde polipropilenin kullanım alanlarını da geliştirmiştir [41].



Şekil 2.2. Polipropilen formülasyonu [47].

Polipropilen, paketlenme filmi, otomobil parçası, çeşitli ev aletleri, ev eşyası, tel ve kablo kaplamalarında, gıda maddesi ambalajında, kaplama ve laminasyon malzemesi olarak, halı ve yer döşemesi yapımında, halat ve çuval lifi üretiminde, akü kabı üretiminde, meşrubat şişesi kasalarında, laboratuvar donanımı yapımında, oyuncak yapımında, radyatör ızgaralarında, sentetik çim yapımında, plastik boru üretiminde, mühendislik plastiklerinin uygulamalarında, optik ve elektrik malzemelerin imalatında, profil, levha, halı, keçe, paspas ve ilaç ambalaj sanayisinde kullanılmaktadır [47].

### 2.2.8. Elastomerler

Elastomerler (kauçuklar), esnek ve elastik malzemelerdir. Çekme ile yüksek oranda uzama gösterirler ve çekme kuvveti kalktığında hızla ilk boyutlarına dönerler. Bu

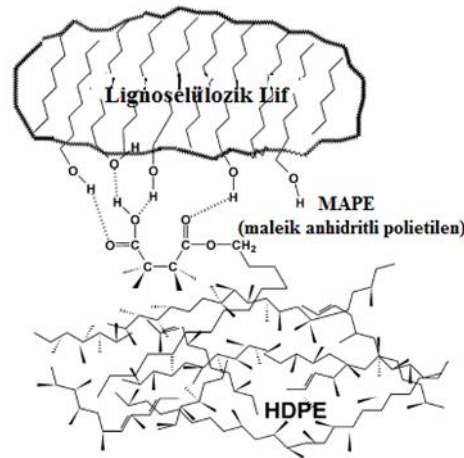
yetenekleri polimer zincirleri arasındaki az orandaki çapraz bağdan kaynaklanır. Çekme etkisi ile polimer zincirleri birbirleri üzerinden kayar, ancak çapraz bağlar kalıcı akışı önler ve kuvvetin kaldırılmasıyla moleküller ilk pozisyonlarına geri dönerler. Çapraz bağ oluşumundan sonra elastomerlerin erimesi söz konusu değildir [37].

## 2.2.9. Odun Plastiklerin Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri

### 2.2.9.1. Birleştirici Kimyasallar (Coupling Agents)

Lignoselülozik madde ve polimerlerin arasındaki yapışmayı kuvvetlendirmek için hidrofobik polimerin modifiye edilmesi gerekmektedir [48]. Plastik matris ve lignoselülozik lifler arasındaki yapışma, kompozitin özelliklerini belirlemesi açısından önemli bir husustur. Selüloz bazlı lifler ile termoplastik maddeler arasındaki etkileşim ve dispersiyonu geliştirmek için farklı tiplerde katkı maddeleri kullanılmaktadır [49-50].

Günümüzde en yaygın kullanılan uyum sağlayıcı madde, MAPP veya maleik anhidrit grafted polietilen (MAPE)'dir. Bu konuda daha önce yapılan araştırmalar, hem maleik anhidrit (MA) miktarı hem de molekül ağırlığının, uyumlaştırıcıların verimliliğini belirleyen önemli parametreler olduğunu belirtmektedir [51-52].



Şekil 2.3. MAPE-lignoselülozik madde ile ağ oluşturması [53].



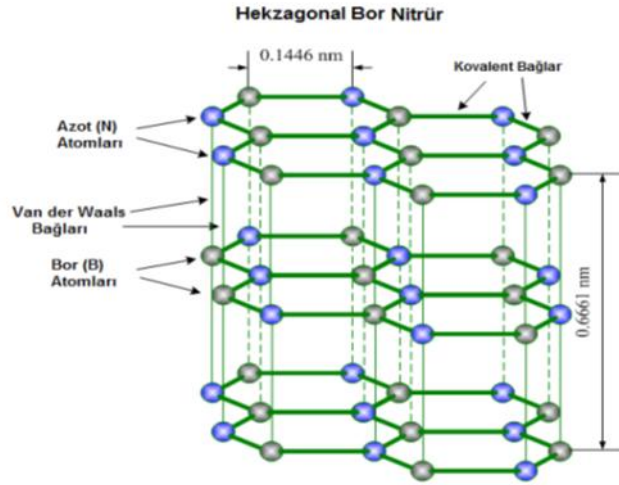
MAPP veya MAPE'nin sonundaki anhidrit, odun yüzeyindeki hidroksil (OH-) grubu ile reaksiyona girer ve ester bağı biçimlenir. MAPP veya MAPE üzerine polipropilen ve polietilen bağlanır. Daha sonra, lignoselülozik madde erimiş termoplastik ile dolaşık hale gelir. Bu durum, hidrofilik lignoselülozik ve hidrofobik termoplastik arasında mekanik bir bağ ile sonuçlanmaktadır [54].

### 2.2.9.2. Hegzagonal Bor Nitrür (hBN)

Bor nitrür, taşıdığı yüksek ısıl şok direnci, ısıl iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık, kimyasal kararlılık ve yağlayıcılık gibi üstün özelliklere sahip sentetik bir malzemedir. Bu özellikleri nedeniyle metalurjik yüksek sıcaklık uygulamalarında, elektrik-elektronik endüstrisinde, seramik kompozit malzemelerin yapımında ve kimya endüstrisinde toz, şekillendirilmiş kütleler, sprey ve macun biçimlerinde kullanılmaktadır ve yeni kullanım alanları bulmaya yönelik bir potansiyeli de sahip olduğu özelliklerde barındırmaktadır [55].

Bor nitrür doğada tabii halde bulunmadığından 19. yüzyılın başlarında elde edilmiş; ticari anlamda 20.yüzyılın ikinci yarısında üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Bor nitrürün üç farklı kristal formu mevcuttur; hegzagonal formu h-BN, kübik formu c-BN, üçüncü ticari bor nitrür tipi ise kimyasal buhar indirgenmesi ile üretilen pirolitik bor nitrür'dür. Bunlar çok farklı fiziksel özelliklere sahiptirler ve çok farklı uygulamalarda kullanılırlar [55].

- h-BN: Tabakalı hegzagonal yapıya sahip olup grafitte çok benzer, bu özelliğinden dolayı beyaz grafit olarak adlandırılır. Teorik yoğunluğu  $2,27 \text{ g/cm}^3$  'tür
- c-BN: Yüksek basınç ve sıcaklık ortamında oluşan elmas benzeri kübik çinko blend formudur. Teorik yoğunluğu  $3,48 \text{ g/cm}^3$  'tür.
- w-BN: Yüksek yoğunluğa sahip würzitik formdadır. Teorik yoğunluğu  $3,48 \text{ g/cm}^3$  'tür.



Şekil 2.4. Hekzagonal bor nitrür [56].

Bor nitrür bünyesinde birçok özelliği barındırmaktadır. Yüksek sıcaklık ve kimyasallara karşı dayanımı iyidir ve ısıl şoklara karşı kararlı bir yapı gösterir. Kolay işlenebilen bor nitrür, yüksek elektrik yalıtkanlığı ve yüksek ısıl iletkenlik özelliklerine sahiptir [57].

### 2.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

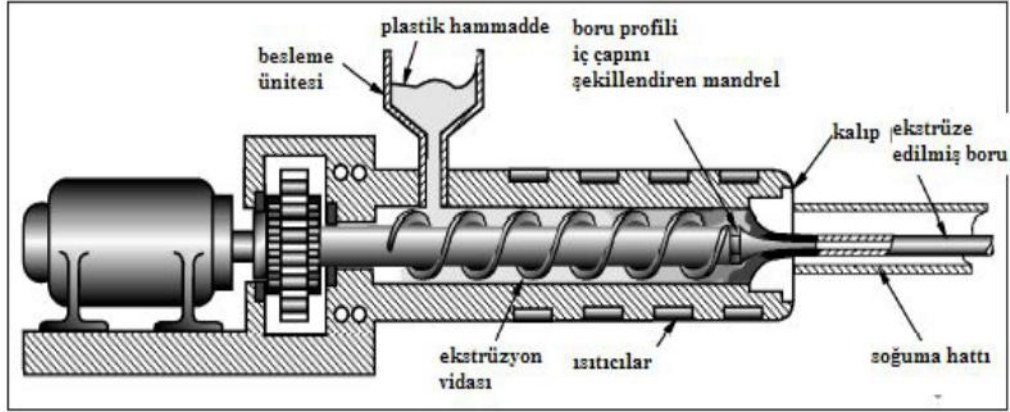
Termoplastik endüstrisi çeşitli ürünleri üretmek için birçok farklı ekstrüzyon teknikleri kullanmıştır [58]. Bu tekniklerinden biriside ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemidir. Ekstrüzyon ve Enjeksiyon kalıplama yöntemi, bir hareket mekanizması yardımı ile vida kullanır. Bu teknikler plastik üretimi için en yaygın kullanılan yöntemlerdir [59]. Bu yöntemler ayrıca odun-plastik kompozit alanında da yaygın olarak kullanılır. Bu yöntemler sayesinde, kompozit malzemeyi oluşturacak olan hammaddeleri karıştırıcı yardımı ile homojen olarak karıştırılarak birleştirilir [60].

#### 2.3.1. Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon, odun-plastik kompozitlere şekil verme ve lignoselülozik maddenin plastik içerisinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlayan bir üretim tekniğidir [61].

Ekstrüzyon yönteminde tek ve ikiz vidalı ekstruderler ile üretimler yapılmaktadır. Odun polimer kompozitlerin üretiminde lignoselülozik maddenin termoplastik içerisinde homojen dağılımını sağlamak için ikiz vidalı ekstruderler son zamanlarda daha fazla tercih edilmektedirler [62].

OPK büyük bir kısmı profil ekstrüzyonu ile imal edilmekte olup, erimiş kompozit materyal arzu edilen şekle göre kalıp içerisinde güç kullanılarak sürekli profil oluşturulur. Ekstrüzyon vericileri işlem sırasında; yüksek viskoziteli erimiş odun polimer kompozitleri ile karıştırılıp şekil boyunca genel yapı materyali için sürekli profil oluşturulur [63].



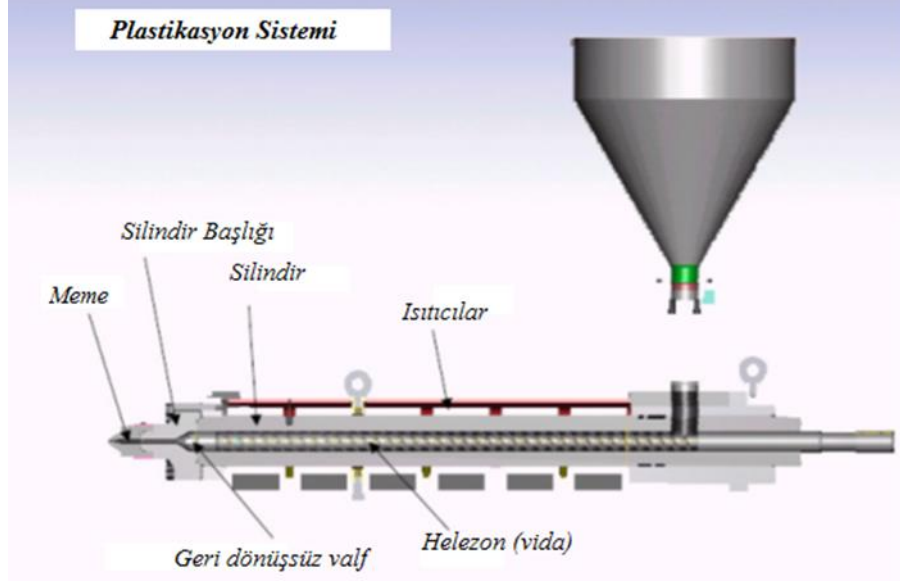
Şekil 2.5. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması [64].

Modern ekstruderler, (Şekil 2.5.) hammaddenin aktarılması vida yardımı ile olmaktadır. Vida sarmal bir shaft etrafına sarılmış helezon şeklinde bir paralel levha olarak görünmektedir. Vida dişleri arasındaki silindirik duvar kanalı ise vidanın göreceli hareketi ile kesme ya da parçalanma olan alanı temsil eder [59]. Silindirik duvarlarda vida hareketiyle oluşan sürtünme malzemenin ileriye doğru ilerlemesini aynı zamanda da vidayla beraber hareket etmesini sağlar [65].

### 2.3.2. Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi

Enjeksiyon kalıplama yöntemi, enjeksiyon makinesinin basınç altındaki plastik malzemenin akışını yeterli sıcaklığa çıkararak, eriyik duruma gelen malzemenin

kalıp halini alacağı boş kalıba enjekte edilip soğuyarak katılaşmasını sağlamak ve son olarak kalıbı açıp plastik malzemenin alınması olarak ifade edilebilir [66].



Şekil 2.6. Enjeksiyon kalıplamada plastikasyon sistemi [66].

Enjeksiyon makinesinin başlıca kısımları (Şekil 2.6.); makine gövdesi, plastikasyon ve enjeksiyon ünitesi, mengene ünitesi, hareket sistemi ve kontrol sistemidir [67].

Enjeksiyon işleminin aşamaları aşağıda sıralanmıştır;

- Plastikasyonun başlaması: Helezon (vida) dönerek bir taraftan malzeme hunisinden haznenin içine plastik hammaddeyi alırken bir taraftan da eriyik duruma gelen malzemeyi hazneye aldığı malzeme sayesinde meme boşluğuna doğru itmekte, bu işlemleri yaparken aksenal olarak geriye doğru hareket emektedir.
- Plastikasyonun bitmesi: Helezonun (vida) dönmesi durmuştur, memede artık enjeksiyon yapmaya yetecek kadar malzeme vardır.
- Kalıbın kapanması: Mengene, kalıp parçaları tam olarak üst üste gelecek şekilde sıkıca kapanmaktadır.

- Enjeksiyonun başlaması: Helezon (vida) dönmeden, aksel olarak ileri hareketiyle eriyik malzemeyi kalıp boşluğuna enjekte etmektedir.
- Enjeksiyonun bitmesi ve kalıp içindeki malzemenin soğuması: Sıcak malzeme kalıp boşluklarını tam olarak doldurmuş ve soğumaya başlamıştır. Kalıba enjekte edilen sıcak malzeme daha düşük sıcaklıktaki kalıpla temas ederek soğumaya ve katılaşması başlamaktadır.
- Ürünün kalıptan dışarı atılması: Kalıplanan malzeme yeterince soğuduktan sonra kalıp açılmakta ve sonra malzeme itici bir sistem yardımıyla kalıptan dışarı çıkmaktadır [67].

Enjeksiyon kalıplama sistemiyle üretilen malzemelerin üretim sektöründe kullanılmasının üreticiye sunduğu önemli derecede avantajları vardır. Enjeksiyon kalıplama sisteminin avantajları aşağıda sıralanmıştır [67].

- Seri bir şekilde ürün elde edilebilmesi
- Yüksek hacimlerde üretimin mümkün olması
- Diğer işlemlere göre düşük maliyetli olması
- Otomasyona uygun olması
- Hemen hemen hiç son işlem gerektirmemesi
- Değişik yüzey, renk ve şekillerde ürün üretilmesini sağlaması
- Malzeme kaybının çok az olması
- Aynı makinede ve aynı kalıpta farklı malzemelerin basılabilmesini sağlaması
- Seri üretim imkanı olmayan çok küçük parçaların dahi seri üretimlerinin yapılabilmesini sağlaması
- Basılan ürünlerin mekanik özelliklerinin iyi olmasını sağlaması
- Basılacak ham maddeye farklı metaller eklenerek basım işleminin gerçekleştirilebilmesidir.

Enjeksiyon kalıplama sisteminin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır [68].

- Kalıp fiyatlarının pahalı olması
- Sektördeki yoğun rekabetten dolayı kar marjının düşük olması
- Enjeksiyon makinelerinin ve yedek parçalarının pahalı olması
- Malzeme kontrolünün makine tarafından direkt ve sürekli olarak yapılamaması
- İşlem kontrolünün tam anlamıyla sağlanamamış olması
- Kalitede sürekliliğin tam olarak tanımlanamaması ve sağlanamamasıdır.

## BÖLÜM 3

### YAPILAN ÇALIŞMALAR

Johnson ve ark., (1997) tarafından yapılan çalışmada plastik kompozitlerde güçlendirici dolgu maddesi olarak buğday sapının ticari olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Başlangıç üretim denemelerini laboratuvar ölçeğinde yaparak başlangıç sonuçlarını elde ettikten sonra detaylı maliyet denemeleri için üretim yapmışlardır. % 30 buğday sapı ve % 70 polipropilen oranında iki şekilde, % 30 buğday sapı ve % 70 polietilen oranında bir üretim yapılmıştır. Saf polipropilen ile buğday sapı-polipropilen kompozitleri kıyaslandığında, kompozitlerin çekme direnci % 3'den % 16'ya kadar, eğilme direnci % 13'den % 48'e kadar artış olduğu bulunmuştur. % 30 buğday sapı kompozitlerinin hepsi, saf polipropilen ile kıyaslandığında çekmede elastikiyet modülü değerlerinin iki kat daha yüksek olduğu bulunmuştur. Buğday sapı kompozitlerinin ortalama çekmede elastikiyet modülü değerleri 3,3 GPa iken, polipropilen 1,7 GPa olarak tespit edilmiştir. Ayrıca buğday sapı kompozitleri polipropilen ile kıyaslandığında, ortalama elastikiyet modülü değerlerinin 2,5 kat daha büyük olduğu bulunmuştur [69].

Ajiwe ve ark., (1998) yapmış olduğu çalışmada, pirinç kabuğu ve talaşı gibi tarımsal atıklardan taban döşemeleri için levhalar üretmişlerdir. Bu örneklerin çekme direnci, su absorpsiyon oranı ve rutubet içeriği test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda üretilen levhaların ticari olarak mevcut levhalara benzer standartlarda olduğunu rapor etmişlerdir [70].

Fouk ve ark., (2006) keten ve pamuk lifi içeren ticari bezler ile geri kazanılmış HDPE ile oluşturulan kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Keten lifi/geri kazanılmış HDPE kompozitleri, tekstil ön işlemleri kullanılarak basınçla kalıplama yöntemiyle hazırlanmıştır. Polimer ve lifler arasındaki ilişkiyi güçlendirmek için maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) eklenerek ya da silan, enzim ile muamele edilmiştir. Geri dönüşümlü

HDPE'ye nazaran, kompozit materyallerin mekanik özelliklerinden çekme direnci (1,4–3,2 kez daha güçlü) ve elastikiyet modülü (1,4–2,3 kez daha uzun) önemli oranda arttığı rapor edilmiştir. [71].

Kurt ve Mengeloğlu, (2006) yakılarak kullanılan orman endüstri atığını ve tarlalarda yakılarak ya da toprakla sürülen tarımsal atıkların, un haline getirilerek ya da liflendirilerek termoplastiklerle karıştırılması ile odun-plastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi hakkında bir çalışma yapmıştır. Hem maliyeti düşürmek hem de son ürünün özelliklerini iyileştirmek amacıyla bu atıkların odun-plastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılması önerilmiştir [72].

Panthapulakkal ve Sain, (2006) yapmış olduğu çalışmada tarımsal atıklardan olan buğday ve mısır sapı ile doldurulan polipropilen kompozitleri üretmiştir. Odun ile doldurulan plastiklere alternatif olması ve termoplastiklerde güçlendirici dolgu maddesi olarak uygunluğu araştırılmıştır. Tarımsal atıkların mantar muamelesi, uyum sağlayıcı ve birleştirme tekniklerinin kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Buğday sapı liflerinin yüksek makaslama bileşimi, işlenmiş buğday sapı ile üretilene benzer özellikler gösterdiği bulunmuştur. İşlenmiş sapların benzer oranlarındaki sonuçların, yüksek makaslama bileşimi sırasında meydana gelen lif kırılmasından dolayı olduğu tespit edilmiştir. Eski gazete kağıdı, odun unu ve tarımsal atıklar ile doldurulan polipropilen kompozitlerin mekanik özellikleri karşılaştırıldığında, termoplastikler için alternatif dolgu maddesi olarak tarımsal atıkların uygun olduğu rapor edilmiştir [73].

Adhikary ve arkadaşları (2007) yapmış olduğu çalışmada, atık plastiklerden elde edilmiş yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve testereden çıkan çam odunu tozu kullanılmıştır. Lignoselülozik madde ve plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek için %0-3-5 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş poliprobilen (MAPP) ilave edilmiştir. Yapılan çalışmada su alma, kalınlık artışı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerleri, çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerlendirilmiştir. Ayrıca morfolojik özelliklerine bakılmıştır. Su alma ve kalınlık artış oranı dolgu maddesi arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede



elastikiyet modülü değerlerinde en düşük değer odun testere tozundan elde edilen kompozitler olduğu tespit edilmiştir [74].

Mengeloğlu ve Kabakçı, (2008) yapmış olduğu çalışmada, kereste fabrikası atığı okalıptüs unları ile geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) birleştirilerek kompozit levhalar üretmişlerdir ve bunların mekanik ve morfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Kompozit materyal içerisindeki okalıptüs unu miktarı arttıkça eğilme, çekme ve darbe direncinin azaldığı, elastikiyet modüllerinde artma olduğu rapor edilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada okalıptüs unları ile polimer arasındaki uyumsuzluk tespit edilmiş ve bu durumu gidermek amacıyla birleştirici ajanlar kullanılmıştır. Uyumsuzluk giderici olarak MAPE kullanımı çekme ve eğilme dirençlerini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir [75].

Mattaib ve arkadaşları çalışmalarında (2010), polimer matriks olarak yüksek yoğunluklu polietileni, odun lifi olarak akasya lifleri ve alkali ile asetillendirilmiş akasya liflerini, uyum sağlayıcı olarak maleik anhidridle muamele edilmiş polietileni (MAPE) kullanmışlardır. Akasya liflerinin asetillendirilmesi ile çekme direncinin arttığını gözlemlemişlerdir. Hem akasya lifi hem de alkali ile asetillendirilmiş akasya lifli kompozitlere MAPE eklenmesiyle direnç özelliklerini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. Su absorpsiyonu ise MAPE' nin eklenmesiyle azalmıştır [76].

Najafi ve Khademi-Eslam (2011) yapmış olduğu çalışmada, atık süt şişelerinden elde edilmiş yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve dört farklı lignoselülozik dolgu maddesi yüksek yoğunluklu lif levha (MDF) testere tozu, yonga levha testere tozu, odun testere tozu ve pirinç sapı unu kullanılmıştır. Lignoselülozik madde ve plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek için % 3 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) ilave edilmiştir. Yapılan çalışmada su alma, kalınlık artışı, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri değerlendirilmiştir. Su alma ve kalınlık artışı lignoselülozik tipine göre açık bir şekilde değerlerin farklı olduğu görülmüştür. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde en düşük değer odun testere tozundan elde edilen kompozitler olduğu tespit edilmiştir [77].

Cavdar ve arkadaşları (2011) yapmış olduğu çalışmada, plastik olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve poliprobilen (PP) lignoselülozik dolgu maddesi olarak da fabrika çay atığı kullanılmıştır. Yapılan çalışmada su alma ve kalınlık artışı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve darbe (şok) direnci değerleri ve irdelenmiştir. Ayrıca morfolojik ve termal özelliklerine bakılmıştır. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve uzamada kopma değerlerinde PP ile üretilen kompozitlerin HDPE kompozitlere göre değerlerin yüksek olduğu ancak, PP kompozitlerde darbe (şok) direnci değerlerinde HDPE kompozitlere göre azalma olduğu görülmüştür. Su alma ve kalınlık artış oranı dolgu maddesi artıça artışı gözlemlenmiştir [78].

Cao ve arkadaşları (2013) yapmış olduğu çalışmada, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve lignoselülozik dolgu maddesi olarak kavak odunu ve keten lifi kullanılmıştır. Lignoselülozik madde ve plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek için % 4 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) ilave edilmiştir. Yapılan çalışmada eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve darbe (şok) direnci değerleri irdelenmiştir. Çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve darbe (şok) direnci değerlerinde genel olarak artış olduğu ancak, Keten lifi ilaveli kompozitlerde eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde azalma olduğu görülmüştür [79].

Ayrılmış ve arkadaşları (2013) yapmış olduğu çalışmada, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve poliprobilen (PP) ve lignoselülozik dolgu maddesi olarak kavak odunu kullanılmıştır. Lignoselülozik madde ve plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek için % 0 -% 3 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) ve maleik anhidritle muamele edilmiş poliprobilen (MAPP) ilave edilmiştir. İlave katkı maddesi olarak % 0-2-4-6 oranında hegzagonal bornitrür (h-BN) kullanılmıştır. Yapılan çalışmada eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, uzamada kopma ve darbe (şok) direnci özellikleri incelenmiştir. (h-BN) katkılı kompozitlerde eğilme direnci ve çekme direnci artış olduğu ancak, darbe (şok) direnci değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. (h-BN) katkı maddesi optimum olarak % 4 olarak belirlenmiştir [80].

## **BÖLÜM 4**

### **MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **4.1. MATERYAL**

##### **4.1.1. Dolgu Maddeleri**

Dolgu maddesi olarak öğütülmüş Sarıçam odun talaşı, atık çay lifi ve fındikkabuğu kullanılmıştır. Sarıçam odun talaşı mobilya atölyesinden kalınlık makinesinden çıkan yongalar kullanılmıştır. Atık çay lifi Trabzon iline bağlı Of ilçesindeki fabrikalardan temin edilmiştir. Fındikkabuğu ise, Adapazarı fındikkabuğu işletmecilerinden temin edilmiştir.

##### **4.1.2. Kullanılan Polimer**

Tez çalışması için Petkim Petro Kimya Holding A.Ş.' den temin edilen Polietilen türü olan granül HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) S 0464 ticari kodlu polimer kullanılmıştır.

##### **4.1.3. Katkı Maddeleri**

Tez çalışması için BORTEK Bor Teknolojileri ve Mekatronik San. Tic. A.Ş. temin edilen nano boyuttaki hegzagonal bor nitrür kullanılmıştır.

##### **4.1.4. Birleştirici Kimyasallar**

Test Numuneleri için birleştirici (coupling agent) olarak Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Kompozitleri Laboratuvarından alınan maleik anhidritle aşılınmış polietilen kullanılmıştır.

## 4.2. YÖNTEM

Lignoselülozik dolgu maddesi (atık çay unu, fındikkabuğu unu ve sarıçam odun unu) katkı ve HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) esaslı kompozitler Çizelge 4.1.'de gösterilen reçeteler yardımıyla üretilmiştir. Atık çay unu (AÇ), fındikkabuğu unu (FK) ve sarıçam odun unu (S) olarak kısaltılmıştır. Tezin diğer bölümlerinde bu şekilde kullanılacaktır.

Çizelge 4.1. Lignoselülozik dolgu maddeleri, katkı maddeleri ve plastik oranlarına ait üretim reçetesi.

Gruplar (%)	Atık Çay	Fındık Kabuğu	Sarıçam odunu	HDPE	Nano-(hBN)	MAPE
Kontrol	-	-	-	% 94	% 3	% 3
30 AÇ	% 30	-	-	% 64	% 3	% 3
30FK	-	% 30	-	% 64	% 3	% 3
30S	-	-	% 30	% 64	% 3	% 3
10AÇ10FK10S	% 10	% 10	% 10	% 64	% 3	% 3
5AÇ5FK20S	% 5	% 5	% 20	% 64	% 3	% 3
20AÇ5FK5S	% 20	% 5	% 5	% 64	% 3	% 3
5AÇ20FK5S	% 5	% 20	% 5	% 64	% 3	% 3

### 4.2.1. Dolgu ve Katkı Maddelerinin Hazırlanması

Tez için kullanılan HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) polimeri, maleik anhidritle aşılınmış polietilen (MAPE) ve nano hegzagonal bornitrür üreticiden direk kullanılacak şekilde alındığı için her hangi bir hazırlanma işlemi uygulanmamıştır. Lignoselüloz ihtiyacını karşılamak için alınan fabrika atığı çay lifleri, fındikkabukları ve sarıçam odun talaşları dolgu hammaddesi olarak kullanılmıştır. Dolgu maddeleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde Orman Fakültesinde Şekil 4.1.'deki öğütücü yardımıyla un haline getirilmiştir.



Şekil 4.1. Öğütücü makinesi [81].

Dolgu maddeleri öğütme işleminden sonra, odun unu partikül boyu üretilecek test örneklerin performanslarında önemli olduğu için 20-40-60-80-100-200 mesh olarak gruplandırılan laboratuvar tipi Şekil 3.2.'deki sarsak elek yardımıyla elenmiştir. Test örnekleri için 40 (0,400 mm) mesh ve 60 (0,250 mm) mesh elek üzerinde kalan lignoselüozik maddeler kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Sarsak elek [81].

Dolgu maddelerin rutubet oranının fazla olması üretim esnasında buhar kabarcıkları oluşturmakta ve fazla rutubet test örneklerinde performans özelliklerini azaltmaktadır. Bu yüzden dolgu maddeleri  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat etüvde kurutulmuştur.

Kurutulan lignoselülozik dolgu maddeleri ve hazır olan katkı maddeleri laboratuvar üretimine hazırlamak için Şekil 4.3.'deki yüksek devirli hızlı karıştırıcı yardımı ile 3 dakika süre ile homojen bir karışım sağlanmıştır.



Şekil 4.3. Polimer kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı [81].

#### 4.2.2. Ekstrüzyon

Homojen bir şekilde hazırlanan karışımlar laboratuvar tipi Şekil 4.4.'deki tek vidalı ekstruder'in besleme ünitesine aktarılmıştır. Tek vidalı ekstruder üretim aşamasından önce polimere uygun sıcaklık ve vida hız ayarları yapılmıştır. Vida hızı 50 rpm (devir/dakika) ve sıcaklıklar ise ekstruder'in beş farklı bölgesinde bulunan ısıtıcıların 170, 175, 180, 185 ve 190 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Besleme ünitesine verilen karışım yüksek sıcaklıkta HDPE polimerinin erimesi ve vida yardımıyla sürtünme etkisi oluşturarak lignoselülozik dolgu maddesi, katkı maddesi ve polimerle birlikte karışması sağlanmıştır. Karışma esnasında dolgu maddelerin içerisinde olan fazla rutubetin uzaklaşması sağlanmıştır. Ekstruder baş kısmından eriyik ve homojen olarak çıkan karışımı kesilerek soğuk su banyosuna sertleşmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.4. Polimer kompozit üretiminde kullanılan tek vidalı ekstruder [81].

#### 4.2.3. Kırma

Ekstruder işleminden sonra soğuk su banyosunda soğuyan pelletler, laboratuvar tipi kırıcı (Şekil 4.5.) yardımı ile boncuk (Şekil 4.6.) haline getirilmiştir.



Şekil 4.5. Laboratuvar tipi kırıcı [81].



Şekil 4.6. Boncuk haline gelen kompozitler.

#### **4.2.4. Kurutma**

Boncuk haline getirilen pelletler, su banyosunda bekletildiği sürece rutubet almasından dolayı  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat etüvde tam kuru hale getirilmiştir.

#### **4.2.5. Kompozitlerin Üretilmesi**

Tam kuru hale gelen boncuk haline getirilen pelletler, test standartları haline getirebilmek için enjeksiyon kalıplama cihazında üretilmiştir.

##### **4.2.5.1. Enjeksiyon-Kalıplama Yöntemiyle Üretim**

Mekanik ve Fiziksel test örnekleri (Şekil 4.7.) Hürmak 88 XD Enjeksiyon kalıplama cihazında üretilmiştir. Bu üretim esnasında 40 rpm vida hızı, besleme kısmından ağız kısmına kadar olan beş farklı kısımdaki sıcaklar 200-190-185-180-175°C sıcaklıkları kullanılmıştır. Enjeksiyon basıncı 100 MPa ve enjeksiyon hızı 40 mm/sn olarak seçilmiştir.





Şekil 4.7. Enjeksiyon kalıplama makinesi [81].

#### 4.2.6. Üretilen Kompozitlerin Özelliklerini Belirlemek İçin Uygulanan Testler

Tez çalışması için üretilen odun-plastik kompozitlerin (OPK) özelliklerini belirlemek için yapılacak testler belirlenmiştir.

##### 4.2.6.1. Yoğunluk

Yoğunluk belirleme, ASTM D-792 standartlarına göre test örneklerine uygulanmıştır [82]. Her bir grup için 5'er adet örnek test edilmiştir. Test için standart' da her hangi bir boyut olarak ifade edildiğinden arta kalan örnekler üzerinde uygulanmıştır. İlk olarak, test örneklerini hava kurusu ağırlıklarının  $\pm 0,01$  gr hassas duyarlıktaki terazide belirledikten sonra  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki destile su içerisine test örneklerini tamamen batırarak sudaki ağırlıkları ölçülmüştür. Yoğunluğu aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Yogunluk (g / cm^3) = d_s \times \frac{m_h}{m_s} \quad (4.2a)$$

Burada;

$m_h$  = Örneğin havadaki ağırlığı(g)

$m_s$  = Örneğin sudaki ağırlığı(g)

$d_s$  = Suyun yoğunluğu ( $0,9975\text{ g/cm}^3$ )

#### 4.2.6.2. Su Alma Oranı

Su alma oranı, ASTM D 1037 standartlarına göre test örneklerine uygulanmıştır [83]. Test örneklerinin su alma oranları 4x16x30 (mm) ebatlarında 5 adet numune kullanılmıştır. İlk olarak test örnekleri  $\pm 0,0001$  gr hassas duyarlıktaki terazide tartılmıştır. Daha sonra  $20 \pm 2$  °C olan su banyosuna test örneklerini birbirine değmeyecek şekilde su seviyesinin üstünden 25 mm aşağıda olacak şekilde konulmuştur. Test süresince 2 saat periyodik olarak sudan çıkartılarak kuru bir bez yardımıyla örneklerin yüzeyindeki fazla su alınmış ve  $\pm 0,0001$  gr hassas duyarlıktaki terazide örneklerin ölçümleri yapılmıştır. Su alma oranı (SA) aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$SA = \frac{m_y - m_k}{m_k} \times 100 \quad (4.2b)$$

SA= Su alma oranı (%)

$m_k$  = Örneğin ilk ağırlığı (g)

$m_y$  = Örneklerin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g)

#### 4.2.6.3. Kalınlık Artış Oranı

Su alma test örneklerini Kalınlık artış oranı için kullanılmıştır. İlk olarak test örnekleri  $\pm 0,01$  mm hassas duyarlıktaki kumpas yardımıyla örneklerin tam ortasından ölçülmüştür. Daha sonra  $20 \pm 2$  °C olan su banyosuna test örneklerini birbirine değmeyecek şekilde su seviyesinin üstünden 25 mm aşağıda olacak şekilde konulmuştur. Test süresince ilk olarak 2 saat daha sonra periyodik olarak her 24 saatte sudan çıkartılarak kuru bir bez yardımıyla örneklerin yüzeyindeki fazla su alınmış ve  $\pm 0,01$  mm hassas duyarlıktaki kumpas yardımıyla örneklerin tam ortasından ölçümleri yapılmıştır. Kalınlık artış oranı (KA) aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (4.2c)$$

KA= Kalınlık artış oranı (%)

$e_k$ = Suda bekletilen numunelerin kalınlığı (mm)

$e_y$ = Suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

#### 4.2.6.4.Eğilme Direnci Özellikleri

Eğilme direnci ve Eğilmede elastikiyet modülü belirlemede Amerikan Standartlarına (ASTM D 790) göre uygun olarak yapılmıştır [84]. Testler, (KSÜ) Orman Fakültesinde (Şekil 4.8.) Zwick/Roell Z010 Universal Test cihazında gerçekleştirilmiştir. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 165 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5 adet örnek kullanılmıştır. Test örneklerinin yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık 80 mm ve test hızı 2 m/dak olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci (ED) ve Eğilmede elastikiyet modülü (EM) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Eğilme direnci testi [81].

$$ED = \frac{3.P_{max}.L}{2.b.d^2} (N/mm^2) \quad (4.2d)$$

ED: Eğilme Direnci (MPa)

$P_{max}$ : Kırılma anındaki uygulanan kuvvet (N)

L: Mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

$d$ : Örnek kalınlığı (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$EM = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \Delta f} \text{ (N / mm}^2 \text{ )} \quad (4.2e)$$

$\Delta F$ : Elastik deformasyon (Yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet) (N)

$L$ : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

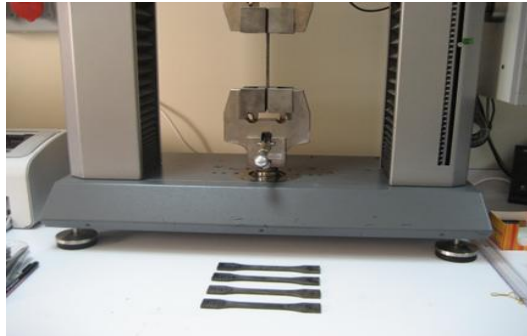
$\Delta f$ : Net eğilme alanındaki sehim (Yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark) (mm)

$b$ : Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

$d$ : Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)

#### 4.2.6.5.Çekme Direnci Özellikleri

Çekme direnci, Çekmede elastikiyet modülü ve Kopmada uzama miktarı belirlemede Amerikan Standartlarına (ASTM D 638) göre uygun olarak yapılmıştır [85]. Testler, (KSÜ) Orman Fakültesinde (Şekil 4.9.) Zwick/Roell Z010 Universal Test cihazında gerçekleştirilmiştir. Test örnekleri 4 mm kalınlığında, 12.75 mm genişliğinde ve 165 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5 adet örnek kullanılmıştır. Test hızı 5 m/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci (ÇD), Çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve Kopmada uzama miktarı (KUM) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.



Şekil 4.9. Çekme direnci testi [81].

Çekme direnci;

$$\mathcal{C}D = \frac{P_{\max}}{A} (N/mm^2) \quad (4.2f)$$

$\mathcal{C}D$ : Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$P_{\max}$ : Maksimum yük (N)

$A$ : Test parçasının kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

Çekmede elastikiyet modülü;

$$\mathcal{C}EM = \frac{\mathcal{C}D}{\varepsilon} (N/mm^2) \quad (4.2g)$$

$\mathcal{C}EM$ : Çekmede elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$\mathcal{C}D$ : Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$ : Çekme testi esnasında oluşan birim uzama (mm<sup>2</sup>)

Kopmada uzama miktarı;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \quad (4.2h)$$

$\Delta L$ : Birim uzama (mm)

$L_0$ : Örnek boyu (mm)

$\varepsilon$ : Kopmada uzama miktarı (%)

#### 4.2.6.6. Darbe Direnci Özellikleri

Darbe direnci testi Amerikan Standartlarına (ASTM D 256) göre uygun olarak yapılmıştır [86]. Testler (KSÜ) Orman Fakültesinde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak test örnekleri üzerinde (Şekil 4.10.) Polytest RayRan cihazı yardımıyla çentik açılmıştır. Daha sonra (Şekil 4.11.) İzod darbe direnci Zwick Roell (HIT5.5P) universal test makinesinde yapılmıştır. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 165 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5

adet örnek kullanılmıştır. Dinamik eğilme direnci (DE) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

Dinamik eğilme direnci;

$$DE = \frac{Q}{b} \quad (4.21)$$

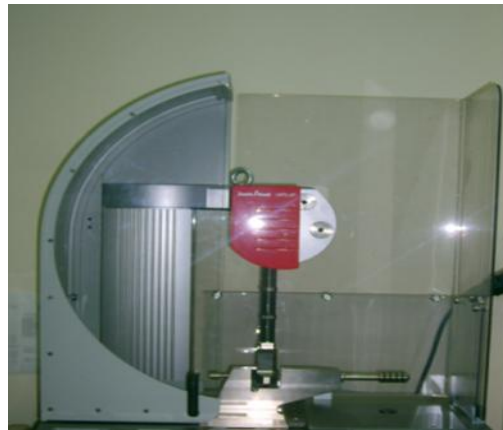
*DE*: Dinamik eğilme direnci (kJ/m<sup>2</sup>)

*Q*: Test örneklerinin kırılması için gerekli enerji (kJ)

*b*: Deneş parçasının radyal ve teğetsel yönlerdeki boyutları (m<sup>2</sup>)



Şekil 4.10. Polytest rayran çentik açmacihazı[81].



Şekil 4.11. Zwick/roell hit5.5p. [81].

## BÖLÜM 5

### BULGULAR

Bulgular ve tartışmalar kısmı Lignoselülozik dolgu maddesi Atık çay unu, Fındikkabuğu unu ve Sarıçam odununun farklı oranlarda uyumlaştırıcı (MAPE) ve nano boyuttaki hegzagonal bor nitrür (hBN) katkı maddesi ile üretilmiş kompozitlerin Fiziksel özellikleri ve Mekanik özellikleri verilmiştir.

#### 5.1.ÜRETİLEN KOMPOZİTLERE AİT FİZİKSEL ÖZELLİKLER

##### 5.1.1.Yoğunluk

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen kompozitlerin yoğunlukları belirlenmiş ve bunlara ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) reçete grup numaralarına göre sırasıyla Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Gruplara göre yoğunluklarına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Gruplar (%)	Yoğunluk	
	A.O (g/cm <sup>3</sup> )	S
Kontrol	1,00	0,00
30 AÇ	1,00	0,00
30FK	0,99	0,00
30S	0,99	0,00
10AÇ10FK1	0,99	0,00
5AÇ5FK20S	0,99	0,00
20AÇ5FK5S	0,99	0,00
5AÇ20FK5S	0,99	0,00

HDPE esaslı odun-plastik kompozitlerin yoğunluğuna bakıldığında, dolgu maddesi miktarının üretim gruplar içerisinde farklı oranlarda kullanılması ile yoğunluğunun

arttığı veya azaldığı gözlemlenmemiştir. Bu durum dolgu maddesi olan gruplarda aynı oranda lignoselülozik maddesi olmasından dolayı açıklanabilir.

### 5.1.2. Su Alma Oranı

HDPE esaslı odun-plastik kompozitlerin su alma oranı (Çizelge 5.2.) incelenmiştir. Çizelgeye bakıldığında, üretim grupları içerisinde su alma oranı suda bekletme süresi ile artışı görülmüştür. Ancak dolgu maddesi miktarının üretim grupları içerisinde farklı oranlarda kullanılması ile büyük bir farklılık görülmemiştir. Bu durum yoğunlukta olduğu gibi dolgu maddesi olan gruplarda aynı oranda lignoselülozik maddesi olmasından dolayı açıklanabilir. Su alma oranlarının saf HDPE'ye göre fazla olması da lignoselülozik malzemelerin bünyesinde hidroksil grupları içerdikleri için hidrofilik yapıdadırlar [87]. Bundan dolayı su sadece kompozitin içerisindeki lignoselülozik materyalin olduğu bölgede absorbe edilebilir. Bu durum da, lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhaların su alma oranını artırmaktadır [88].

Çizelge 5.2. Gruplara göre su alma oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Suda Bekleme Süreleri	24 saat		48 saat		72 saat		96 saat		168 saat	
	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S
Kontrol	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01
30 AÇ	0,49	0,27	0,54	0,28	0,54	0,29	0,61	0,37	0,61	0,40
30FK	0,36	0,42	0,36	0,33	0,36	0,26	0,42	0,15	0,42	0,21
30S	0,24	0,54	0,48	0,50	0,40	0,46	0,43	0,28	0,46	0,27
10AÇ10FK10S	0,32	0,42	0,36	0,56	0,38	0,18	0,42	0,15	0,42	0,27
5AÇ5FK20S	0,12	0,32	0,20	0,19	0,24	0,13	0,34	0,20	0,34	0,17
20AÇ5FK5S	0,24	0,31	0,27	0,36	0,26	0,36	0,33	0,35	0,39	0,32
5AÇ20FK5S	0,10	0,33	0,11	0,13	0,14	0,11	0,17	0,08	0,20	0,11

### 5.1.3. Kalınlık Artış Oranı

HDPE esaslı odun-plastik kompozitlerin su alma oranı (Çizelge 5.3.) incelenmiştir. Çizelgeye bakıldığında, üretim grupları içerisinde kalınlık artış oranı suda bekletme



süresi ile artığı görülmüştür. Ancak dolgu maddesi miktarının üretim gruplar içerisinde farklı oranlarda kullanılması ile su alma oranında olduğu gibi büyük bir farklılık görülmemiştir. Bu durum yoğunlukta ve su alma oranında olduğu gibi dolgu maddesi olan gruplarda aynı oranda lignoselülozik maddesi olmasından dolayı açıklanabilir.

Çizelge 5.3. Gruplara göre kalınlık artış oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Suda Bekleme Süreleri	24 saat		48 saat		72 saat		96 saat		168 saat	
	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S	A.O(%)	S
Kontrol	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01
30 AÇ	0,00	0,00	0,33	0,27	0,58	0,27	1,36	0,14	1,65	0,20
30FK	0,13	0,42	0,19	0,31	0,72	0,29	0,95	0,44	1,34	0,65
30S	0,09	0,84	0,14	0,21	0,66	0,19	1,09	0,51	1,67	0,32
10AÇ10FK10S	0,09	0,21	0,10	0,10	0,43	0,20	1,16	0,35	1,89	0,46
5AÇ5FK20S	0,04	0,10	0,09	0,13	0,38	0,27	1,10	0,52	1,86	0,59
20AÇ5FK5S	0,23	0,23	0,26	0,19	0,46	0,36	0,79	0,45	1,68	0,52
5AÇ20FK5S	0,14	0,21	0,38	0,21	0,57	0,36	0,67	0,26	1,20	0,41

## 5.2. ÜRETİLEN KOMPOZİTLERE AİT MEKANİK ÖZELLİKLER

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve darbe direnci) belirlenmiş ve bunlara ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) reçete grup numaralarına göre sırasıyla verilmiştir.

Atık çay unu, Fındıkkabuğu unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının, her bir grup numarası için elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması ve standart sapmaları verilmesine rağmen buradan sonuçların değerlendirilmesini istatistik analiz yardımı olmadan tartışmak oldukça zor olmaktadır. Bu yüzden mekanik üzerine etkilerinin

önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi yöntemi ile istatistik olarak önemi belirlenmiştir.

### 5.2.1.Eğilme Direnci

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.4.' de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Gruplara göre eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Gruplar (%)	Eğilme Direnci (MPa)		Eğilmede Elastikiyet modülü(MPa)	
	A.O	S	A.O	S
Kontrol	24,58	0,50	660,36	22,66
30 AÇ	34,89	0,40	1408,11	25,81
30FK	32,14	0,70	1321,76	82,62
30S	37,52	0,37	1556,17	31,62
10AÇ10FK10S	36,68	0,30	1528,94	27,54
5AÇ5FK20S	36,95	0,83	1552,72	35,80
20AÇ5FK5S	36,97	0,52	1465,34	67,30
5AÇ20FK5S	34,18	0,36	1437,73	32,69

Eğilme direnci özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.5.'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Gruplara göre eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	648,573a	7	92,653	330,247	0,000
Sabit Terim	46901,952	1	46901,952	1,672E5	0,000
A:Gruplar	648,573	7	92,653	330,247	0,000
Hata	8,978	32	0,281		
Toplam	47559,503	40			
Düzeltilmiş Toplam	657,551	39			

a.R<sup>2</sup> = 0,986

Eğilme testleri sonucunda eğilme direnci Atık çay unu, Fındıkkabuğu unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının odun-plastik kompozitlerin eğilme direnci değerleri birbirlerine yakın bir sonuç vermiştir. Ancak, odun-plastik kompozit içerisindeki Lignoselülozik madde saf HDPE ye göre eğilme direnci büyük bir artış olmuştur. Bu durum, genellikle HDPE, PP ve LDPE ile karşılaştırıldığında daha yüksek eğilme dirençleri verdiği literatür olarak desteklenmektedir [89].

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının eğilme değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.6.'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Gruplara göre eğilme direncine ait duncan sonuçları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
Kontrol	5	24,58	a
30FK	5	32,15	b
5AÇ20FK5S	5	34,19	c
30AÇ	5	34,89	d
10AÇ10FK10S	5	36,69	e
5AÇ5FK20S	5	36,95	ef
20AÇ5FK5S	5	36,97	ef
30S	5	37,52	f

Çizelge 5.7. Gruplara göre eğilmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	3,071E6a	7	438699,078	210,883	0,000
Sabit Terim	7,468E7	1	7,468E7	3,590E4	0,000
A:Gruplar	3070893,548	7	438699,078	210,883	0,000
Hata	66569,534	32	2080,298		
Toplam	7,781E7	40			
Düzeltilmiş Toplam	3137463,082	39			

a.R<sup>2</sup> = 0,979

Eğilme testleri sonucunda eğilme elastikiyet modülünde Atık çay unu, Fındikkabuğu unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının odun-plastik kompozitlerin eğilme elastikiyet modülünde değerleri birbirlerine yakın bir sonuç vermiştir. Ancak, odun-plastik kompozit içerisindeki Lignoselülozik madde saf HDPE ye göre eğilme elastikiyet modülünde büyük bir artış olmuştur. Bu durum, Lignoselülozik maddeler, termoplastiklere oranla daha yüksek elastikiyet modülüne sahiptir [90-91]. Buna örnek olarak, sarıçam odunun eğilmede elastikiyet modülü 8,270 -11,350 N/mm<sup>2</sup> iken HDPE (854,11 N/mm<sup>2</sup>) ve PP' nin (1088,58 N/mm<sup>2</sup>)olan eğilmede elastikiyet modülü değerleri düşüktür [92].

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının eğilme elastikiyet modülüne değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.8.'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Gruplara göre eğilmede elastikiyet modülüne ait homojenlik grupları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
Kontrol	5	660,36	a
30FK	5	1321,72	b
30AÇ	5	1408,08	c
5AÇ20FK5S	5	1437,66	c
20AÇ5FK5S	5	1465,28	c
10AÇ10FK10S	5	1528,90	d
5AÇ5FK20S	5	1552,66	d
30S	5	1556,14	d

### 5.2.2. Çekme Direnci

Çekme direnci, Çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.9.'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Gruplara göre çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Gruplar (%)	Çekme Direnci (MPa)		Çekmede Elastikiyet modülü (MPa)		Kopmada Uzama (%)	
	A.O	S	A.O	S	A.O	S
Kontrol	21,25	0,15	374,74	28,28	114,60	20,43
30 AÇ	20,83	0,55	637,79	24,06	7,10	0,18
30FK	18,8	0,39	504,24	27,04	7,53	1,22
30S	24,36	0,29	606,67	6,77	5,97	0,44
10AÇ10FK10S	20,26	0,46	636,96	24,91	5,58	0,35
5AÇ5FK20S	20,63	0,72	613,85	73,58	5,28	0,46
20AÇ5FK5S	21,15	0,55	595,07	35,46	6,15	0,24
5AÇ20FK5S	18,38	0,06	576,83	15,82	6,08	0,26

Çekme direnci, Çekmede elastikiyet modülü ve Kopmada uzama özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.10.'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Gruplara göre çekme direncine ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	115,654 <sup>a</sup>	7	16,522	81,484	0,000
Sabit Terim	17159,478	1	17159,478	84627,937	0,000
A:Gruplar	115,654	7	16,522	81,484	0,000
Hata	6,488	32	0,203		
Toplam	17281,620	40			
Düzeltilmiş Toplam	122,142	39			

a.  $R^2 = 0,947$

Çekme testleri sonucunda çekme direnci Atık çay unu, Fındıkkabuğu unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının odun-plastik kompozitlerin çekme direnci değerleri saf HDPE ye göre yakın veya bir azalma gözlenmiştir. Bu durum Literatürde, çekme direncindeki düşüşün nedeninin kullanılan termoplastik matrisi ile lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemleri olduğu belirtilmiştir [93].

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının çekme direnci değerleri üzerindeki etkisine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.11.'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Gruplara göre çekme direncine ait duncan grupları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
5AÇ20FK5S	5	18,39	a
30FK	5	18,80	a
10AÇ10FK10S	5	20,27	b
5AÇ5FK20S	5	20,64	bc
30 AÇ	5	20,83	bc
20AÇ5FK5S	5	21,15	c
Kontrol	5	21,25	c
30S	5	24,37	d

Çizelge 5.12. Gruplara göre çekmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	277245,328a	7	39606,475	32,664	0,000
Sabit Terim	1,292E7	1	1,292E7	1,065E4	0,000
A:Gruplar	277245,328	7	39606,475	32,664	0,000
Hata	38801,206	32	1212,538		
Toplam	1,323E7	40			
Düzeltilmiş Toplam	316046,535	39			

a.R<sup>2</sup>=0,877

Çekme testleri sonucunda çekmede elastikiyet modülünde Atık çay unu, Fındıkkabağı unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının odun-plastik kompozitlerin çekme elastikiyet modülünde değerleri birbirlerine yakın bir sonuç vermiştir. Ancak, odun-plastik kompozit içerisindeki Lignoselülozik madde saf HDPE ye göre eğilme elastikiyet modülünde büyük bir artış olmuştur. Bu durum eğilmede elastikiyet modülünde olduğu gibi, Lignoselülozik maddeler

termoplastiklere oranla daha yüksek elastikiyet modülüne sahip olmasından açıklanabilir [90-91].

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının çekme elastikiyet modülüne değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Çizelge 5.13.'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Gruplara göre çekmede elastikiyet modülüne ait duncan sonuçları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
Kontrol	5	374,74	a
30FK	5	504,24	b
5AÇ20FK5S	5	576,84	c
20AÇ5FK5S	5	595,08	cd
30S	5	606,67	cd
5AÇ5FK20S	5	613,85	cd
10AÇ10FK10S	5	613,85	d
30 AÇ	5	636,96	d

Çizelge 5.14. Gruplara göre kopmada uzamaya ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	51374,933a	7	7339,276	140,157	0,000
Sabit Terim	15661,015	1	15661,015	299,076	0,000
A:Gruplar	51374,933	7	7339,276	140,157	0,000
Hata	1675,669	32	52,365		
Toplam	68711,617	40			
Düzeltilmiş Toplam	53050,602	39			

a.R<sup>2</sup>= 0,968

Kopmada uzama sonuçlarına bakıldığında, bu sonuçların Lignoselüloz maddesine miktarındaki artıştan kopmada uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum lignoselülozik maddelerinin plastik içerisine katılmasıyla plastiği daha kırılğan hale getirmesinden kaynaklanmaktadır. Literatüre bakıldığında, lignoselülozik dolgu

oranı artışının kompozit malzemeyi daha sert ve gevrek hale getirmesinden dolayı kopmada uzama miktarında azalma meydana geldiği rapor edilmektedir [94-95-96].

Çizelge 5.15. Gruplara göre kopmada uzama ait duncan sonuçları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
5AÇ5FK20S	5	5,28	a
10AÇ10FK10S	5	5,59	a
30S	5	5,97	a
5AÇ20FK5S	5	6,08	a
20AÇ5FK5S	5	6,15	a
30 AÇ	5	7,10	a
30FK	5	7,53	a
Kontrol	5	114,59	b

### 5.2.3. Darbe Direnci

Darbe direncine ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.16.' da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Gruplara göre darbe direncine ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).

Gruplar (%)	Darbe Direnci (kJ/m <sup>2</sup> )	
	A.O	S
Kontrol	25,52	3,19
30AÇ	5,42	0,52
30FK	5,15	0,33
30S	4,20	0,27
10AÇ10FK10	4,56	0,29
5AÇ5FK20S	4,57	0,42
20AÇ5FK5S	4,93	0,36
5AÇ20FK5S	4,94	0,40



Darbe direnci özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.17.'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Gruplara göre darbe direncine ait varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	1879,121a	7	268,446	191,095	0,000
Sabit Terim	2200,031	1	2200,031	1,566E3	0,000
A:Gruplar	1879,121	7	268,446	191,095	0,000
Hata	44,953	32	1,405		
Toplam	4124,104	40			
Düzeltilmiş Toplam	1924,074	39			

a.R<sup>2</sup> =0,977

Darbe testleri sonucunda darbe direnci Atık çay unu, Fındıkkabuğu unu ve Sarıçam odun unu kullanım oranlarının odun-plastik kompozitlerin darbe direnci değerleri saf HDPE ye göre değerlerde büyük bir oranda azalma gözlenmiştir. Bu durum literatürde, Lignoselülozik maddenin termoplastik matrisi içerisinde dolgu oranı arttıkça kompozit malzemeyi daha sert ve gevrek hale getirir [96-97]. Ayrıca yapılan farklı bir çalışmada, odun ununu % 15'den % 65'e kadar bir polimer içerisinde dolgu olarak kullandıkların da, odun unu miktarı arttıkça kompozit malzemenin sertliği arttığından darbe direncinin azaldığını gözlenmiştir [98].

Çizelge 5.18. Gruplara göre darbe direncine ait duncan sonuçları.

Etkileşimler	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik grubu
30S	5	4,21	a
10AÇ10FK10S	5	4,56	a
5AÇ5FK20S	5	4,57	a
20AÇ5FK5S	5	4,94	a
5AÇ20FK5S	5	4,95	a
30FK	5	5,15	a
30AÇ	5	5,43	a
Kontrol	5	25,53	b

## BÖLÜM6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, lignoselülozik dolgu maddesi olarak sarıçam odun unu, çay fabrika atığı, findikkabuğu unu ve plastik olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı odun plastik kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar ve Öneriler aşağıda verilmiştir.

#### 6.1. SONUÇLAR

1. Sarıçam odun unu, çay fabrika atığı ve findikkabuğu unu dolgu maddesi olarak kullanıldığı HDPE esaslı kompozitler enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilen kompozitlerin dolgu maddesi ve katkı maddesinin yoğunluk üzerinde bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
2. Üretim gruplar içerisinde su alma ve kalınlık artış oranı suda bekletme süresi ile arttığı görülmüştür. Kontrol saf HDPE, diğer lignoselüloz içeren gruplara göre su alma ve kalınlık artış oranlarının çok düşük olduğu görülmüştür. Lignoselülozik dolgulu grupların su alma ve kalınlık artış oranlarının birbirlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir.
3. Dolgu maddesi miktarının üretim gruplar içerisinde farklı oranlarda kullanılması ile Eğilme direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları lignoselülozik maddeye göre değişmiştir. En düşük sonuçlar % 30 oranındaki findikkabuğu 30FK lignoselülozik madde içeren kompozitlerde, en yüksek sonuç ise % 30 sarıçam 30S odun unun'da elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde, eğilme direnci ile aynı özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.
4. Çekme direnci değerleri en düşük sonuçlar 5AÇ20FK5S, en yüksek sonuçlar ise 30S kompozitlerde elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerlerinde,

çekme direnci ile aynı özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. Kopmada uzama miktarı en düşük 5AÇ5FK20S, en yüksek ise 30FK kompozitlerde elde edilmiştir.

5. Darbe direnci değerleri lignoselülozik dolgulu kompozit grupları Kontrol saf HDPE' ye göre büyük bir oranda azalma gözlenmiştir. Lignoselülozik dolgulu grupların darbe direnci değerleri birbirlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

## **6.2. ÖNERİLER**

Günümüzün en büyük problemlerinden olan artan nüfus, kentleşme, sanayileşme ve ihtiyaçların çeşitliliği gibi faktörlerin artması ile mevcut koşullardaki hammadde kaynakları artık yetersiz gelmektedir. Gün geçtikçe azalan hammadde miktarına alternatif hammadde olarak tarımsal atıkların odun plastik kompozit sektörü için kullanılma potansiyeli değerlendirilmelidir. Bu atıkların değerlendirilmesi ile çevre kirliliğinin azaltılması ve ülke ekonomisine ayrı bir gelir sağlayacağı kaynağın değerlendirilmesi sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Gordon, J.E., “The New Science of Strong Materials (or Why You Don’t Fall Through the Floor)”, 2nd edition, *Princeton University Press*, Princeton, NJ, 179, (1988).
2. İnternet: Dr. R.Rangaprasad & Dr.Y.B.Vasudeo, Product Application & Research Center, Reliance Industries Limited, Mumbai [http://www.plastemart.com/upload/literature/Wood\\_Plastic\\_Composites\\_page\\_2.asp](http://www.plastemart.com/upload/literature/Wood_Plastic_Composites_page_2.asp)(2015).
3. İnternet: Türkiye Geliştirme Vakfı “İleri Teknoloji Projeleri (İtep) Destek Programı Raporu (2010)”, [http://www.ttgvg.org.tr/content/docs/ek-2---itep-rapor---2-\(haziran-2011\).pdf](http://www.ttgvg.org.tr/content/docs/ek-2---itep-rapor---2-(haziran-2011).pdf)(2015).
4. Chen, X.Y., Guo, Q.P., and Mi, X.L. “Bamboo fiber reinforced polypropylenecomposites. a study of the mechanical properties” ,*J. Appl. Polymer Science*, 69: 1891-1899 (1998).
5. Maloney, T.M. “The family of wood composite materials” , *Forest Production J.* 46:19 26, (1996)
6. Youngquist, J.A. “Wood-based composites and panel products, In: Wood handbook, wood as an engineering material” , *Madison WI*, FPL-GTR 113, (1999).
7. Sjöström, E., and Alén, R., (Eds): Analytical methods in wood chemistry, pulping, and papermaking. Berlin, Heidelberg: *Springer-Verlag*; (1999).
8. Rowell, RM. “Handbook of wood chemistry and wood composites” , 2nd edition. *Boca Raton FL*, CRC Press, (2012).
9. Ragauskas, A. J., Williams, C. K., Davison, B. H., Britovsek, G., Cairney, J., Eckert, C. A., Frederick, W. J Jr., Hallett, J.P., Leak, D. J., Liotta, C. L., Mielenz, J. R., Murphy, R., Templer, R., and Tschaplinski, T: “The path forward for biofuels and biomaterials” ,*Science*, 311:484–489 (2006).
10. Sims, R. E. H., Mabee W, Saddler J. N, and Taylor, M. “An overview of second generation biofuel technologies” ,*Bioresource Technolgy*, 101:1570–1580 (2010).
11. Metzger, J. O., and Hüttermann, A. “Sustainable global energy supply based on lignocellulosic biomass from afforestation of degraded areas” ,*Naturwissenschaften*, 96:279–288 (2009).

12. Mengenoğlu F.,ve Alma M. H., “Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması”,*KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2) (2002).
13. Cooper, P. A.,and Balatinecz J.J., “Agricultural waste materials ofcomposites”,  
*Centre for Management Technology Global Panel Based Conference (October 18-19)*, Kuala Lumpur, ML, (1999).
14. Türkiye Geliştirme Vakfı, İleri Teknoloji Projeleri (İteP) Destek Programı Raporu. (2010).
15. Gassan, J.,and Bledzki, A.K. “The influence of fiber surface treatment on the mechanical properties of jute-pp composites”,*Composites Part A*, 28A: 993-1000 (1997).
16. Vande Velde, K.,and Keikens, P. “Thermoplastic polymers; overview of severalproperties and their consequences in flax fiber reinforced composites”*Polymer Testing*., 20: 885-893 (2001).
17. Rowell, R. M. “A new generation of composite materials from agro-based fiber”3rd *International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (January 16-20)*, Kuala Lumpur, ML, 659-665 (1995).
18. Saatçioğlu, F., “Results of the 25 years' provenance experiment established by using 16 scotch pine of european and 1 of native provenances in turkey”,*Silvae Genetica 16*, 172-177, (1967).
19. Kavacık, H., “Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği (Gymnospermae-AçıkTohumlular)”, (1967).
20. Sarıçam, “El Kitabı Dizisi”, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Muhtelif Yayınlar Serisi, Nu.67, (1993).
21. Koskı,V. and Antola, J., “National tree breeding and seed production programme for turkey”, *Turkishfinnish Forestry Project*, (1993).
22. Tutuş A., Kurt R., Alma, M.H., ve Meriç, H. “Sarıçam odununun kimyasal analizi ve termal özellikleri”, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 1845-1851, (2010).
23. Tang, S.Z., Kerry, J.P., Sheehan, D. and Buckley, D.J., “Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems”,*Food Chem.*, 76(1): 45-51 (2002).
24. İnternet: “2012 Çaykur İstatistik Bülten”,  
<http://www.caykur.gov.tr/Caykur/2/4/10359/13850/2012-yili-istatistik-bulteni.aspx>(2015).
25. İnternet:“2012 Dünyada Çay Üretimi”,<http://faostat.fao.org>. (2015).

26. Demirbas, A., “Yields of oil products from thermochemical biomass conversion processes”, *Energy Conversion and Management*, 39, 685-690, (1996).
27. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü Fındık 2013 Raporu.
28. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü Fındık 2013 Raporu.
29. İnternet:Fiskobirlik, “Fındık Kullanım Alanları”, <http://www.fiskobirlik.org.tr/sayfalar/findigin-kullanim-alanlari.html>(2015).
30. Güller, Ç.,ve Çobanoğlu, Z., “Plastikler”, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No 6. (1997).
31. İnternet: İstanbul Ticaret Odası,“Plastik Sektör Raporu” <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-75.pdf>(2015).
32. Plastik İşleme Sanayisi Raporu, 2010, İGEME.
33. İzmir Atatürk Organize Proje ve İş Geliştirme Birimi Sanayi Bölgesi İAOSB Haber Dergisi Mayıs 2012 Sayısı
34. İnternet: “Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu (2013)”, [http://www.gaplasder.org/plastik\\_sektor\\_raporu\\_2013.pdf](http://www.gaplasder.org/plastik_sektor_raporu_2013.pdf)(2015).
35. Yaşar, H. , “Plastikler Dünyası”, *Mmo Yayınları*, 2. Baskı,3- 89-97-107-112-115, (2001).
36. Aydın, H., “Pvc üretimi ve katkı Maddeleri”,Bitirme Tezi, *Osmangazi Üniv., Fen Edebiyat Fak., Kimya Bölümü*, Eskişehir, (2001).
37. Saçak, M.,“Polimer Kimyasına Giriş”, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Döner Sermaye İşletme Yayınları*, (1998).
38. Yapar, H.,“Plastiklerin işlenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta , (2002).
39. İnternet: Plastik Teknik, “Plastikler”, <http://www.plastikteknik.com/?p=56>(2015).
40. Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkiran, İ., Yağcı, M. A., Cöbek, M., ve Bilgiç, T., “Polimerler I”, *PAGEV Yayınları*, 17-167, (1999),
41. Yasar H.,“Plastikler Dünyası”, *MMO Yayınları*, 2. Baskı, 116-118-119-121-123-125-127-131-132, (2001).
42. İnternet: Wikipedia, “Polietilen”, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/tr/6/6f/Polyethene\\_monomer.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/tr/6/6f/Polyethene_monomer.png) (2015).

43. Akbulut, T., “Ahşap polimer kompozitleri”, *Yayınlanmamış Doktora Ders Notları*, (2009).
44. Saçak, M., “Polimer Teknolojisi”, *Gazi Kitapevi*, ISBN: 9758895826, 9789758895823 (2005).
45. İnternet: Wikipedia, “HDPE”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/HDPE>(2015).
46. Akkurt, S., “Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı”, *Birsen Yayınevi*, 552 (2007).
47. Ekşi, O.,ve Erdoğan, S., “Plastik esash malzemelerin ıslı Şekil verme özelliklerinin incelenmesi”,*Edirne*, (2007)
48. Rowell, R.M., Young, R.A. and Rowell, J.K., “Paper and composites from agro – based resources”, *CRC Press, Inc.*, 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida, USA, ISBN 1-56670-235-6 (1997).
49. Dalvag, H., Klason, C., and Stromvall, H.E., “The efficiency of cellulosic fillers in common thermoplastics, Part II, Filling with processing aids and coupling agents”, *International Journal of Polymeric Materials*, 11, 9 (1985).
50. Kokta, B.V., Raj, R.G., and Daneault, C., “Use of wood flour as filler in polypropylene; studies on mechanical properties”, *Polymer Plastic Tecnology Engineerin Journal.*, 28, 247 (1989).
51. Sanadi, A.R., Rowell, R.M., and Young, R.A., “Interphase modification in lignocellulosic fiber-thermoplastic composites, engineering for sustainable development”,*AIChE Summer National Meeting*, 24,(1993).
52. Felix, J.M., Gatenholm, P., and Schreiber, H.P., “Controlled interactions in cellulose-polymer composites – I. effect on mechanical properties”, *Polymer Composites*, (14), 449 (1993).
53. Colom, X., Carrasco, F., Pages, P., and Canavate, J., “Effects of different treatments on the interface of HDPE/lignocellulosic fiber composites”, *Composites Science and Technology*, 63, 161–169, (2003).
54. Rowell, R.M., “Advances and challenges of wood polymer composites”, *Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, 20 – 23 November, 2006, Kuala Lumpur, Malaysia, (2006).
55. Aksu,A., “Hegzagonal bor nitrürün karakterizasyonu ve spektrofotometrik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2012).
56. İnternet: “Bor Nitrür”, [http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=boron\\_nitride\\_as\\_solid\\_lubricant](http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=boron_nitride_as_solid_lubricant)(2015).

57. Durukan, O., “Bor nitür nano tabakaları içeren polietilen filmlerin üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir,(2012).
58. Stevens, M.J. “Extruder principles and operation”,*Elsevier Applied Science Publishers*, (1985).
59. Turkovich, R.,and L, Erwin. “Fiber fracture in reinforced thermoplastic processing”,*Polymer Engineering and Science*, 23(13):743-749 (1983).
60. Aslan, M.,“Odun plastik kompozitlerinde geri dönüşüm ve atık malzeme kullanımı”,*VI. Ulusal orman fakülteleri öğrencileri kongresi*, s: 63-67 (2008).
61. Çavdar, A., D. “Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odun-plastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi”, Doktora Tezi,*Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2011).
62. Wolcott, M.P. and Englund, K., “A technology review of wood-plastic composite”, *Proceeding of 33rd International Particleboard/ Composite Materials Symposium*, Washington, USA, 103-111 (1999).
63. Süinanç,Ö, F.,“Odun plastik kompozitlerinin üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar”,*İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).
64. Hüner, Ü., “Plastik esaslı kompozit malzemelerin sıcak birleştirme işlemlerinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, (2008).
65. Martelli, F.G. “Twin-screw extruders: A basic understanding”,*Van Nostrand Reinhold Company*, (1983).
66. Tuğ, S., “Polistiren enjeksiyonunda çevrim zamanı optimizasyonu” Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, (2005).
67. Ersan, M.,ve Tavman, İ.H., “Plastik enjeksiyon yöntemiyle parça imalatı” *Dokuz Eylül Üniversitesi*, (2006).
68. Mattaib, R., Ramarad, S., and Mohd Ishak, Z.A., “Effect of acetylation and MAPE on the properties of steam-exploded acacia mangium fiber–HDPE composites”, 29, 3. (2010).
69. Johnson, D.D.,Jacobson, R., and Maclean, W.D. “Wheat straw as a reinforcing filler in plastic composites”,*Proceeding of the 4th International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*, Madison, s. 2000 (1997).
70. Ajiwe, V.I.E.,Okeke, C.A., Ekwuozor, S.C., and Uba, I.C. “A pilot plant for production of ceiling boards from rice husks”,*Biores. Technol.*, 66: 41-43 (1983).



71. Foulk, J.A., Chao, W.Y., Danny Y.A., Dodd, R.B., and Layton, P.A. “Analysis of flax and cotton fiber fabric blends and recycled polyethylene composites”, *Journal of Polymers and the Environment*, 14: 15-25 (2006).
72. Kurt, R., ve Mengeloğlu, F. “Orman endüstrisi ve tarımsal atıkların odun/plastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi imkanları”, *Proceedings of the Fifth Gap Engineering Congress*, Şanlıurfa, (2006).
73. Panthapulakkal, S., and Sain, M. “Injection molded wheat straw and corn stem filled polypropylene composites”, *Journal of Polymers and the Environment*, 14:265-272 (2006).
74. Adhikary, K., B., Pang, S., and Staiger, M. P. “Dimensional stability and mechanical behavior of wood–plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE)”, *Composites: Part B*, 39 (2008) 807–815, (2007).
75. Mengelolu, F., and Kabakci, A. “Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene composites”, *International Journal of Molecular Sciences*, 9: 107-119, (2008).
76. Mattaib, R., Ramarad, S., and Mohd Ishak, Z.A., “Effect of acetylation and mape on the properties of steam-exploded acacia mangium fiber–hdpe composites”, 29, 3. (2010).
77. Najafi, A., and Khademi-Eslam, H. “Lignocellulosic filler/ recycled hdpe composites: effect of filler type on physical and flexural properties”, *BioResources* 6(3), 2411-2424 (2011).
78. Cavdar, A., D., Kalaycıoğlu, H., and Mengelolu, F. “Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: the effects of plastic type and fiber loading”, *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 30(10), 833–844, (2011).
79. Cao, Y., Wang, W., Wang Q., and Wang, H. “Application of mechanical models to flax fiber /wood fiber/ plastic composites”, *BioResources* 8(3), 3276-3288 (2013).
80. Ayrılmıs, N., Kaymakcı, A., Dunder, Turker., Ozdemir, Ferhat., and Kwon, J. H. “Mechanical and thermal properties of wood plastic composites reinforced with hexagonal boron nitride”, *Proligno*, Vol. 9 N° 4 pp. 435-442, (2013).
81. Şeker, B., “Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle lignoselülozik dolgu maddesi katkılı polistiren esaslı kompozitlerin üretilmesi ve köpüklendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2012).
82. “Standard test method for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement”, ASTM D 792, *Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards*, Philadelphia, (2007).

83. ASTM D 1037, “Evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials”, *ASTM International*, West Conshohocken, PA, (1996).
84. “Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials”, ASTM D 790, *Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards*, Philadelphia (2003).
85. “Standard test method for tensile properties of plastics”, ASTM D 638, *Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards*, Philadelphia, (2001).
86. “Standard test methods for impact resistance of plastics and electrical insulating materials”, ASTM D 256, *Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards*, Philadelphia, (200).
87. Najafi, S.K., Sharifnia, H. and Tajvidi, M., “Effects of water absorption on creep behavior of wood-plastic composites”, *Journal of Composite Materials* ,42, 993- 1002, (2008).
88. George, J., Sreekala M.S. and Thomas, S., “A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites”, *Journal Polymer Engineering and Science*, 41, 9, 1471-1485, (2001).
89. Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S., Kim, S., and Kim, H.J. “Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material filled polyethylene bio-composites”, *Compos. Struct.*,79: 369-375, (2007).
90. Bouafif, H., Koubaa, A., Perré P. and Cloutier, A., “Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites”, *Composites: Part A*, 40, 1975–1981, (2009).
91. Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. and Mirbagheri Y., “Mechanical and physical properties of wood-plastic composite panels”, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 310–319, (2010).
92. İnternet: “Sarıçam Özelliikleri”, <http://www.matbase.com/material/wood/class4-5-10-years/yellow-pine/properties>(2011).
93. Mengeloglu, F. and Kabakci, A., “Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene composites”, *International Journal of Molecular Science*, 9, 107–119, (2008).
94. Sain, M. and Panthapulakkal, S., “Bioprocess preparation of wheat straw fiber and characterization”, *Industrial Crops and Products*, 23, 1–8, (2006).

95. Raj, R.G., Kokta, B.V. and Daneault, C., “Polypropylene-wood fiber composites: effect of fiber treatment on mechanical properties”, *International Journal of Polymeric Materials*, 12, 239-250, (1989).
96. Clemons, C., “Wood–plastic composites in the united states: the interfacing of two industries”, *Forest Products Journal*, 52, 6, 10–18 (2002).
97. Mengeloğlu, F., and Karakuş, K., “Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic composites”, 8, pp: 500-519, (2008).
98. Morreale, M., Scaffaro R., Maio, A. and La Mantia, F.P., “Effect of adding wood flour to the physical properties of a biodegradable polymer”, *Composites: Part A*, 39, 503–513, (2008).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Muhammed Nuri GÜNAY 1988 yılında Akdağmadeni'nde doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini Tokat şehrinde tamamladı. Tokat Atatürk Lisesi'nden 2005 yılında mezun oldu. 2007 yılında Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliğine öğrenime başlayıp 2012 yılında mezun oldu. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Ahşap Yapılar ve Restorasyon Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen Karabük Üniversitesi'nde görevine devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Karabük Üniversitesi  
Orman Fakültesi  
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (544) 4749573

E-posta : m.nurigunay@karabuk.edu.tr