

**MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN  
PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ELDE EDİLEN  
KAVELANIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**2016  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Celal ÇAKIR**

**MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK  
KOMPOZİTLERDEN ELDE EDİLEN KAVELANIN TEKNOLOJİK  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Celal ÇAKIR**

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

**KARABÜK  
Ağustos 2016**

Celal ÇAKIR tarafından hazırlanan “MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ELDE EDİLEN KAVELANIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR

Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

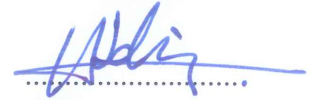


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/08/2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Deniz AYDEMİR (BÜ)



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



...../...../2016

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.”*

Celal ÇAKIR

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERDEN ELDE EDİLEN KAVELANIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Celal ÇAKIR**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR**

**Ağustos 2016, 62 sayfa**

Bu çalışmada, mobilya köşe birleştirmelerinde en yaygın bağlantı elemanı olarak kullanılan kavelanın odun plastik kompozitinden üretilerek mukavemet özellikleri incelenmiş ve üretilen odun plastik kompozitinin fiziksel, mekaniksel ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Üretilen ve temin edilen kavela ile yapılan mobilya birleştirme elemanlarına diyagonal basınç ve diyagonal çekme testleri yapılmıştır. Elde edilen test sonuçlarına göre diyagonal basınç deneyinde en yüksek değer (143,40 N) ahşap kavelada, en düşük değer (49,24 N) piyasadan temin edilen plastik kavelada belirlenmiştir. Diyagonal çekme deneyinde ise en yüksek değer (268,65 N) ahşap kavela verirken, en düşük değer (84,74 N) piyasadan temin edilen plastik kavela da görülmüştür. Sarıçam ve tekstil atığı oranları arttıkça diyagonal basınç ve diyagonal çekme değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak mobilya

köşe birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak odun plastik kompozitten üretilen kavelaların kullanılması önerilebilir.

**Anahtar Sözcükler :** Bağlantı elemanı, kavela, odun plastik kompozit, HDPE, diyagonal çekme, diyagonal basınç.

**Bilim Kodu** : 1204.1.193

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DOWEL OBTAINED FROM THE WOOD PLASTIC COMPOSITES AS FURNITURE CONNECTION ELEMENTS**

**Celal ÇAKIR**

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

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Hüseyin YÖRÜR**

**August 2016, 62 pages**

In this study, investigated the properties of strength producing from wood plastic composite of dowel used as the most common fastener in furniture corner joints and mechanical and morphological, physical properties of the produced wood plastic composite were determined. Dowels conducted from wood plastic composite were made diagonal pressure and diagonal tensile tests. The plastic dowels obtained randomly from the market with (49,24 N) the lowest value and wood dowels with (143,40 N) the highest value in the diagonal compression test according to the test results have been identified. While wooden dowels with (268,65 N) the highest value in the diagonal tensile test, the plastic dowels obtained randomly from the market with (49,24 N) the minimum value has been seen. The increase rates of Scotch pine and textile waste was determined that an increase in diagonal tensile and diagonal

compression values. As a result, the used of dowels made from wood plastic composites as fasteners in furniture corner joints is suggestible.

**Key Words** : Corner joints, dowel, wood plastic composite, HDPE, diagonal tensile, diagonal pressure.

**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 Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YRR'e teŐekkürlerimi sunarım.

Tez çalıŐmamın hazırlanmasında, deneylerin yapılmasında, bilgi ve tecrübeleri ile her zaman desteğini esirgemeyen Sayın ArŐ. Gör. Belgin ŞEKER'e ayrıca Sayın ArŐ. Gör. Muhammed Nuri GÜNAY'a teŐekkürlerimi sunarım.

Bu çalıŐmamda her türlü maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen ve dualarıyla her daim yanımda olan aileme ve değerli büyüklerim Sayın Yusuf İNCİ'ye, Sayın Recep PERİHAN'a 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          |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 1 .....  | 1            |
| GİRİŞ .....  | 1            |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 2 .....  | 3            |
| GENEL BİLGİLER .....   | 3            |
| 2.1. MOBİLYA KAVRAMI .....   | 3            |
| 2.1.1. Mobilyanın Tarihi.....  | 3            |
| 2.1.2. Mobilya Tasarım Türleri .....                                   | 4            |
| 2.1.3. Ağaç Malzemede Birleştirme .....                                | 4            |
| 2.1.3.1. Kavelalı Birleştirme Tekniği .....                            | 5            |
| 2.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ.....               | 6            |
| 2.2.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi Ve Kullanım Alanları..... | 6            |
| 2.2.2. Sarıçam .....   | 7            |
| 2.2.3. Plastikler .....  | 8            |
| 2.2.3.1. Polietilen (PE).....  | 9            |
| 2.2.3.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE).....                      | 10           |
| 2.2.4. Tekstil Atıkları.....   | 11           |
| 2.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİM TEKNOLOJİSİ.....                     | 11           |
| 2.3.1. Ekstrüzyon Yöntemi .....  | 12           |

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.3.2. Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi.....   | 13           |
| 2.3.3. Sıcak Presleme Yöntemi.....   | 15           |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 3 .....  | 16           |
| YAPILAN ÇALIŞMALAR .....   | 16           |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 4 .....  | 23           |
| MATERYAL VE YÖNTEM .....   | 23           |
| 4.1. MATERYAL.....   | 23           |
| 4.1.1. Dolgu Maddeleri.....  | 23           |
| 4.1.2. Kullanılan Polimer.....   | 23           |
| 4.1.3. Katkı Maddeleri.....  | 23           |
| 4.2. YÖNTEM.....   | 23           |
| 4.2.1. Dolgu Ve Katkı Maddelerinin Hazırlanması.....                               | 24           |
| 4.2.2. Ekstrüzyon.....   | 25           |
| 4.2.3. Kırma.....  | 26           |
| 4.2.4. Kurutma.....  | 27           |
| 4.2.5. Kompozitlerin Üretilmesi.....   | 27           |
| 4.2.5.1. Enjeksiyon-Kalıplama Yöntemiyle Üretim.....                               | 27           |
| 4.2.6. Üretilen Kompozitlerin Özelliklerini Belirlemek İçin Uygulanan Testler..... | 28           |
| 4.2.6.1. Yoğunluk.....   | 28           |
| 4.2.6.2. Su Alma Oranı.....  | 29           |
| 4.2.6.3. Kalınlık Artış Oranı.....   | 29           |
| 4.2.6.4. Eğilme Direnci Özellikleri.....   | 30           |
| 4.2.6.5. Çekme Direnci Özellikleri.....  | 31           |
| 4.2.6.6. Darbe Direnci Özellikleri.....  | 32           |
| 4.2.6.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....                           | 34           |
| 4.2.6.8. Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA).....             | 35           |
| 4.2.6.9. Veri Analizi.....   | 36           |

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 4.3. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK<br>KOMPOZİTTEN ÜRETİLEN VE PİYASADAN TEMİN EDİLEN<br>KAVELALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ..... | 36           |
| 4.3.1. Diyagonal Basınç Deneyi .....   | 37           |
| 4.3.2. Diyagonal Çekme Deneyi.....   | 38           |
| <br>BÖLÜM 5 .....  | <br>39       |
| BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....  | 39           |
| 5.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERE AİT FİZİKSEL VE<br>MEKANİKSEL ÖZELLİKLER .....  | 39           |
| 5.1.1. Yoğunluk .....  | 39           |
| 5.1.2. Su Alma Değerleri .....   | 40           |
| 5.1.3. Kalınlık Artış Değerleri .....  | 40           |
| 5.1.4. Çekme Direnci .....   | 41           |
| 5.1.5. Eğilme Direnci.....   | 43           |
| 5.1.6. Darbe Direnci.....  | 44           |
| 5.1.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....   | 44           |
| 5.1.8. Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA).....   | 46           |
| 5.1.9. Verilerin Analizi .....   | 48           |
| 5.2. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK<br>KOMPOZİTTEN ÜRETİLEN VE PİYASADAN TEMİN EDİLEN<br>KAVELALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ..... | 51           |
| 5.2.1. Diyagonal Basınç.....   | 51           |
| 5.2.2. Diyagonal Çekme .....   | 52           |
| <br>BÖLÜM 6 .....  | <br>54       |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....   | 54           |
| 6.1. SONUÇLAR .....  | 54           |
| 6.2. ÖNERİLER .....  | 55           |
| KAYNAKLAR .....  | 56           |
| <br>ÖZGEÇMİŞ .....   | <br>62       |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Polietilen formülasyonu .....  | 10           |
| Şekil 2.2. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması .....   | 12           |
| Şekil 2.3. Enjeksiyon kalıplamada plastikasyon sistemi.....   | 13           |
| Şekil 4.1. Polimer kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı .....   | 25           |
| Şekil 4.2. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan tek vidalı ekstruder.....  | 26           |
| Şekil 4.3. Laboratuvar tipi kırıcı .....  | 26           |
| Şekil 4.4. Boncuk haline gelen kompozitler. ....  | 27           |
| Şekil 4.5. Enjeksiyon kalıplama makinesi .....  | 28           |
| Şekil 4.6. Eğilme direnci testi .....   | 30           |
| Şekil 4.7. Çekme direnci testi .....  | 32           |
| Şekil 4.8. Polytest rayran çentik açma cihazı.....  | 33           |
| Şekil 4.9. Zwick/roell hı5.5p.....  | 33           |
| Şekil 4.10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı. ....   | 34           |
| Şekil 4.11. Termo-travimetrik-diferansiyel termal analizör (TGA/DTA)<br>cihazı .....  | 36           |
| Şekil 4.12. Diyagonal basınç deney düzeneği.....  | 38           |
| Şekil 4.13. Diyagonal çekme deney düzeneği. ....  | 38           |
| Şekil 5.1. Üretilen odun plastik kompozitlere ait SEM görüntüleri.....  | 45           |
| Şekil 5.2. Üretilen odun plastik kompozitlere ait termo-gravimetrik-<br>diferansiyel termal analizör (TGA/DTA) analizi..... | 47           |
| Şekil 5.4. Diyagonal basınç deneyi direnç değerleri grafiği. ....   | 52           |
| Şekil 5.5. Diyagonal çekme deneyi direnç değerleri grafiği.....   | 53           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Çizelge 2.1. 2012 yılında dünyada toplam plastik üretimi.....   | 9            |
| Çizelge 4.1. Lignoselülozik dolgu maddesi, katkı maddeleri ve plastik oranlarına ait üretim reçetesi.....   | 24           |
| Çizelge 4.2. TGA/DTA cihazının teknik özellikleri .....   | 35           |
| Çizelge 4.3. Birleştirme deneyleri için üretim şekilleri.....   | 37           |
| Çizelge 5.1. Gruplara göre kalınlık artış oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).....                                       | 39           |
| Çizelge 5.2. Gruplara göre su alma oranına ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S). .....  | 40           |
| Çizelge 5.3. Gruplara göre kalınlık artış değerlerine ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S).....                                   | 41           |
| Çizelge 5.4. Gruplara göre çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S). ..... | 42           |
| Çizelge 5.5. Gruplara göre eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S).....                  | 43           |
| Çizelge 5.6. Gruplara göre darbe direncine ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S). .....  | 44           |
| Çizelge 5.7. TGA verilerine ait özet veriler .....  | 48           |
| Çizelge 5.8. Üretilen odun plastik kompozitlerinin varyans analizi (ANOVA) sonuçları ( $p \leq 0,005$ ). .....  | 49           |
| Çizelge 5.9. Odun plastik kompozit gruplarının duncan analiz sonuçlarına göre homojenlik grupları.....  | 50           |
| Çizelge 5.10. Diyagonal basınç deneyi direnç değerleri.....   | 51           |
| Çizelge 5.11. Diyagonal çekme deneyi direnç değerleri.....  | 52           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

T : Sıcaklık

T<sub>m</sub> : Erime sıcaklığı

T<sub>d</sub> : Bozunma sıcaklığı

DTG<sub>max</sub> : Birim zamandaki en yüksek kütle kaybı

### KISALTMALAR

OPK : Odun Plastik Kompozit

HDPE : High-Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)

ED : Eğilme Direnci

EM : Elastikiyet Modülü

ÇD : Çekme Direnci

KUM : Kopmada Uzama Miktarı

Mpa : Mega Paskal

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Mobilya, yaşantımızda eskiden olduğu gibi günümüzde de önemli bir yere sahiptir [1]. Dünya nüfusundaki hızlı artış ve bunun sonucunda tüketicinin kaliteli ve sağlam mobilya istekleri, bununla birlikte sürekli azalan orman varlıkları sonucunda mobilya üretiminde ağaç malzemeye alternatif malzemeler ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda lignoselülozik maddelerden ahşap levhalar ve odun plastik kompozitleri üretilmiştir. Bu alternatif malzemeler kutu mobilyalarda köşe birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak da kullanılmıştır. Mobilya sektöründe üretilen bu malzemeler hem ekonomik hem de fiziksel ve mekaniksel özellikleri itibarıyla mobilya sektöründe kullanımı giderek artmaktadır [2].

Ağaç malzeme ve odun esaslı malzemeler, mobilya olgusunun, dolayısı ile mobilya konstrüksiyon tasarımının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Mobilya üretiminde genel olarak üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Bunlar; kutu (panel) tipi konstrüksiyon, çerçeve (iskelet) tipi konstrüksiyon ve kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak adlandırılmaktadır [1].

Kompozit malzemeler, birden fazla malzemenin bir araya gelerek oluşturduğu yeni malzeme olarak adlandırılabilir. Kompozit malzemelerin kullanımına bağlı olarak farklı dolgu ve katkı maddeleri katılabilir. Bu şekilde istenilen polimer kompozit malzemeler elde edilir. Ülkemizde potansiyeli yüksek olan endüstriyel ve tarımsal atıklar odun plastik kompozit malzemeler için alternatif dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Günümüzün önemli problemleri arasında gösterilen hammadde eksikliğine alternatif olarak odun plastik kompozit kullanımı gündeme gelmiştir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar incelendiğinde odun plastik kompozit malzemeler için lignoselülozik dolgu maddesi olarak bazı endüstriyel, orman ve tarımsal atıklar (odun



unu, mdf tozu, buğday, pirinç ve mısır sapı, fındıkkabuğu, çay fabrika atığı) kullanılmıştır.

Bu çalışmada, mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan köşe bağlantı elemanı olan kavelanın odun plastik kompozitinden üretilerek yeni bir ürün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen bu ürünün fiziksel, mekaniksel ve morfolojik özellikleri de incelenmiş, ahşap ve plastik kavela ile de kıyaslaması yapılmıştır.

## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. MOBİLYA KAVRAMI

Günümüzün fizyolojik ve kültürel ihtiyaçları göz önüne alındığında eşya kültüründe istisnasız en önemli pay iç mekân donatı olarak mobilyaya aittir. Bu bakımdan mobilyayı tanımlamak oldukça zordur [1].

TS 4521'e göre "Ağaç mobilya: Oturma, yemek yeme, çalışma, yatma vb. işlerin yapılmasında kolaylık ve rahatlık sağlayan, parçaların büyük çoğunluğu masif, lifli, yongalı ve tabakalı ağaç malzemedен yapılan, taşınabilir ve sabit olarak kullanılan eşya" olarak tanımlanmaktadır [3].

Mobilya kavramı, tasarımından üretimine ve pazarlamasından kullanımına kadar geçen süreci ifade eden, farklı işlem kademelerinden oluşan bir sistem bütünü olarak adlandırılmaktadır [4].

##### 2.1.1. Mobilyanın Tarihi

Yazılı tarihin başlangıcından itibaren insanlar günümüzde kullanılanlardan az ya da çok farklı olmakla birlikte mobilya, mobilya tasarım ve konstrüksiyonuna ait örnekler vermişlerdir [5].

Mobilya tarihinde rastlanılan ilk örnekler, tamamıyla insanların ihtiyaçlarını karşılayacak yönde, işlevselliği ön plana çıkartacak şekilde yapılmıştır. İlkçağlarda yaşamış insanlar, ağaç ve çamurdan yaptıkları eşyalardan önce tasa ve postlara otururlardı. Ahşabın o dönemlere ait kullanım alanlarına ilişkin bilgileri MÖ 4000'li yıllara ait kalıntılardan elde edilmiştir. O dönemlerde ahşap yapının kullanımı

belgelenmiştir. Pek çok mobilya örneği günümüze kadar bozulmadan gelebilmiştir. Örneğin ilk iskemle Mısır'da bulunmuştur. Eski Mısır toplumları papirüs ve palmiye yapraklarından örülmüş yataklar kullanırken önceleri kaba hatlara sahip mobilya mantığında yapılmış eşyalar zamanla yerini özenle işlenmiş, çeşitli figürlerin kullanılmaya başlandığı ürünlere bırakmıştır. Sandalye ve mobilya tarihi Mısır'a dayandığı kadar, Mısır'ın sürekli etkileşim içinde bulunduğu coğrafya, Mezopotamya Bölgesi'nde de mobilya tarihinin izlerinden söz edilir. Söz konusu dönemde binanın kendisiyle bir bütün olarak tasarlanan sabit mobilyalar ve ev içindeki işlerde kullanılmak üzere tekerlekli mobilyalar dikkat çeker (tabure, masa gibi) [6].

### **2.1.2. Mobilya Tasarım Türleri**

Mobilya konstrüksiyon tasarımında performans analizi, ekonomik, estetik ve teknik bakımdan en iyi tasarımların yapılabilmesi açısından önemli olup bilimsel esaslara dayanmalıdır. Bir mobilya üretilirken şu üç tasarım ilkesi dikkate alınması gerekir. Bunlardan birincisi fonksiyonel tasarım, yani mobilyanın ne işe yarayacağını ifade eder. İkincisi estetik tasarım, müşteri talebi ve modanın etkisi dikkate alınarak biçim, çizgi, renk, doku vb. özelliklerin mobilyada sunulmasını ifade eder. Üçüncüsü ise ekonomik tasarımdır. Yani mobilyanın tasarım, üretim, pazarlama ve kullanımında ekonomiklik ilkesini baz alır [1].

### **2.1.3. Ağaç Malzemede Birleştirme**

Ağaç işleri endüstrisinde birleştirmenin amacı, ağaç malzemeyi değerlendirmek, daha geniş yüzeyler elde etmek ve bir mobilyayı meydana getirmek için tutkal haricinde yabancı gereç kullanmadan mobilya elemanlarını birleştirmek için kullanılır [7].

Birleştirme elemanın köşe çizgisi, geniş yüzeye paralel ise yüzey köşe, dik ise çerçeve köşe birleştirme olarak adlandırılır. Uygulama alanları, kapı, pencere, iskelet birleştirmeleri yani ağır yüke maruz kalan köşe birleştirmeleridir. Ayak kayıt birleştirmeleri masif ağaçlardan yapılır. Ayak kayıt birleştirmeleri sandalyelerde ve koltuklarda kullanılmaktadır [8].

### 2.1.3.1. Kavelalı Birleştirme Tekniği

Kavela, iki ahşap elemanın birleştirilmesinde kullanılan silindirik biçimde ağaç parçasıdır. Pah, kavelanın alın çevresinde 45<sup>0</sup> kırılmak sureti ile meydana getirilen dar yüzeydir. Havşa, kavela deliğinin ağız kısmında meydana getirilen 45<sup>0</sup> dar yüzeydir. Kavelalı birleştirme, kavela kullanmak suretiyle iki elemanın köşe, en, boy veya gönyeburun şeklinde birleştirilmesidir [9].

Kavelalar, yapraklı sert ağaç kerestelerinin düzgün lifli ve sağlam olanlarından silindirik biçimde hazırlanmalıdır. Kavelaların üzerinde tutkal yüzeyini artırıcı yivleri olmalıdır. Alın kısımlarında çakılacağı deliğin taban alanına uygun şekilde pah kırılmalıdır. Kavela deliklerinin ağız kısımlarına havşa açılmalıdır. Kavela delikleri özel haller dışında birleştirme yüzeylerinin orta kısımlarında açılmalıdır. Kavela çapları, çakıldıkları parça kalınlığının 1/2-1/3 kadar olmalıdır. Kavela delikleri çakıldıkları parçanın köşesinden en az parça kalınlığı kadar içeriden başlamalıdır. Kavelaların rutubeti %7 olmalıdır. Kavela deliklerinin derinliği lif yönünde en az parça kalınlığı, liflere dik yönde ise parça kalınlığının en az 2/3 kadar olmalıdır. Kavela, kavela deliğinin tabanına oturmalıdır. Kavela, birleştirileceği parçadaki delik boyundan 1 mm kısa hazırlanmalıdır. Kavelalar birleştirilecek elemanın kalınlığına göre 6-8-10-12 mm çaplarında 30-60 mm boylarında olmalıdır [9].

Kavela çapları çakılacağı deliğin çapından %4 daha kalın olarak hazırlanmalıdır. Kavelaların alın kısımlarında törpü veya boy kesme makinesi ile pah kırılmalıdır. Kavela deliklerinin ağız kısımlarına havşa matkabı veya düz kalemle havşa açılmalıdır. Kavela delikleri ve kavelaya yeterli tutkal sürülmelidir. Kavelalar, kavela deliğinin tabanına oturacak şekilde çakılmalıdır. Kavela delik tabanına oturduktan sonra deliğin ağız kısmında toplanan talaş parçaları buradaki havşadan dışarı taşmamalıdır ve delik çevresini çatlatmamalıdır. Tutkal sürülerek birleştirilen elemanlar tutkal ve malzemenin özeliğine göre basınç altında belli bir süre bekletilmeli ve basınç merkezleri kavelalar üzerinde olmalıdır [9].

Uygulanmadaki kolaylığından dolayı mobilya üretiminde en çok tercih edilen birleştirme çeşidi kavelalı birleştirmelerdir. Kavelalı birleştirme yapılan yüzeyler birbirine iyice alıştırılmalıdır. Tutkal sürülerek pekiştirilen yüzeylerde 0,1 mm den daha fazla tutkal katmanı bulunmalıdır [9].

## **2.2. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ**

Odun unu ile plastiklerin karıştırılması sonucu elde edilen kompozitlere odun-plastik kompoziti (OPK) adı verilir. Odun plastik kompozitleri (OPK) için odun unu olarak tarımsal, endüstriyel ve ormansal atıklar kullanılmaktadır. Odun plastik kompozitleri (OPK) için lignoselülozik dolgu maddesi olarak lifler veya un haline getirilmiş malzemeler kullanılmaktadır. Son yıllarda OPK üretimi değişim göstermiştir. OPK üretiminde tecrübe kazanımı, hammaddelerin kullanıma hazır hale getirilmesi gibi faktörler odun plastik kompozitlerin gelişimini doğrudan etkilemiştir. OPK sektöründe orman ürünlerinin payı gün geçtikçe artmaktadır. Bu doğrultuda orman endüstri sektöründe OPK esaslı ürünlerin üretimi ve satışı artmakta olup büyük bir pazar payının oluşmasına kaynaklık etmiştir [10].

OPK üretiminde ilk ekstrüzyon yönteminin 1920 yılında termoplastik ve odun parçacıklarının karıştırılması ile elde edilen ürün İtalya'da patent almıştır. Bu yapılan kompozitler dünyada Wood-Plastic Composites (WPC) olarak geçmekte ve odun termoplastikleri olarak incelenmektedir [11].

Avrupa'da ilk OPK' lar yapılmasına karşı son yıllarda OPK üretimi Amerika'da büyük bir artış göstermiştir. Bu doğrultuda 1983 yılında Amerikalı bir şirket tarafından %50 odun unu ve %50 polipropilen kullanılarak döküm yoluyla istenilen şekle getirilebilen otomotiv içi donanım ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiştir [12].

OPK üretimi 1990'lı yıllara gelindiğinde özellikle yapılar için kereste üretimi yapan sektör haline gelmiştir [13].

### **2.2.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi Ve Kullanım Alanları**

Odun-plastik endüstrisi 1990 yılından itibaren önemli bir büyüme göstermiştir [14]. 2011 yılında odun-plastik kereste selülozik plastikler ve lignoselülozik kompozitlerin yaklaşık olarak 2,4 milyon ton üretildiği tahmin ediliyor. 2016 yılı itibari ile bu üretimin tahmini olarak 4,6 milyon ton olacağını ve bunun da OPK üretim sektörünün dünya çapındaki pazarında yıllık %13,8 gibi önemli bir artış olacağı tahmin edilmektedir [15].

Kuzey Amerika OPK üretimde, 2012 verilerine göre 1,1 milyon ton üretimle Dünya lideridir. Çin 900,000 tonla ikinci sırada yer alırken, Avrupa 260,000 tonla üçüncü sırada yer almaktadır [15].

2012 yılının verilerine Avrupa'da OPK toplam üretim hacmi 260,000 ton iken Almanya OPK üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Bu doğrultuda Almanya'da sadece zemin, dış cephe ve yapı elamanı olarak üretim yapan 20 şirket üretiminin 85,000 tonunu ihraç etmektedir [15].

Ülkemizde OPK kullanımı 2012 yılı itibariyle yaklaşık olarak yıllık 20.000 tona ulaşmıştır. Bunun 15.000 tonu ithal olup, 5.000 tonu ise ülkemizdeki 9 farklı tesiste üretimi yapılmaktadır [16].

OPK üretimi giderek birçok alanda ve ürünlerde özellikle de, inşaat alanında kullanımı artış göstermektedir [17]. Özellikle zemin ve diğer dış yapılarda kullanılmakta olan OPK sektörü giderek daha büyük pay kazanmıştır [18].

### **2.2.2. Sarıçam**

Avrupa'da ve Asya'da 14700 km uzunluğunda ve yaklaşık 3700 km eninde çok geniş bir bölgeye sahip alanda yayılış gösteren sarıçam, Türkiye'de de önemli bir yayılış alanına sahiptir. Sarıçam ortalama olarak 1000–2500 metreler arasında en fazla ve toplu yayılışını yapar. Ülkemizde bulunan sarıçam ormanlarının kapladığı alan 757.426 hektardır. Saf yayılışla birlikte yer yer Gökmar, Ladin, Karaçam, Kayın ve Meşe gibi türlerle yayılabilir. Fakat yükseklerle çıktıkça Sarıçam'ın soğuğa dayanıklılık özelliği ortaya çıkar ve saf yayılış gözlenir [19].

Sarıçam, 20-40 m arasında boy yapmakta, ülkemizde saf ve karışık olarak bir milyon hektara yakın bir saha üzerinde yayılmıştır. Kuzey Doğu Anadolu, Ardahan, Oltu, Posof, Sarıkamış dolaylarında çoğunlukla saf, Yanlızçam Dağları'nda saf veya Ladin ve Göknar gibi diğer ağaç taksonları ile karışık olarak geniş ormanlar kurar. Karadeniz Bölgesi'nde Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant çevresinde geniş bir yayılış gösteren Sarıçam Türkiye toplam orman alanının % 5,5'ini oluşturmaktadır [20,23].

Sarıçam odunu kolay kurutulur, çatlama, çarpılma ve burkulma eğilimi azdır. İyi işlenebilme ve yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey işlemlerinde, reçine sızıntısı nedeniyle güçlük meydana gelebilir. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas olup odunun rutubetinin %25'ten fazla olduğu hallerde ve 20-25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay empenye edilmektedir. Binalarda iç ve dış maksatlarda, empenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha ile kâğıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır [21,24].

Sarıçamın tam kuru yoğunluk değeri ortalama olarak  $0,47-0,49 \text{ g/cm}^3$  ve hava kurusu yoğunluk ise  $0,52 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Liflere paralel basınç direnci,  $550 \text{ kg/cm}^2$ , eğilme direnci,  $1000 \text{ kg/cm}^2$ , makaslama direnci,  $100 \text{ kg/cm}^2$ , dinamik eğilme direnci  $0,4 \text{ kg/cm}^2$ , yarılma direnci  $4,6 \text{ kg/cm}^2$  'dir [25].

### 2.2.3. Plastikler

Plastikler çok büyük polimer molekül ağından oluşmaktadırlar. Polimerler ısı altında gevşeyerek ayrılan, soğuduklarında ise iç içe geçerek ayrılan maddelerdir [26].

Günlük hayatımızda en çok kullandığımız bir malzeme olan plastikler, kullanımı kısa sürede artmış bu da ekonomik olarak önem kazanmıştır. Bu değişim ve gelişimin nedeni plastiklerin özellikleri ve çok çeşitliliği olarak gösterilmektedir. Buna göre plastiklerin temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir [27];

- Yoğunlukları,  $0,8 \text{ g/cm}^3$  ile  $2,2 \text{ g/cm}^3$  arasında değişmektedir. Yoğunluklarının düşük olması özelliği malzemenin hafif olmasını sağlamıştır.
- Renksizdirler. Bu yüzden plastiklere istenilen renk vermek için renklendirici/renk verici maddeler katılır.
- Plastikler, sahip oldukları mekanik özelliklerinden dolayı işlenmesi kolaydır [28].

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. [29].

Çizelge 2.1. 2012 yılında dünyada toplam plastik üretimi [29].

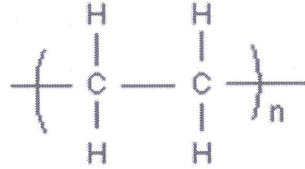
| Bölgeler                 | (%) Yüzde | Milyon Ton |
|--------------------------|-----------|------------|
| Çin                      | 25        | 72         |
| Avrupa                   | 21        | 60         |
| Nafta                    | 20        | 58         |
| Diğer Asya ( Çin Hariç ) | 16        | 46         |
| Orta Doğu + Afrika       | 8         | 23         |
| Latin Amerika            | 7         | 20         |
| Türkiye                  | 3         | 9          |

### 2.2.3.1. Polietilen (PE)

Etilen monomerinin polimerizasyonu sonrasında oluşan, uzun zincirli bir yapıya sahip makro molekülü polimer "Polietilen" olarak adlandırılabilir. Tarihte ilk üretilen polietilen, düşük yoğunluklu polietilen olarak adlandırılan LDPE'dir [30]. 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 (YYPE) ve düz zincirli alçak yoğunluklu polietilen (LDPE) üretimi söz konusu olmuştur [31].



Şekil 2.1. Polietilen formülasyonu [32].

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 [33]. Polietilen düşük, orta ve yüksek yoğunlukta olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

### 2.2.3.2. 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 [34].

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 [35].

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. HDPE, Suya dayanıklı olması nedeniyle tekne ve depo yapımında da kullanılır [35].

#### **2.2.4. Tekstil Atıkları**

Tekstil atıkları, tekstil fabrikalarında üretim sürecinde ya da tüketicilerin kullanım sonrası ortaya çıkan atıklar olarak adlandırılmaktadır. Bu doğrultuda tekstil atıkları tüketim öncesi ve üretim sonrası diye ayrılabilir. Otomotiv, havacılık, ev-bina, mobilya, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kâğıt, giyim, elyaf ve pamuk sanayi yan ürünü vb. malzemeler üretim öncesi sınıfına dahil edilebilir. Tüketim sonrası için de, tüketicinin kullandıktan sonra, eskiyen, yıpranan ve bunun için atmaya karar verdiği, herhangi bir giysi veya tekstil malzemelerinden yapılan ev eşyası bu gruba dahil edilebilir [36].

Tekstil atıkları üç ana gruba ayrılır. Birincisi suni iplik fabrikalarından çıkan atıklar, ikincisi tekstil imalatı atıkları, üçüncüsü ise tüketicilerin tekstil atıklarıdır [37].

TÜİK 2010 yılı verilerine göre, 52 belediyenin düzenli depolama tesisi, 2 tane yakma tesisi, 5 tane kompost tesisi bulunmakta olup, bu bertaraf ve geri dönüşüm tesislerine getirilen toplam atık miktarı 14.632.790 ton ve bu atıklardan 10.000 tonunu tekstil atıkları oluşturmaktadır [38].

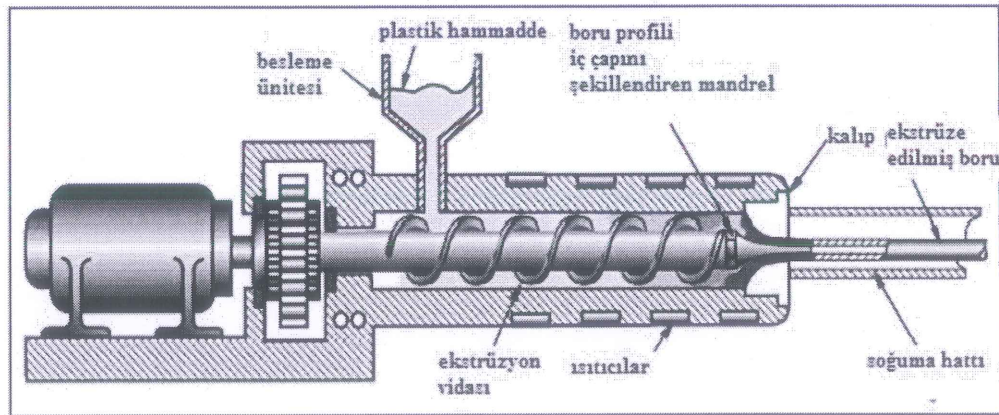
### **2.3. ODUN PLASTİK KOMPOZİT ÜRETİM TEKNOLOJİSİ**

Termoplastik endüstrisi çeşitli ürünleri üretmek için birçok farklı yöntem teknikleri kullanılmıştır [39]. Bu teknikler ekstrüzyon, sıcak presleme ve enjeksiyon kalıplama yöntemidir. Ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yönteminde, bir hareket mekanizması yardımı ile vida kullanır. Bu teknikler plastik üretimi için en yaygın kullanılan yöntemlerdir [40]. Bu yöntemler ayrıca odun-plastik kompozit alanında da yaygın olarak kullanılır [41].

### 2.3.1. Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon, odun-plastik kompozitlere şekil verme ve lignoselülozik maddenin plastik içerisinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlayan bir üretim tekniğidir [42]. 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 [43].

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 [44].

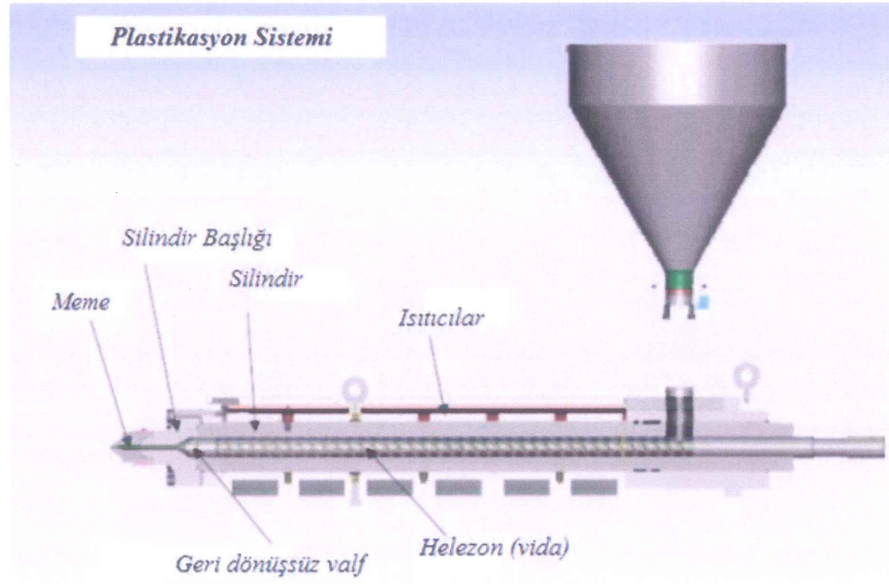


Şekil 2.2. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması [45].

Modern ekstruderler, (Şekil 2.2) hammaddenin aktarılması işlemi 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 [42]. Silindirik duvarlarda vida hareketiyle oluşan sürtünme malzemenin ileriye doğru ilerlemesini aynı zamanda da vidayla beraber hareket etmesini sağlar [45].

### 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 [46].



Şekil 2.3. Enjeksiyon kalıplamada plastikasyon sistemi [46].

Enjeksiyon makinesinin başlıca kısımları (Şekil 2.3); makine gövdesi, plastikasyon ve enjeksiyon ünitesi, mengene ünitesi, hareket sistemi ve kontrol sistemidir [47].

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 aksel 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, aksenal 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 katılaşmaya başlamaktadır.
- Ürünün kalıptan dışarı atılması: Kalıplanan malzeme yeterince soğuduktan sonra kalıp açılmakta ve malzeme itici bir sistem yardımıyla kalıptan dışarı çıkmaktadır [47].

Enjeksiyon kalıplama yönteminin avantaj ve dezavantajları vardır. Enjeksiyon kalıplama sisteminin bazı avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Seri bir şekilde ürün elde edilebilmesi
- Yüksek hacimlerde üretimin mümkün olması
- Diğer işlemlere göre düşük maliyetli olması
- Otomasyona uygun olması
- Malzeme kaybının çok az olması
- Aynı makinede ve aynı kalıpta farklı malzemelerin basılabilmesini sağlaması
- Basılacak ham maddeye farklı ametaller eklenerek basım işleminin gerçekleştirilebilmesidir [48].

Enjeksiyon kalıplama sisteminin bazı dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

- 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 [48].

### 2.3.3. Sıcak Presleme Yöntemi

Sıcak presleme, yüksek basınçta, düşük deformasyon hızında toz metalurjisi prosesi olup, tozları şekillendirmek için kullanılmaktadır. Yeterince yüksek bir sıcaklıkta sinterleme işlemini gerçekleştirmektedir. Bu ise ısı ve basınçtan faydalanılarak gerçekleştirilmektedir [49].

Sıcak presleme, genelde sert ve gevrek malzemeleri üretmek için kullanılmaktadır. Yoğunlaştırma işlemi, partikül düzenlenmesi ve partiküllerin temasında plastik akış ile olmaktadır [49].

## BÖLÜM 3

### YAPILAN ÇALIŞMALAR

Türk 2007 yılındaki çalışmasında plastik ve ahşap esaslı kompozit bisküvilerle hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerinde bazı direnç özelliklerini incelemiştir. Bu doğrultuda kutu mobilyalarda yabancı çıta (bisküvi) elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerin diyagonal basınç ve diyagonal çekme dirençlerinin özelliklerini belirlemiştir. Yapılan çalışmada MDF lam ve suntalam kullanılarak elde edilen köşe birleştirmelere TS 5913 standardına uygun olarak diyagonal basınç ve diyagonal çekme testi uygulamıştır. Test sonuçlarına göre diyagonal basınçta en yüksek performansı suntalam'da plastik bisküvi (387,88 N), en düşük performansı MDF lam'da plastik bisküvinin (190,76 N) verdiğini tespit etmiştir. Diyagonal çekme deneyinde ise en yüksek değeri (740,07 N) ahşap bisküvi, en düşük değeri (581,73 N) plastik bisküvinin verdiğini belirtmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre kutu mobilyaların köşe birleştirmelerinde ahşap bisküvi veya kompozit bisküvi kullanılması önerilmiştir [6].

Efe ve arkadaşları 2007'de yapmış oldukları çalışmada mobilya endüstrisinde kullanılan çeşitli bağlantı elemanlarının mekanik özelliklerinin belirlenmesi için araştırma yapmışlardır. Bu doğrultuda mobilya endüstrisinde sıklıkla kullanılan ağaç malzemelerin T-tipi birleştirmelerinde fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin performanslarını incelemişlerdir. Test örneklerinde ağaç malzeme olarak sarıçam ve doğu kayını, kompozit ağaç malzeme olarak da yonga levha, kaplamalı yonga levha, yönlendirilmiş yonga levha, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), kalıplanmış yonga levha (werzalit), sentetik reçinelerle kaplanmış yonga levha (suntalam), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontraplak kullanmışlardır. Mekanik bağlantı elemanı olarak ise trapez, minifix, eksantrik bağlantı elemanı (blum), yıldız ve alyan başlı vidalar ve ağaç kavela kullanarak birleştirme işlemini yapmışlardır. Test örneklerine ASTM-D 1037 standartlarına göre statik yük deneyleri gerçekleştirirken her bir birleştirme deneyi için de bir bağlantı

elemanı kullanmışlardır. Sonuç olarak yapmış oldukları çalışmada bu alanda çalışacak olan mobilya tasarımcıları ve üreticileri için mobilya mukavemeti hakkında teorik bilgiye kaynak etmelerini amaçlamışlardır [50].

Kasal 2007'de yapmış olduğu çalışmada bazı kompozit ve masif ağaç malzemelerinin kavala tutma performanslarının belirlenmesini amaçlamıştır. Bu doğrultuda ağaç malzeme olarak doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) kullanmıştır. Kompozit malzeme olarak yonga levha (YL), okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak (OKP), orta yoğunlukta lif levha (MDF), sentetik reçinelerle kaplanmış yonga levha (SUNTALAM, lif levha (MDFLAM) ve iki ayrı kalitede yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) kullanmıştır. Yapıştırıcı olarak ise polivinilasetat (PVAc) tutkalını kullanmıştır. Deneyler için 9 farklı malzeme, 2 farklı kavala çapı, 3 kavala girme derinliği ve her test için 10 yenileme örneği olmak üzere kenardan çekme 660 adet, yüzeyden çekme için de 540 adet numune hazırlamış ve bunları statik yük altında denemiştir. Test sonuçları için sayısal formüller oluşturularak tahminler yapmıştır. Sonuç olarak, elde edilen formüller ile test sonuçları karşılaştırıldığında mantıklı bir şekilde tahmin edilebildiğini belirtmiştir [51].

Adhikary ve arkadaşları 2007'de yapmış oldukları çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak testereden çıkan çam odun tozu, plastik olarak da atık plastiklerden yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kullanmışlardır. Uyum sağlayıcı madde olarak ise %3-5 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş polipropilen (MAPP) katılarak bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini incelemişlerdir. Lignoselülozik dolgu madde oranının artmasıyla su alma ve kalınlık artış oranlarında artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde en düşük değer odun testere tozundan elde edilen kompozitler olduğunu tespit etmişlerdir [52].

Karakuş 2008'de yapmış olduğu çalışmada endüstriyel, tarımsal ve orman atıklarının değerlendirilmesi amacıyla odun kompozit malzeme üretmeyi hedeflemiştir. Bu kapsamda lignoselülozik dolgu maddesi olarak pamuk karpeli, buğday sapları ve kereste fabrikası atığı okalıptüs talaşları kullanmıştır. Polimer matrisi olarak atık



yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), su boruları ve polipropilen (PP) meşrubat bardakları kullanılırken, katkı maddesi olarak ise maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) ve maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özelliklerinin iyileştiğini görmüştür. Aynı şekilde katkı maddelerinin polimer kompozit malzemenin mekanik özelliklerinde daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Sonuç olarak endüstriyel, tarımsal ve orman atıklarının bu şekilde değerlendirilmesinin mümkün olduğu ve ülke ekonomisine katkı sunulabileceğini belirtmiştir [53].

Kasal ve arkadaşları 2009'da yapmış oldukları çalışmada farklı ağaç malzemelerden hazırlanmış L-tipi kavela birleştirmelerinin eğilme momentleri üzerine etkisini incelemiştir. Masif ağaç malzeme olarak; sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve kavak (*Populus x eureamericana*), kullanmışlardır. Kompozit ağaç malzeme olarak ise orta yoğunlukta lif levha (MDF), kavak (*Populus x eureamericana*) kontrplak ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak kullanmışlardır. Diyagonal çekme ve diyagonal basınç yükleri altındaki testler için her malzemedan 10'ar adet toplamda ise 120 adet örnek test etmişlerdir. Yapılan test sonuçlarına göre, eğilme moment dirençlerinde en yüksek değer masif doğu kayınında olurken en düşük değer ise masif kavak ve kavak kontrplakda olduğunu tespit etmişlerdir [54].

Efe ve arkadaşları 2009'da yapmış oldukları çalışmada lamine ve masif ağaç malzemelerinin kavela tutma performanslarını incelemiştir. Bu doğrultuda test örnekleri için mobilya endüstrisinde sık kullanılan ağaç malzemelerden doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus nigra*) kullanmışlardır. Toplam 120 test örneği ile statik yük altında kavela tutma mukavemetini incelemiştir. Yapılan test sonuçlarına göre, liflere dik yönde en yüksek değer doğu kayını, en düşük değer ise kavak örneklerinde tespit etmişlerdir. Liflere paralel yönde ise, en yüksek değer sarıçam lamine örneklerinde, en düşük değer ise masif sarıçam örneklerinde tespit edildiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, lamine malzemelerin teknik ve ekonomik yönden masif malzemedan üstünlüğü

nedeniyle çerçeve mobilya üretiminde ve kavala birleştirmelerinde alternatif olarak kullanılabileceğini tavsiye etmişlerdir [55].

Najafi ve Khademi-Eslam 2011'de yapmış oldukları çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak dört farklı madde kullanmışlardır. Bunlar; yüksek yoğunluklu lif levha (MDF) testere tozu, yonga levha testere tozu, odun testere tozu ve pirinç sapı kullanmışlardır. Plastik olarak da atık süt şişelerinden elde edilmiş yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve uyumsuzluğu gidermek için ise %3 oranında maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) ilave ederek odun plastik kompozit malzeme üretmişlerdir. Üretilen kompozit malzemenin bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini incelemişlerdir. Odun testere tozu dolgu maddesi ile üretilen kompozit malzemenin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testlerinin en düşük değeri olduğu gözlemlenirken, su alma ve kalınlık artışı değerlerinin diğer lignoselülozik maddelere göre farklı olduğunu belirtmişlerdir [56].

Çavdar 2011'de yaptığı çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak çay fabrikası atığı ve MDF tozu kullanmıştır. Polimer maddesi olarak da yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen (PP) kullanarak üretilen odun plastik kompozitlerin özelliklerini incelemiştir. Kompozit malzemenin özelliklerini iyileştirmek için bağlayıcı olarak birleştirici (coupling agent) ve yangın geciktiriciler kullanılarak fiziksel, mekanik, ısı ve biyolojik özelliklerine etkisini incelemiştir. Sonuçlar incelendiğinde yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen (PP) polimer maddesine çay fabrikası atığı ve MDF tozuyla üretilen kompozit malzemeler için uygun lignoselülozik dolgu maddesi olduğu ve katkı maddelerinin kompozit malzeme için hedeflenen özelliklerini iyileştirdiğini tespit etmiştir. Bu kapsamda çay fabrikası atığı ve MDF tozunun alternatif lignoselülozik dolgu maddesi olarak kullanılabilmesini ifade etmiştir [57].

Kasal ve arkadaşları 2012'de yapmış oldukları çalışmada kavala birleştirme tekniği ile uygulanan H-tipi birleştirme elemanlarının kesme kuvveti performanslarını araştırmışlardır. Test örnekleri için yonga levha ve MDF'den 16 ve 18 mm kalınlığındaki numuneler hazırlamışlardır. Test örneklerinin birleştirilmesinde ise, 8 mm çapı ve 30 mm uzunluğunda Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve plastik

kavelalar kullanmışlardır. Yapıştırıcı olarak poliüretan esaslı polidol pu bond (PPB) tutkalını kullanmışlardır. Test örneklerini statik yük altında kesme deneylerine tabi tutmuşlardır. Yapılan test sonuçlarına göre; en yüksek kesme kuvveti 18 mm kalınlığındaki MDF'den üretilen ve doğu kayınından yapılmış olan kavela ile birleştirilmiş test örneklerinde olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, kutu mobilya birleştirmelerinde plastik kavelaların mukavemet açısından uygun olmadığını, bunun yerine doğu kayınından üretilen kavelaların kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Bununla birlikte, 18 mm levhalarla hazırlanan örneklerin 16 mm levhalarla hazırlanan örneklere göre daha iyi mukavemet sağladığını ve 16 mm MDF'den yapılan örneklerin 18 mm yonga levhadan üstün olduğunu belirtmişlerdir [58].

Yörür 2012'de yapmış olduğu çalışmada ahşap köşe birleştirmelerinin direnç özelliklerinin belirlenmesinde bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan "teorik modelleme ile elde edilen veriler" ile "uygulamalı metotlarla elde edilen verileri" karşılaştırmıştır. Bu doğrultuda doğu kayını ve sarıçamdan elde edilen kavelalı ve zıvanalı L tipi birleştirmelerde diyagonal basınç, diyagonal çekme deneyi ve eğilme direnci deneyi yapmıştır. Deneylerde meydana gelen deformasyon (açılma-daralma) miktarları bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metodu (SEM-ANSYS Multiphysics) ile analiz ederek modelleme yapmıştır [59].

Şeker 2012'de yapmış olduğu çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak odun unu, bağday sapı unu ve polimer matrisi olarak Polystyrene-*block*-poly(ethylene-*ran*-butylene) *block*polystyrene, katkı maddesi olarak *graft*-maleic anhydride (SEBS-MA) kullanılarak odun plastik kompozitleri üretmiştir. Üretilen odun plastik kompozitlerin bazı mekanik özelliklerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre lignoselülozik dolgu maddesinin oranı arttıkça odun plastik kompozit malzemenin bazı mekanik özelliklerini etkilediği ve iyileştirdiğini, polimer matrisi miktarı arttıkça da bazı mekanik özelliklerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak lignoselülozik dolgu maddesi katkılı polistiren esaslı bu kompozitlerin üretilmesi bu konuda yapılacak olan çalışmalara zemin hazırlayacağını gözlemlemiştir [60].

Acar ve arkadaşları 2014'de yapmış oldukları çalışmada lignoselülozik bir atık olan atık pirinç saplarıyla yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı odun plastik

kompozitleri üretmişlerdir. Üretilen kompozit malzemeyi iyileştirmek için bağlayıcı madde olarak maleik anhidrit graft edilmiş polietilen (MAPE) kullanmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) katılan atık pirinç sapının üretilen kompozit malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. Sadece atık pirinç sapı ilave edildiğinde kompozit malzemenin çekme direnci azalırken, (MAPE) ilave edildiğinde ise numunelerin çekme direncinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte pirinç unu oranı arttıkça çekmede elastikiyet modülünde artış gözlenirken, eğilme direncini çok fazla etkilememiştir ve %50 pirinç sapı ve %2 (MAPE) ilaveli numunelerde ise eğilme direncini arttırdığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak lignoselülozik bir atık olan atık pirinç sapının üretilen odun plastik kompozitlerin bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini ciddi manada iyileştirdiğini tespit etmişlerdir [61].

Acar 2014'de yapmış olduğu çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak endüstriyel atık ve doğal atık olan MDF tozu ve pirinç sapı, polimer matrisi olarak da folyo ile kaplama aşamasında oluşan PVC atıklar, saf PP ve saf YYPE kullanmıştır. Katkı maddesi olarak bağlayıcı görevi görmesi açısından MAPE kullanmıştır. Üretilen odun plastik kompozit malzemenin bazı fiziksel, kimyasal ve termal özelliklerini incelemiştir. Sonuçlar incelendiğinde üretilen kompozitlerin bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini iyileştirdiği, katkı maddesi olarak ilave edilen MAPE'nin olumlu bir etkisinin olduğu gözlemlemiştir. Sonuç olarak endüstriyel ve doğal atıkların odun plastik kompozit malzemeleri için hammadde ihtiyacını karşılayacağı ve atıkların değerlendirilmesi için teşvik ve çalışmalar yapılmasını belirtmiştir [62].

Günay 2015'de yapmış olduğu çalışmada dolgu maddesi olarak çay atığı, fındıkkaşuğu, sarıçam odun unu ve plastik olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), katkı maddesi olarak da anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) ve nano hegzagonal bornitrür (hBN) kullanarak odun plastik kompozitleri üretmiştir. Yapılan test sonuçlarına göre üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özelliklerinin saf HDPE'ye göre artış olduğunu gözlemlemiştir. Sonuç olarak odun plastik kompozitleri için dolgu maddesi olarak atıl durumda bulunan çay fabrika atığı

ve fındikkabuğu atığı önemli bir hammadde ihtiyacını karşılayacağını yapılan çalışmada tespit etmiştir [63].

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 4.1. MATERYAL

##### 4.1.1. Dolgu Maddeleri

Dolgu maddesi olarak piyasadan rastgele tedarik edilen 100 mesh boyutundaki Sarıçam odun unu kullanılmıştır.

##### 4.1.2. Kullanılan Polimer

Tez çalışması için Petro Pack firmasından temin edilen Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) polimeri kullanılmıştır.

##### 4.1.3. Katkı Maddeleri

Bu tez çalışması için katkı maddesi; RAMSEY firmasından temin edilen polyester esaslı tekstil atıkları kullanılmıştır.

#### 4.2. YÖNTEM

Tezde kullanılan lignoselülozik dolgu maddesi olarak sarıçam odun unu, plastik olarak Petro Pack firmasından temin edilen Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), katkı maddesi olarak ise RAMSEY firmasından temin edilen polyester esaslı tekstil atıkları ilave edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kompozit malzemelerin üretim reçetesi Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

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

|    | HDPE | Odun unu | Tekstil atığı |
|----|------|----------|---------------|
| 1. | 100  | -        | -             |
| 2. | 90   | 10       | -             |
| 3. | 80   | 20       | -             |
| 4. | 90   | -        | 10            |
| 5. | 80   | -        | 20            |

#### 4.2.1. Dolgu Ve Katkı Maddelerinin Hazırlanması

Bu tez çalışması için kullanılan yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) polimeri, üretime hazır bir şekilde üreticiden direk alındığı için herhangi bir hazırlanma işlemine tabi tutulmamıştır. Lignoselülozik ihtiyacını karşılamak için 100 mesh boyutundaki sarıçam odun unu dolgu hammaddesi olarak kullanılmıştır.

Üretim esnasında dolgu maddelerinin rutubet oranlarının fazlalığı buhar kabarcıklarına neden olmakta bu da deney örneklerinin özelliklerini etkilemektedir. Dolgu maddelerinin rutubet oranının fazla olması üretim esnasında buhar kabarcıkları oluşturmakta ve fazla rutubet test örneklerinde performans özelliklerini azaltmaktadır. Bundan dolayı  $103\pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat etüvde dolgu maddesi kurutulmaya bırakılmıştır. Odun plastik kompozitlerin üretiminde kullanılacak olan dolgu maddesinin kurutulmuş vaziyette kullanılması önemli bir etkidir. Zira dolgu maddesi muhteviyatında mevcut olan fazla su odun plastik kompozit üretim aşamasında buhar kabarcıkların oluşmasına, bu da üretilecek olan kompozit malzemenin performansını olumsuz etkilemesine neden olacaktır.

Hazırlanan dolgu maddesi, polimer maddesi ve katkı maddelerini laboratuvar üretimine hazırlamak için Şekil 4.4'deki yüksek devirli hızlı karıştırıcı yardımı ile 3 dakika boyunca karıştırılmıştır.



Şekil 4.1. Polimer kompozit üretiminde kullanılan karıştırıcı [60].

#### 4.2.2. Ekstrüzyon

Oluşturulan homojen karışım ekstruder ağzından verilerek, ekstruder içerisindeki sıcaklık ve sürtünmenin etkisiyle bu karışımın eritilmesi ve bünyesindeki fazla rutubetin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Ekstruder içerisinde bulunan farklı ısıtma zonları ile uygun sıcaklık verilmiştir. Ekstruder'in beş farklı bölgesinde bulunan ısıtıcıların 180, 185, 190, 195, 200 °C ve vida hızı 40 rpm (devir/dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu kısımlar plastiğin eritilmesi ve odun unu ve diğer katkı maddeleriyle homojen karışım haline gelmesini sağlayacaktır. Ekstrüzyon işlemi sonrasında su banyosunda soğutulan ve kırıcı yardımıyla boncuk haline getirilen malzeme, su banyosunda kazanmış olduğu rutubeti buharlaştırmak amacıyla tekrar  $100\pm 3$  °C sıcaklıkta 24 saat bekletilerek fırın kurusu haline getirilmiştir.





Şekil 4.2. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan tek vidalı ekstruder [60].

#### 4.2.3. Kırma

Ekstruder işleminden sonra soğuk su banyosunda soğuyan peletler, Şekil 4.3'de gösterilen laboratuvar tipi kırıcı yardımı ile boncuk (Şekil 4.4) haline getirilmiştir.



Şekil 4.3. Laboratuvar tipi kırıcı [60].



Şekil 4.4. Boncuk haline gelen kompozitler.

#### 4.2.4. Kurutma

Peletler boncuk haline getirildikten sonra, su banyosunda bekletildiği için rutubete maruz kalmıştır. Bu doğrultuda peletlerin  $103\pm 2$  °C sıcaklıkta 24 saat etüvde tam kuru hale gelmesi sağlanmıştır.

#### 4.2.5. Kompozitlerin Üretilmesi

$103\pm 2$  °C sıcaklıkta tam kuru hale getirilen peletler, test standartlarına uygun olarak çekme ve eğilme test örneklerinin hazırlanması için enjeksiyon kalıplama cihazı kullanılmıştır.

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

Enjeksiyon-kalıplama yöntemiyle üretim Hürmak 88 XD model enjeksiyon makinesinde gerçekleştirilmiştir. Bu üretim esnasında 40 rpm vida hızı 180-190-200 °C sıcaklıkları kullanılmıştır. Enjeksiyon basıncı 100 MPa ve enjeksiyon hızı 80 mm/sn olarak seçilmiştir.



Şekil 4.5. Enjeksiyon kalıplama makinesi [62].

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

Bu tez çalışması için üretilen odun-plastik kompozitlerin (OPK) bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirlemek için yapılacak olan testler belirlenmiştir.

##### 4.2.6.1. Yoğunluk

ASTM D 792 standartlarına göre test örneklerine yoğunluk belirleme testi uygulanmıştır [64]. Yapılacak test için standartta belli bir ölçü belirtilmediği için arta kalan örnekler kullanılarak uygulanmıştır. Her bir grup için de 5'er adet örnek elde edilmiştir. Test örneklerinin hava kuru ağırlıklarını  $\pm 0,01$  gr hassas duyarlıdaki terazide belirledikten sonra  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki destile su içerisine test örneklerini tamamen batırarak sudaki ağırlıkları ölçülmüştür. Yoğunluk formülü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{)} = d_s \times \frac{m_h}{m_s} \quad (4.1)$$

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

ASTM D 1037 standartlarına göre test örneklerinde su alma oranı uygulanmıştır [65]. 4x13x30 (mm) ebatlarında 5'er adet numune test örneklerinin su alma oranları kullanılmıştır. Test örnekleri  $\pm 0,0001$  gr hassas duyarlıktaki terazide tartılmıştır. Ardından  $20 \pm 2$  °C olan su banyosuna test numunelerin su seviyesinin üstünden 25 mm aşağıda birbirine değmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Sudan çıkartılan test örneklerinin yüzeyindeki su kuru bir bez parçasıyla alınarak  $\pm 0,0001$  gr hassas duyarlıktaki terazide test örneklerin ölçümleri yapılmıştır. Aşağıdaki formülden su alma oranları (SA) hesaplanmıştır.

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

Burada;

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

Kalınlık artış oranı için su alma test deneyinde kullanılan örnekler kullanılmıştır. İlk önce test örnekleri  $\pm 0,01$  mm hassas duyarlıktaki kumpas yardımıyla test örneklerinin tam ortasından ölçülmüştür. Ardından  $20 \pm 2$  °C olan su banyosuna test numuneleri su seviyesinin üstünden 25 mm aşağıda birbirine temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Test süresi boyunca ilk önce 2 saat daha sonra sırasıyla 6-12-24-48-72-96 saat suda bekletilen test örnekleri, sudan çıkartılarak kuru bir bez parçası yardımı ile üstündeki fazla su alındıktan sonra  $\pm 0,01$  mm hassas duyarlıktaki kumpas yardımıyla örneklerin tam ortasından ölçümleri yapılmıştır. Aşağıdaki formülde gösterildiği gibi kalınlık artış oranı (KA) miktarı belirlenmiştir.

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (4.3)$$

Burada;

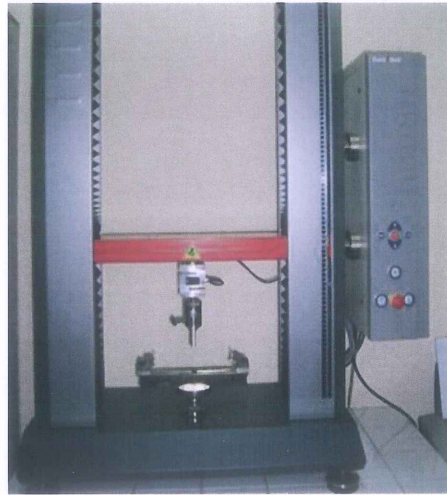
KA= Kalınlık artış oranı (%)

ek= Suda bekletilen numunelerin kalınlığı (mm)

ey= Suyu daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

#### 4.2.6.4. Eğilme Direnci Özellikleri

ASTM D 790 standartlarına göre eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü belirlenmiştir [66]. Testler, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Orman Fakültesinde Şekil 4.6'da gösterilen Zwick/Roell Z010 Universal Test cihazında yapılmıştır. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 150 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5'er adet örnek kullanılmıştır. Test örneklerinin yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık 80 mm ve test hızı 2 m/dak olarak ayarlanmıştır. Aşağıdaki formüle göre eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EM) belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Eğilme direnci testi [60].

$$ED = \frac{3.P_{\max}.L}{2.b.d^2} (N/mm^2) \quad (4.4)$$

ED: Eğilme Direnci (MPa)

P<sub>max</sub>: Kırılma anındaki uygulanan kuvvet (N)

L: Mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

d: Örnek kalınlığı (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$EM = \frac{\Delta F.L^3}{4.b.d^3.\Delta f} (N/mm^2) \quad (4.5)$$

ΔF: Elastik deformasyon (Yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet) (N)

L: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

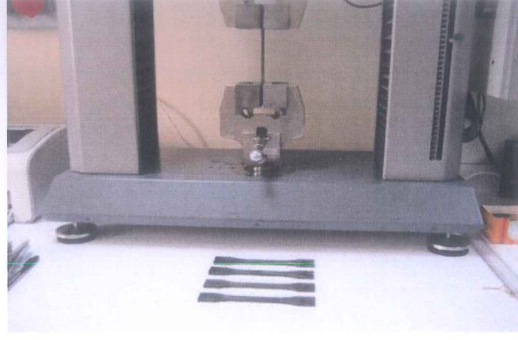
Δf: Net eğilme alanındaki sehim (Yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark) (mm)

b: Deneysel parçasının en kesit genişliği (mm)

d: Deneysel parçasının en kesit kalınlığı (mm)

#### 4.2.6.5. Çekme Direnci Özellikleri

ASTM D 638 standartlarına göre çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı belirlenmiştir [67]. Testler, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Orman Fakültesinde bulunan Şekil 4.7'de gösterilen Zwick/Roell Z010 Universal Test cihazında yapılmıştır. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 165 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5'er adet örnek kullanılmıştır. Test hızı 5 m/dak olarak ayarlanmıştır. Aşağıdaki formüle göre çekme direnci (ÇD) ve çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Çekme direnci testi [60].

Çekme direnci;

$$\text{ÇD} = \frac{P_{\max}}{A} (N/mm^2) \quad (4.6)$$

ÇD: Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

P<sub>max</sub>: Maksimum yük (N)

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

Çekmede elastikiyet modülü;

$$\text{ÇEM} = \frac{\text{ÇD}}{\varepsilon} (N/mm^2) \quad (4.7)$$

ÇEM: Çekmede elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

ÇD: Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

ε: Çekme testi esnasında oluşan birim uzama (mm<sup>2</sup>)

Kopmada uzama miktarı;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \quad (4.8)$$

ΔL: Birim uzama (mm)

L<sub>0</sub>: Örnek boyu (mm)

ε: Kopmada uzama miktarı (%)

#### 4.2.6.6. Darbe Direnci Özellikleri

ASTM D 256 standartlarına göre darbe direnci testi yapılmıştır [68]. Testler, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Orman Fakültesinde bulunan Şekil

4.8’de gösterilen Polytest RayRan cihazında çentik açılmıştır. Ardından Şekil 4.9’da gösterilen İzod darbe direnci ise Zwick Roell (HIT5.5P) universal test makinesinde gerçekleştirilmiştir. Test örnekleri 5 mm kalınlığında, 13 mm genişliğinde ve 65 mm uzunluğunda olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Her bir test grubu için 5’er adet örnek kullanılmıştır. Aşağıda gösterilen formül ile darbe direnci belirlenmiştir.

Dinamik eğilme direnci;

$$DE = \frac{Q}{b} \quad (4.9)$$

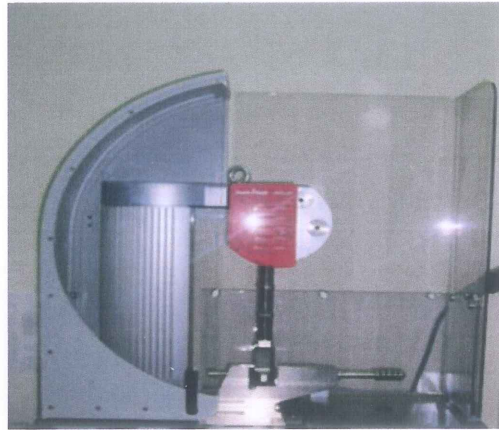
DE= Dinamik eğilme direnci (kJ/m<sup>2</sup>)

Q= Test örneklerinin kırılması için gerekli enerji (kJ)

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



Şekil 4.8. Polytest rayran çentik açma cihazı [60].



Şekil 4.9. Zwick/roell hit5.5p. [60].



#### 4.2.6.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

SEM analizi, Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü SEM laboratuvarındaki Zeiss Ultra Plus FESEM cihazında gerçekleştirilmiştir. Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) cihazı Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Ultra Plus, FESEM olarak adlandırılan emisyonlu tarama elektron mikroskobudur.

- Yüksek çözünürlükte iletken, yalıtkan ve yarı iletken malzemelerin mikro yapı analizleri,
- Yük düzenleyici (charge compensator) ile yalıtkan malzemelerin mikro yapı analizleri,
- Yüksek kaliteli görüntüler için yalıtkan yüzeyleri Au, Au-Pd veya C ile kaplama,
- EDX dedektörü ile kalitatif ve kantitatif kimyasal analizler,
- EDX dedektörü ile bir yüzeyin elementel haritasının çıkarılması,
- Sıcak tabla (hot stage) ile 800 °C'ye kadar herhangi bir sıcaklıkta ve maksimum 30 dakika bekleme süresinde ısıl işlem görmüş numunelerin yapısal ve kimyasal analizi



Şekil 4.10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı.

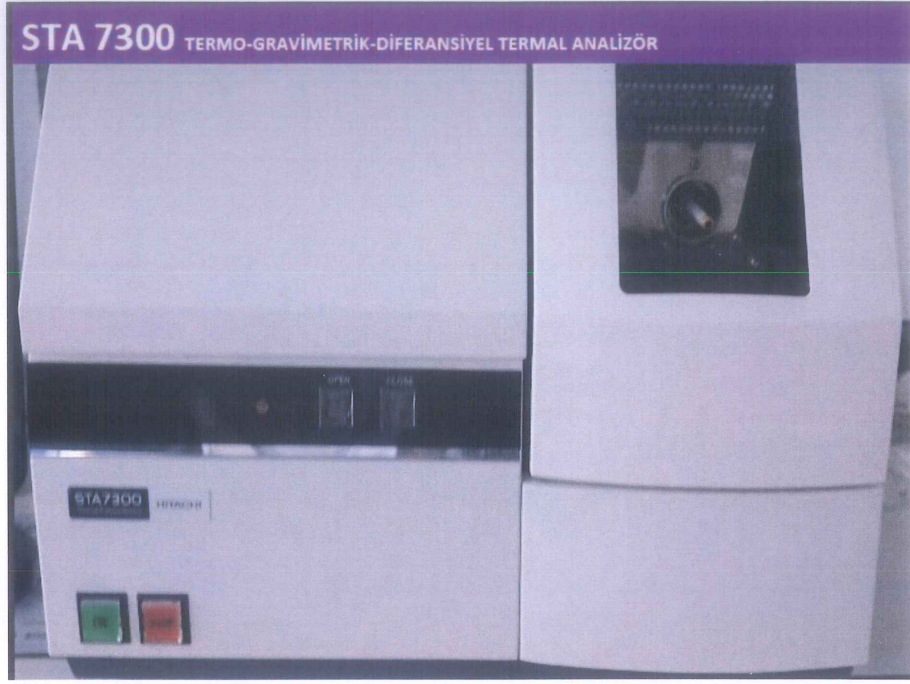
#### 4.2.6.8. Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA)

Termo-Gravimetrik Analizi (TGA), Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü DTA/DSC laboratuvarındaki STA7300 HITACHI marka cihazında yapılmıştır. Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA) cihazı Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

STA sistemli TA 7300 serisi eş zamanlı TG/DTA/DSC ölçümleri sıcaklık dağılımları, kompozisyon analizleri, alevlenebilirlik çalışmaları, oksidatif stabilite ve geçiş sıcaklıkları hakkında bilgi vermektedir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. TGA/DTA cihazının teknik özellikleri

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Balans Sistemi           | Yatay diferansiyel 8p        |
| Sıcaklık Aralığı         | 1500°C ortam sıcaklığı       |
| TG aralığı               | ±400mg                       |
| Tarama hızı              | 100°C /dak                   |
| Maksimum numune ağırlığı | 200mg                        |
| DTA aralığı              | ±100µV                       |
| Atmosfer                 | Hava, inert gaz akışı, Vakum |



Şekil 4.11. Termo-travimetrik-diferansiyel termal analizör (TGA/DTA) cihazı.

#### 4.2.6.9. Veri Analizi

Bu tez çalışmasında üretilen deneme gruplarına ait veri analizleri için ANOVA testi uygulanmıştır.

### 4.3. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK KOMPOZİTTEN ÜRETİLEN VE PİYASADAN TEMİN EDİLEN KAVELALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Mobilyada kullanılan malzeme, seçilen konstrüksiyon ve yardımcı gereçlerin bir uyum içerisinde birleşimi mobilyanın sağlamlığını etkileyen başlıca faktörlerdir. Mobilyaların köşe birleştirmelerinde farklı nedenlerden dolayı mekanik zorlanmalar meydana gelmektedir. Bu mekanik zorlanmalar zamanla mobilyanın köşe birleştirmelerinde deformasyona maruz kalmaktadır. Bunu tespit etmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır [69].

Malzeme türü suntalam seçilmiş ve yapıştırıcı olarak da poliüretan tutkalı, bağlantı elemanı olarak kavela, birleştirme şekli L tipi köşe birleştirme seçilmiştir.

Suntalamdan hazırlanan deney örneklerinde A elemanı 182x200x18 mm, B elemanı 200x200x18 mm ölçülerinde uygulanmıştır. Bağlantı elemanı olarak kullanılacak olan kavelalara ait üretim şekilleri Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Numunelerin genişlik ölçüsü TS. 5913’e (Ahsap mobilya - kitap dolabı) göre belirlenirken, boyları test cihazının minimum ve maksimum ölçüleri göz önüne alınarak tespit edilmiştir.

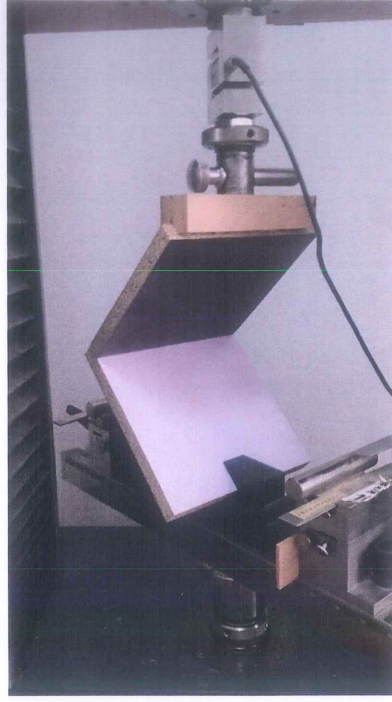
Çizelge 4.3. Birleştirme deneyleri için üretim şekilleri

| Deney Çeşidi            | Birleştirme Tekniği | Malzeme türü | Tutkal cinsi | Bağlantı Elemanı Çeşidi | Tekerrür | Toplam deney sayısı |
|-------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------|----------|---------------------|
| Diyagonal Basınç Deneyi | L Tipi Birleştirme  | Sunta Lam    | Poliüretan   | Ahşap kavela            | 7 adet   | 98 adet             |
|                         |                     |              |              | Plastik kavela          | 7 adet   |                     |
| HDPE                    |                     |              |              | 7 adet                  |          |                     |
| 90HDPE/10S              |                     |              |              | 7 adet                  |          |                     |
| 80HDPE/20S              |                     |              |              | 7 adet                  |          |                     |
| 90HDPE/10T              |                     |              |              | 7 adet                  |          |                     |
| 80HDPE/20T              |                     |              |              | 7 adet                  |          |                     |
| Diyagonal Çekme Deneyi  |                     |              |              |                         |          |                     |

Mobilya birleştirme deneylerinde kullanılan kavela çapı 8 mm, uzunluğu 40mm olarak hazırlanmıştır. Ayrıca kavelaların birleştirilmesinde poliüretan tutkalı firmanın tavsiye ettiği şartlarda 180-200 g/m<sup>2</sup> kullanılmıştır. Deneylerde A parçasına 28 mm, B parçasına 12 mm derinliğinde, 8 mm çapında delikler çoklu delik açma makinesinde açılmıştır.

#### 4.3.1. Diyagonal Basınç Deneyi

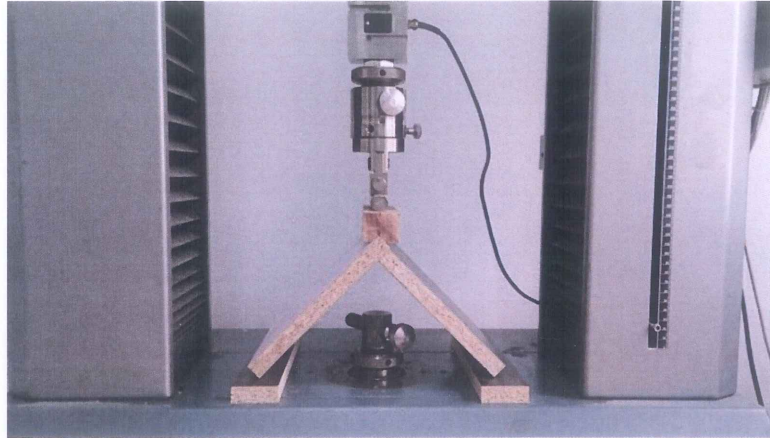
Diyagonal basınç deneyi için, Karabük Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Laboratuvarına ait 5000 kg kapasiteli Üniversal Zwick Roell Z50 test cihazı kullanılmıştır. Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri cihaza bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Şekil 4.12’de diyagonal basınç deneyi ve modellemesi gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Diyagonal basınç deney düzeneği.

#### 4.3.2. Diyagonal Çekme Deneyi

L tipi köşe birleştirme yerlerindeki açılma ve kapanmayı temsil eden diyagonal çekme deneyi için, Karabük Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Laboratuvarına ait 5000 kg kapasiteli Üniversal Zwick Roell Z50 test cihazı kullanılmıştır. Şekil 4.13’de diyagonal çekme deneyi düzeneği ve modellemesi gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Diyagonal çekme deney düzeneği.

## BÖLÜM 5

### BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bulgular kısmı iki ana başlık altında toplanmıştır. Birinci başlıkta, lignoselülozik dolgu maddesi olarak sarıçam odununu, polimer maddesi olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve tekstil atıkları ilavesi ile üretilen odun plastik kompozitlerin bazı fiziksel ve mekaniksel özellikleri incelenmiştir. İkinci başlıkta ise üretilen kompozit kavela ile piyasadan tedarik edilen ahşap kavela ve plastik kavelanın suntalam malzemesi ile birleştirilip, diyagonal basınç ve diyagonal çekme deneyleri yapıp direnç özellikleri incelenmiştir.

#### 5.1. ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERE AİT FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLER

##### 5.1.1. Yoğunluk

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

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

| Gruplar (%)   | Yoğunluk                 |       |
|---------------|--------------------------|-------|
|               | A.O (g/cm <sup>3</sup> ) | S     |
| 1- HDPE       | 0,85                     | 0.010 |
| 2-90HDPE/10S  | 0,90                     | 0.011 |
| 3- 80HDPE/20S | 0,94                     | 0.008 |
| 4- 90HDPE/10T | 0,91                     | 0.010 |
| 5- 80HDPE/20T | 0,93                     | 0.013 |

Odun plastik kompozitlerin yoğunluğuna bakıldığında dolgu maddesi oranının artması ile yoğunluğunun da arttığı görülmüştür. Bu durum katkı maddesi (tekstil atıkları) içinde geçerli olmaktadır. Günay (2015)'de yaptığı çalışmasında sarıçam odununu, çay fabrika atığı ve fındık kabuğu odunu dolgu maddesi olarak kullandığı HDPE esaslı kompozitlerin enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilen kompozitlerin dolgu maddesi ve katkı maddesinin (Bornitrür) yoğunluk üzerinde bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

### 5.1.2. Su Alma Değerleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen kompozitlerin su alma değerleri belirlenmiş ve bunlara ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.2'de verilmiştir.

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

| Suda Bekleme Süreleri | Kontrol |      | 2 Saat |      | 6 Saat |      | 12 Saat |      | 24 Saat |      | 48 Saat |      | 72 Saat |      | 96 Saat |      |
|-----------------------|---------|------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|                       | A.O.    | S.   | A.O.   | S.   | A.O.   | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   |
| Gruplar               | A.O.    | S.   | A.O.   | S.   | A.O.   | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   |
| Kontrol               | 1,44    | 0,02 | 1,44   | 0,02 | 1,44   | 0,02 | 1,44    | 0,02 | 1,44    | 0,02 | 1,44    | 0,02 | 1,44    | 0,02 | 1,44    | 0,02 |
| 90HDPE/10S            | 1,47    | 0,01 | 1,48   | 0,01 | 1,48   | 0,01 | 1,48    | 0,01 | 1,48    | 0,01 | 1,48    | 0,01 | 1,49    | 0,01 | 1,49    | 0,01 |
| 80HDPE/20S            | 1,51    | 0,02 | 1,51   | 0,01 | 1,51   | 0,01 | 1,52    | 0,02 | 1,51    | 0,01 | 1,51    | 0,00 | 1,51    | 0,01 | 1,51    | 0,01 |
| 90HDPE/10T            | 1,51    | 0,02 | 1,52   | 0,02 | 1,51   | 0,01 | 1,48    | 0,01 | 1,51    | 0,02 | 1,51    | 0,01 | 1,51    | 0,02 | 1,51    | 0,02 |
| 80HDPE/20T            | 1,51    | 0,05 | 1,52   | 0,05 | 1,52   | 0,05 | 1,52    | 0,05 | 1,52    | 0,05 | 1,52    | 0,05 | 1,51    | 0,05 | 1,52    | 0,05 |

Çizelge 5.2'ye bakıldığında, odun plastik kompozit gruplarının su alma değerleri suda bekletme süresi ile birlikte çok az bir artış olduğu görülmüştür.

### 5.1.3. Kalınlık Artış Değerleri

Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen kompozitlerin kalınlık artış değerleri belirlenmiş ve bunlara ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.3'de verilmiştir.

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

| Suda Bekleme Süreleri | Kontrol |      | 2 Saat |      | 6 Saat |      | 12 Saat |      | 24 Saat |      | 48 Saat |      | 72 Saat |      | 96 Saat |      |
|-----------------------|---------|------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|                       | A.O.    | S.   | A.O.   | S.   | A.O.   | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   | A.O.    | S.   |
| <b>Kontrol</b>        | 4,10    | 0,03 | 4,10   | 0,03 | 4,10   | 0,03 | 4,10    | 0,03 | 4,10    | 0,03 | 4,10    | 0,02 | 4,10    | 0,02 | 4,10    | 0,03 |
| <b>90HDPE/10S</b>     | 4,21    | 0,02 | 4,20   | 0,06 | 4,21   | 0,03 | 4,22    | 0,02 | 4,22    | 0,03 | 4,23    | 0,3  | 4,22    | 0,02 | 4,22    | 0,01 |
| <b>80HDPE/20S</b>     | 4,13    | 0,0  | 4,13   | 0,0  | 4,13   | 0,0  | 4,15    | 0,01 | 4,15    | 0,01 | 4,15    | 0,01 | 4,15    | 0,00 | 4,15    | 0,01 |
| <b>90HDPE/10T</b>     | 4,19    | 0,04 | 4,19   | 0,04 | 4,19   | 0,04 | 4,20    | 0,04 | 4,20    | 0,03 | 4,20    | 0,04 | 4,20    | 0,04 | 4,20    | 0,03 |
| <b>80HDPE/20T</b>     | 4,17    | 0,10 | 4,18   | 0,10 | 4,19   | 0,08 | 4,21    | 0,09 | 4,20    | 0,08 | 4,20    | 0,03 | 4,20    | 0,07 | 4,20    | 0,07 |

Çizelge 5.3'e bakıldığında, odun plastik kompozit gruplarının kalınlık artış değerleri suda bekletme süresi ile birlikte çok az bir artış olduğu görülmüştür.

#### 5.1.4. Çekme Direnci

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



Çizelge 5.4. Gruplara göre çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S).

| Gruplar %     | Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |       | Çekmede elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> ) |        | Kopmada uzama (%) |       |
|---------------|------------------------------------|-------|---|--------|-------------------|-------|
|               | A.O.                               | S.    | A.O.  | S.     | A.O.              | S.    |
| 1- Kontrol    | 20,624                             | 0,836 | 279,694   | 14,855 | 52,868            | 7,496 |
| 2-90HDPE/10S  | 19,182                             | 0,108 | 358,972   | 9,753  | 30,898            | 4,781 |
| 3- 80HDPE/20S | 19,126                             | 0,219 | 435,030   | 10,010 | 14,754            | 1,439 |
| 4- 90HDPE/10T | 17,786                             | 0,696 | 297,088   | 19,175 | 60,902            | 9,096 |
| 5- 80HDPE/20T | 17,392                             | 0,317 | 284,610   | 30,119 | 14,320            | 1,356 |

Çekme direnci test sonuçları incelendiğinde kontrol (saf HDPE) numuneye göre lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça çekme direncinin (hem HDPE-Sarıçam karışımında hem de HDPE-Tekstil atığı karışımında) azaldığı görülmüştür. Çekme direnci değerlerinde; en yüksek değer 1 nolu kontrol numunesinde (20,624) görülürken, en düşük değer 5 nolu (80HDPE/20T) numunede (17,392) görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde çekmede elastikiyet değerinin kontrol (saf HDPE) numunesine göre karışım oranları arttıkça çekmede elastikiyet değerinin arttığı görülmüştür. Bu doğrultuda çekmede elastikiyet modülü değerlerinde; en yüksek değer 3 nolu (80HDPE/20S) numunede (435,030) görülürken, en düşük değer 1 nolu kontrol numunesinde (279,694) görülmüştür. Karakuş ve Mengeloğlu (2014)'de yapmış oldukları çalışmada, termoplastik nişasta (TPS) esaslı ve buğday sapı unu katkı polimer kompozitlerin içerisine ticari bir polimer olan polikaprolakton (PCL) belirli oranlarda katılarak kompozit malzeme üretimini gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak; PCL oranındaki artışa paralel olarak çekme direncinde ve çekmede elastikiyet modülünde bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Kopmada uzamada ise azalma tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

Çekme direnci test sonuçları incelendiğinde kopmada uzama miktarının plastik oranının azalmasıyla düştüğü her iki karışım grubunda da (HDPE-Sarıçam ve HDPE-Tekstil atığı) görülmüştür. Elde edilen kopmada uzama test sonuçlarına göre; en

yüksek değer 4 nolu (90HDPE/10T) numunesinde (60,902 N) görülürken, en düşük değer 5 nolu (80HDPE/20T) numunede (14,320 N) görülmüştür.

### 5.1.5. Eğilme Direnci

Eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülüne ait aritmetik (A.O) ortalamaları ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.5’de verilmiştir

Çizelge 5.5. Gruplara göre eğilme direnci, eğilmeye elastikiyet modülü ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S).

| Gruplar %     | Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |       | Eğilmeye Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> ) |        |
|---------------|-------------------------------------|-------|--|--------|
|               | A.O.                                | S.    | A.O.   | S.     |
| 1- Kontrol    | 19,440                              | 0,595 | 501,518  | 30,074 |
| 2-90HDPE/10S  | 22,644                              | 0,641 | 675,262  | 29,107 |
| 3- 80HDPE/20S | 26,254                              | 1,011 | 884,978  | 78,460 |
| 4- 90HDPE/10T | 20,846                              | 1,288 | 578,462  | 30,456 |
| 5- 80HDPE/20T | 24,544                              | 0,844 | 658,844  | 10,543 |

Eğilme direnci test sonuçları incelendiğinde saf HDPE’ye göre lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça eğilme direncinin arttığı görülmüştür. Bununla birlikte HDPE-tekstil atığı karışımında tekstil atığı oranının artmasıyla eğilme direncinin arttığı görülmüştür. Elde edilen test sonuçlarına göre eğilme direnci değerlerinde; en yüksek değer 3 nolu (80HDPE/20S) numunede (26,254 N) görülürken, en düşük değer 1 nolu kontrol numunesinde (19,440 N) görülmüştür.

Eğilmeye elastikiyet modülü test sonuçlarına göre saf HDPE’ye göre HDPE ile birlikte kullanılan lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça elastikiyet direncinin arttığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde HDPE-tekstil atığı karışımında tekstil atığı oranının artmasıyla da elastikiyet modülünün arttığı belirlenmiştir. Elde edilen eğilmeye elastikiyet modülü test sonuçlarına göre; en yüksek değer; 3 nolu (80 HDPE/20S) numunede (884,978 N) görülürken, en düşük değer; 1 nolu kontrol

numunesinde (501,518 N) görülmüştür. Karakuş vd. (2014)'de yaptıkları çalışmada, PLA ve AYPE esaslı termoplastik kompozitlerin orman budama atıklarından elde edilen unlarla takviye edilerek üretilen kompozitlerde PLA ve AYPE oranı arttıkça eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığını belirlemişlerdir.

### 5.1.6. Darbe Direnci

Darbe direncine ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S) Çizelge 5.6'da verilmiştir.

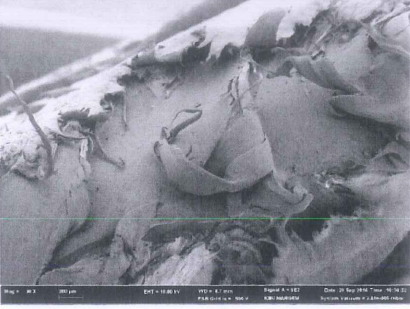
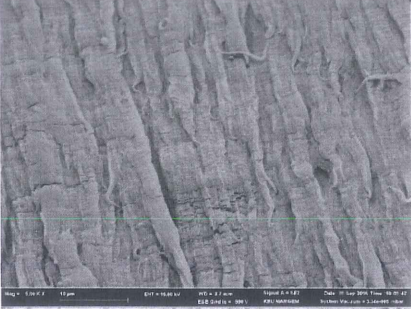

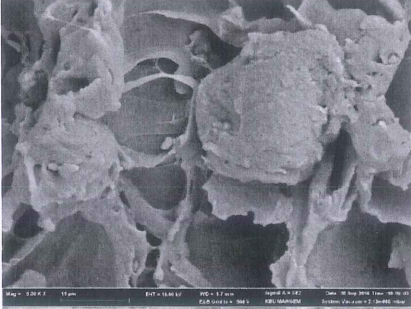

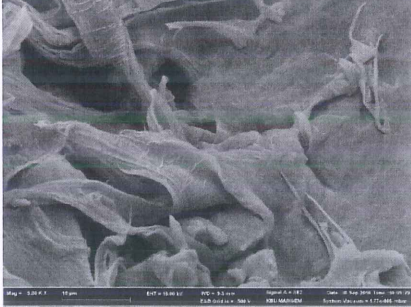
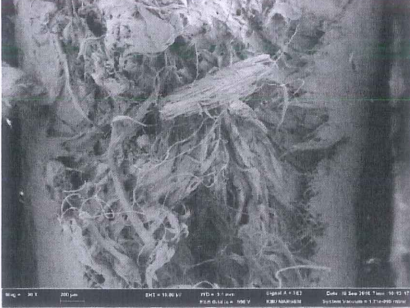
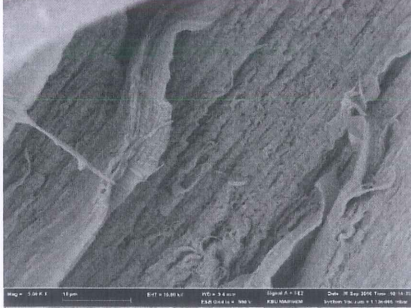
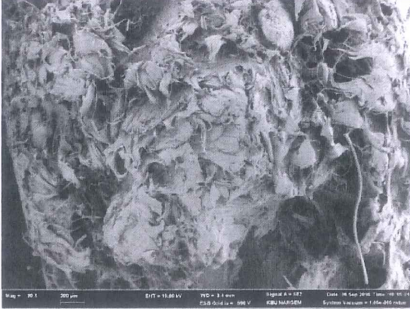
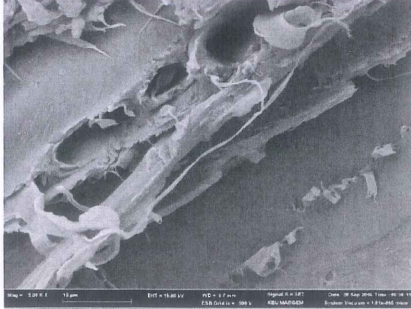
Çizelge 5.6. Gruplara göre darbe direncine ait aritmetik ortalamaları (A.O) ve standart sapmaları (S).

| Gruplar %     | Darbe direnci<br>(kJ/m <sup>2</sup> ) |       |
|---------------|---------------------------------------|-------|
|               | A.O.                                  | S.    |
| 1- Kontrol    | 21,518                                | 3,996 |
| 2-90HDPE/10S  | 13,872                                | 1,021 |
| 3- 80HDPE/20S | 11,302                                | 0,644 |
| 4- 90HDPE/10T | 9,822                                 | 0,926 |
| 5- 80HDPE/20T | 4,345                                 | 0,522 |

Yapılan darbe direnci test sonuçlarına göre saf HDPE'nin en yüksek darbe direnci değerine sahip olurken lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça darbe direncinin düştüğü görülmüştür. HDPE-tekstil atığı karışımında, tekstil atığı oranının artmasıyla darbe direncinin azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre darbe direnci değerlerinde; en yüksek değer 1 nolu kontrol numunesinde (21,518 N) görülürken, en düşük değer 5 nolu (80HDPE/20T) numunede (4,345 N) olduğu gözlemlenmiştir.

### 5.1.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Üretilen odun plastik kompozitlerin morfolojik özelliklerini görmek amacıyla Şekil 5.1'de SEM görüntüleri verilmiştir.

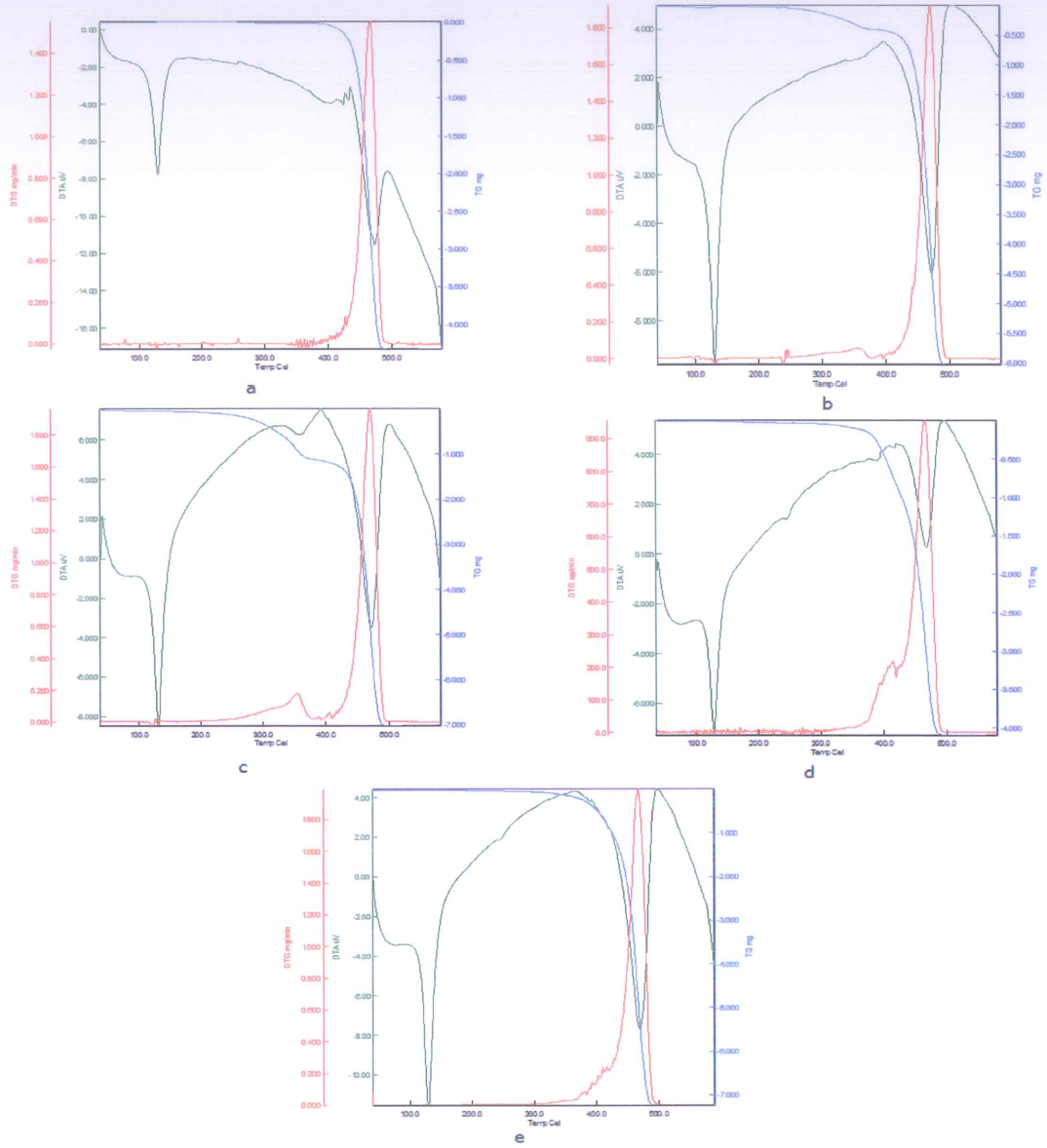
| Gruplar       | 90x   | 5000x  |
|---------------|---|--|
| 1- Kontrol    |    |    |
| 2-90HDPE/10S  |    |    |
| 3- 80HDPE/20S |   |   |
| 4- 90HDPE/10T |  |  |
| 5- 80HDPE/20T |  |  |

Şekil 5.1. Üretilen odun plastik kompozitlere ait SEM görüntüleri

Şekil 5.1’de (1) nolu kontrol polimerinin iç yapısını göstermektedir. %10 ve %20 oranlarında sarıçam odun unu (2 ve 3) ilavesi sonrası morfolojik yapının topografisinin bozulduğu ve daha karışık bir hal aldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı oluşum tekstil atığı ilavesiyle de saptanmıştır. Sarıçam odun unu ilavesi sonrası morfolojik yapı içerisinde odun partiküllerinin dağılımı saptanmıştır. Bazı bölgelerde odun partiküllerinin daha yakın ve gruplar halinde olduğu da saptanmıştır. Tekstil atıklarının ilavesiyle ise lif parçalarının yapı içerisinde dağılımları saptanmış ve tekstil atığı oranı arttıkça yapının içerisinde saçaklı bir oluşumun yoğunlaştığı saptanmıştır.

#### **5.1.8. Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA)**

Üretilen odun plastik kompozitlere ait Termo-Gravimetrik-Diferansiyel Termal Analizör (TGA/DTA) analizi Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Üretilen odun plastik kompozitlere ait termo-gravimetrik-diferansiyel termal analizör (TGA/DTA) analizi (a: Kontrol, b: 90HDPE/10S, c: 80HDPE/20S, d: 90HDPE/10T, e: 80HDPE/20T).

Şekil 5.2’de verilen grafiklere ait özet veriler Çizelge 5.7’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.7. TGA verilerine ait özet veriler.

|                   | TGA (°C)         |                  |                  |             | DTG (°C)           | DTA (°C)       |                |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|
|                   | T <sub>10%</sub> | T <sub>50%</sub> | T <sub>90%</sub> | Residue (%) | DTG <sub>max</sub> | T <sub>m</sub> | T <sub>d</sub> |
| <b>Kontrol</b>    | 442,3            | 462,9            | 474,9            | 99,9        | 467,8              | 130,4          | 470,1          |
| <b>90HDPE/10S</b> | 431,1            | 465,2            | 478,7            | 99,8        | 470,7              | 129,7          | 472,5          |
| <b>80HDPE/20S</b> | 342,2            | 463,5            | 478,8            | 99,8        | 470,8              | 131,5          | 472,           |
| <b>90HDPE/10T</b> | 399,5            | 455,9            | 474,9            | 99,8        | 465,7              | 127,9          | 469,2          |
| <b>80HDPE/20T</b> | 413,7            | 461,3            | 477,1            | 99,7        | 468,1              | 129,8          | 470,8          |

Şekil 5.2’deki TGA eğrilerinden faydalanılarak hazırlanan Çizelge 5.7 incelendiğinde sarıçam odun unu ve tekstil atığı ilavesinin bazı iyileşmeler sağladığı saptanmıştır. T%10’da (%10 kütle kaybındaki sıcaklık derecesi) kontrol numune için en yüksek olduğu (442,3°C) belirlenmiştir. T%50’de (%50 kütle kaybındaki sıcaklık derecesi) ise odun ilavesiyle bu kütle kayıplarındaki sıcaklık derecelerinin arttığı, tekstil atığı ilavesiyle ise düştüğü gözlenmiştir. Tekstil atığındaki bu düşüşün atıklardaki farklı polimerlerden kaynaklandığı söylenebilir. T%90’da bu sıcaklıkla gerek sarıçam odun unu gerekse tekstil atığı ilavesiyle yükselmiştir. DTG<sub>max</sub> (birim zamandaki en yüksek kütle kaybı) incelendiğinde ise sarıçam odun unu ilaveli kompozitlerin daha yüksek sıcaklıkta en yüksek kütle kaybı verdiği belirlenmiştir. Bu durumda sarıçam odun unu ilaveli kompozitlerin daha stabil olduğunu gösteren bir kanıttır. T<sub>m</sub> (erime sıcaklığı) ve T<sub>d</sub> (bozunma sıcaklığı) incelendiğinde ise en yüksek sıcaklıkların 80HDPE/20S ilaveli kompozitlerde saptanmıştır.

#### 5.1.9. Verilerin Analizi

Varyans analizine (ANOVA) göre sonuçlar incelendiğinde her formülasyondaki değişimin çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, darbe direnci üzerinde önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Üretilen odun plastik kompozitlerinin varyans analiz (ANOVA) sonuçları Çizelge 5.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8. Üretilen odun plastik kompozitlerinin varyans analizi (ANOVA) sonuçları ( $p \leq 0,005$ ).

| Test Grupları                     |                     | Kareler<br>Toplama | Serbestlik<br>Katsayısı (df) | Kareler<br>Ortalaması | F-<br>Orantısı | Önem<br>Seviyesi |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|----------------|------------------|
| Çekme Direnci                     | Gruplar<br>Arasında | 32,372             | 4                            | 8,093006              | 27,658         | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 5,852              | 20                           | 0,29261               |                |                  |
|                                   | Toplam              | 38,224             | 24                           |                       |                |                  |
| Çekmede<br>Elastikiyet<br>Direnci | Gruplar<br>Arasında | 163517,026         | 4                            | 40879,2566            | 124,203        | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 6582,640           | 20                           | 329,132               |                |                  |
|                                   | Toplam              | 170099,666         | 24                           |                       |                |                  |
| Kopmada Uzama                     | Gruplar<br>Arasında | 10459,536          | 4                            | 2614,88397            | 79,793         | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 655,415            | 20                           | 32,770756             |                |                  |
|                                   | Toplam              | 11114,951          | 24                           |                       |                |                  |
| Eğilme Direnci                    | Gruplar<br>Arasında | 339,693            | 4                            | 84,92333              | 129,093        | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 13,157             | 20                           | 0,657844              |                |                  |
|                                   | Toplam              | 352,850            | 24                           |                       |                |                  |
| Eğilmede<br>Elastikiyet<br>Modülü | Gruplar<br>Arasında | 1328912,643        | 4                            | 332228,1608           | 465,045        | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 14287,991          | 20                           | 714,399556            |                |                  |
|                                   | Toplam              | 1343200,634        | 24                           |                       |                |                  |
| Darbe Direnci                     | Gruplar<br>Arasında | 896,520            | 4                            | 224,129914            | 50,031         | 0,000            |
|                                   | Gruplar<br>İçinde   | 89,596             | 20                           | 4,479802              |                |                  |
|                                   | Toplam              | 986,116            | 24                           |                       |                |                  |



Çizelge 5.9. Odun plastik kompozit gruplarının duncan analiz sonuçlarına göre homojenlik grupları.

| Grup No           | Çekme Direnci | Çekmede Elastikiyet M. | Kopmada Uzama | Eğilme Direnci | Eğilmede Elastikiyet M. | Darbe Direnci |
|-------------------|---------------|------------------------|---------------|----------------|-------------------------|---------------|
| <b>Kontrol</b>    | C             | A                      | C             | A              | A                       | A             |
| <b>90HDPE/10S</b> | B             | B                      | B             | C              | C                       | C             |
| <b>80HDPE/20S</b> | B             | C                      | A             | D              | D                       | B             |
| <b>90HDPE/10T</b> | A             | A                      | D             | B              | B                       | B             |
| <b>80HDPE/20T</b> | A             | A                      | A             | C              | C                       | D             |

Çizelge 5.8’de çekme direnci analiz sonuçları incelendiğinde en yüksek çekme direnci %100 HDPE (kontrol) kullanılarak üretilen odun plastik kompozit örneklerinde, en düşük ise %10 ve %20 oranlarında tekstil atığı katkılı odun plastik kompozit örneklerinde tespit edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü analiz sonuçlarına bakıldığında; en yüksek çekmede elastikiyet modülü %20 sarıçam odunu katkılı odun plastik kompozit örneklerinde, en düşük çekmede elastikiyet modülü değeri ise saf HDPE ve tekstil atığı katkılı örneklerden elde edilmiştir. Kopmada uzama analiz sonuçları incelendiğinde en yüksek değer saf HDPE örneklerinden, en düşük değer ise %20 sarıçam odunu katkılı ve %20 tekstil atığı katkılı örneklerde meydana gelmiştir. Eğilme direnci analiz sonuçlarına bakıldığında; en yüksek değer %10 sarıçam odunu katkılı ve %20 tekstil atığı katkılı odun plastik kompozit örneklerinden, en düşük değer ise saf HDPE örneklerinden elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü analiz sonuçları incelendiğinde; en yüksek değer %10 sarıçam odunu katkılı odun plastik kompozitlerde, en düşük değer ise saf HDPE örneklerinde gözlemlenmiştir. Darbe direnci analiz sonuçları incelendiğinde; en yüksek değer %10 sarıçam odunu katkılı örneklerde gözlemlenirken, en düşük değer ise saf HDPE örneklerinde tespit edilmiştir. Bütün analiz sonuçları incelendiğinde sarıçam odunu ve tekstil atığı katkısının odun plastik kompozitlerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

## 5.2. MOBİLYA BAĞLANTI ELEMANI OLARAK ODUN PLASTİK KOMPOZİTTEN ÜRETİLEN VE PİYASADAN TEMİN EDİLEN KAVELALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, mobilya köşe birleştirmelerinde en yaygın bağlantı elemanı olarak kullanılan kavelanın odun plastik kompozitinden üretilerek mukavemet özellikleri incelenmiş ve mobilya birleştirme literatürüne yeni bir malzeme kazandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca üretilen odun plastik kompozitinin fiziksel ve mekaniksel özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak mobilyaların köşe birleştirmelerinde ahşap kavela veya kompozit kavela kullanılması önerilebilir.

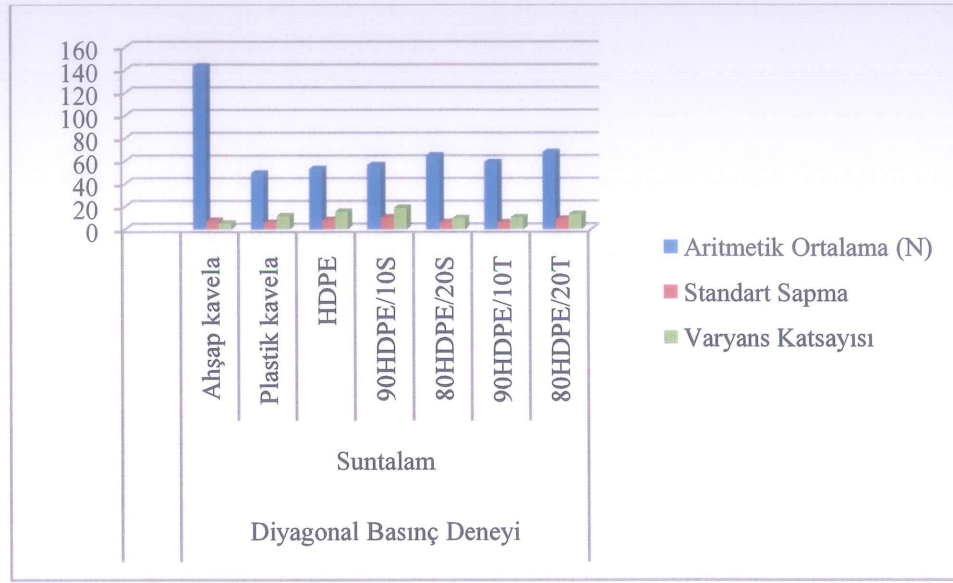
### 5.2.1. Diyagonal Basınç

Malzeme türü olarak suntalam ve 7 farklı kavela çeşidi ile hazırlanan L tipi köşe birleştirme test örneklerinin diyagonal basınç direncine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Diyagonal basınç deneyi direnç değerleri.

| Deney Çeşidi            | Malzeme türü | Bağlantı Elemanı Çeşidi | Aritmetik Ortalama (N) | Standart Sapma | Varyans Katsayısı |
|-------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|----------------|-------------------|
| Diyagonal Basınç Deneyi | Suntalam     | Ahşap kavela            | 143,40                 | 7,66           | 5,34              |
|                         |              | Plastik kavela          | 49,24                  | 5,74           | 11,65             |
|                         |              | HDPE                    | 53,2                   | 8,2            | 15,41             |
|                         |              | 90HDPE/10S              | 56,44                  | 10,68          | 18,92             |
|                         |              | 80HDPE/20S              | 64,94                  | 6,37           | 9,80              |
|                         |              | 90HDPE/10T              | 59,05                  | 6,10           | 10,33             |
|                         |              | 80HDPE/20T              | 67,78                  | 9,08           | 13,39             |

Diyagonal basınç deneyinde en yüksek değer (143,40 N) ile ahşap kavelada, en düşük değer (49,24 N) ile piyasadan temin edilen plastik kavela da tespit edilmiştir. Sarıçam odun unu ve tekstil atıkları oranları arttıkça diyagonal basınç direnç değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Diyagonal basınç değerlerine ait grafik Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Diyagonal basınç deneyi direnç değerleri grafiği.

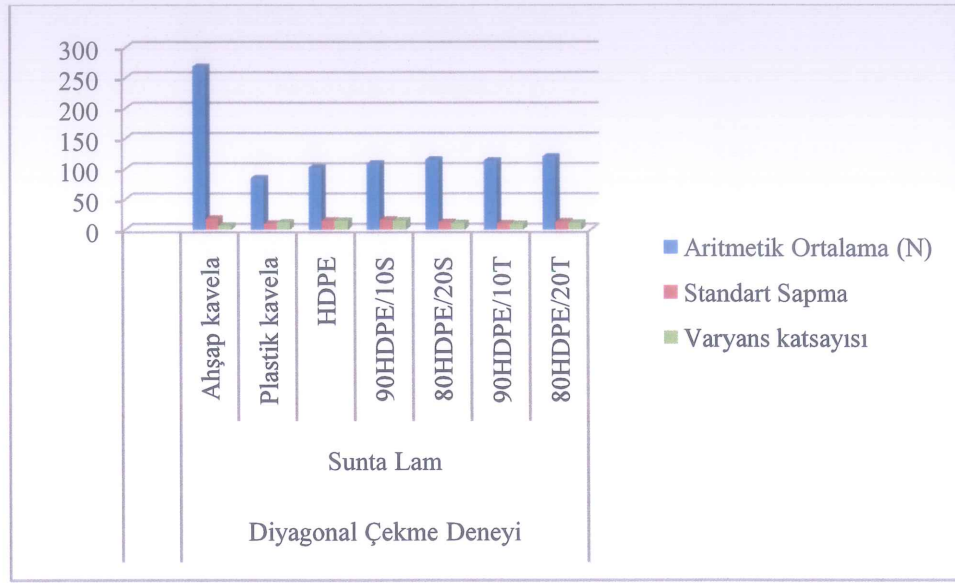
### 5.2.2. Diyagonal Çekme

Sunta Lam malzeme türü ve 7 farklı kavela çeşidi ile hazırlanan “L” tipi köşe birleştirme test örneklerinin diyagonal çekme direncine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Diyagonal çekme deneyi direnç değerleri.

| Deney Çeşidi           | Malzeme türü | Bağlantı Elemanı Çeşidi | Aritmetik Ortalama (N) | Standart Sapma | Varyans katsayısı |
|------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|----------------|-------------------|
| Diyagonal Çekme Deneyi | Sunta Lam    | Ahşap kavela            | 268,65                 | 18,41          | 6,85              |
|                        |              | Plastik kavela          | 84,74                  | 10,1           | 11,91             |
|                        |              | HDPE                    | 102,32                 | 15,27          | 14,92             |
|                        |              | 90HDPE/10S              | 108,96                 | 16,54          | 15,17             |
|                        |              | 80HDPE/20S              | 115,42                 | 12,39          | 10,73             |
|                        |              | 90HDPE/10T              | 113,87                 | 10,54          | 9,25              |
|                        |              | 80HDPE/20T              | 120,48                 | 13,40          | 11,12             |

Diyagonal çekme direnci deneyinde birleştirme elemanı türü toplam değerinde en yüksek değeri (268,65 N) ahşap kavela verirken, en düşük değeri (84,74 N) piyasadan temin edilen plastik kavela da tespit edilmiştir. Sarıçam odunu ve tekstil atıkları oranları arttıkça diyagonal çekme direnç değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Diyagonal çekme değerlerine ait grafik Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Diyagonal çekme deneyi direnç değerleri grafiği.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mobilya köşe birleştirmelerinde en yaygın bağlantı elemanı olarak kullanılan kavelanın odun plastik kompozitinden üretilerek mukavemet özellikleri incelenmiş ve mobilya birleştirme literatürüne yeni bir malzeme kazandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca üretilen odun plastik kompozitinin fiziksel ve mekaniksel özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak mobilyaların köşe birleştirmelerinde ahşap kavela veya kompozit kavela kullanılması önerilebilir.

#### 6.1. SONUÇLAR

Köşe birleştirmelerinde kullanılan kayın ağacından üretilen kavela en yüksek mukavemet değerini vermiştir. Sarıçam odununu, HDPE, tekstil atığı ile üretilen kompozit kavelaların diyagonal basınç ve diyagonal çekme deneylerinde oldukça iyi değerler verdiği, piyasadan temin edilen plastik kavelalara göre yüksek mukavemet gösterdiği belirlenmiştir.

Diyagonal basınç deneyinde malzeme türü toplam değerinde en yüksek değeri (143,40 N) ahşap kavelada, en düşük değeri (49,24 N) plastik kavela vermiştir. 90HDPE/10S ile üretilen kavelada (56,44 N) direnç elde edilirken 80HDPE/20S da (64,94 N) direnç elde edilmiştir. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan sarıçam odununun %10 artması yaklaşık olarak diyagonal basınç direncini % 15,06 arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca üretilen kompozit malzemede sarıçam odununun %10 arttırılması eğilme direnç özelliklerini yaklaşık %15,94 arttırdığı görülmüştür. 90HDPE/10T ile üretilen kavelada (59,05 N) direnç elde edilirken 80 HDPE/20T de (67,78 N) direnç elde edilmiştir. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan tekstil atığının %10 artması yaklaşık olarak diyagonal basınç direncini %

14,78 arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca üretilen kompozit malzemede tekstil atığının %10 artırılması eğilme direnç özelliklerini yaklaşık %17,73 arttırdığı görülmüştür.

Diyagonal çekme direnci deneyinde birleştirme elemanı türü toplam değerinde en yüksek değeri (268,65 N) ahşap kavela verirken, en düşük değeri (84,74 N) plastik kavela vermiştir. 90HDPE/10S ile üretilen kavelada (108,96 N) direnç elde edilirken 80HDPE/20S da (115,42 N) direnç elde edilmiştir. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan sarıçam odununun %10 artması yaklaşık olarak diyagonal çekme direncini %5,92 arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca üretilen kompozit malzemede sarıçam odununun %10 artırılması eğilme direnç özelliklerini yaklaşık %15,94 arttırdığı görülmüştür. 90HDPE/10T ile üretilen kavelada (113,87 N) direnç elde edilirken 80HDPE/20T de (120,48 N) direnç elde edilmiştir. Odun plastik kompozit üretiminde kullanılan tekstil atığının %10 artması yaklaşık olarak diyagonal çekme direncini % 5,82 arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca üretilen kompozit malzemede tekstil atığının %10 artırılması eğilme direnç özelliklerini yaklaşık %17,73 arttırdığı görülmüştür.

Türk (2007)'de yapmış olduğu çalışmada, ürettiği odun plastik kompozit bisküvü için diyagonal çekme direnci deneyinde birleştirme elemanı türü toplam değerinde en yüksek değeri (740,07 N) ahşap bisküvi verirken, en düşük değeri (581,73 N) plastik bisküvinin verdiğini belirtmiştir.

## 6.2. ÖNERİLER

Elde edilen veriler ışığında odun plastik kompozitinden üretilen kavelaların mobilya köşe birleştirmelerinde kullanılması önerilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Efe, H., “Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri”, Doktora Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon (1994).
2. Kasal, A., “Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansı”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2004).
3. Dinçel, K. ve Isık, Z. “Mobilya Sanat Tarihi” *MEB. Basımevi*, İstanbul, 18 (1979).
4. Eckelman, C. A. “A look at the strength design of furniture”, *Forest Product Journal*, 16 (3): 21–24 (1966).
5. Örs, Y., “Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özellikler”, *K.T.Ü. Orman Fakültesi*, Trabzon, 112-11 (1987).
6. Türk, M., “Plastik ve ahşap esaslı kompozit bisküvilerle hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerinde bazı direnç özelliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2007).
7. Küreli, İ., “Sandalyelerde kullanılan önemli ahşap birleştirmelerin mekanik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1988).
8. Kurtoğlu, A., Kahveci, M., ve Dilik, T., “Ahşap Mobilya Ve Yapı Elemanı Üretiminde Kullanılan Birleştirme Şekilleri Ders Notları”, *İ.Ü. Orman Fakültesi*, İstanbul (1993).
9. TS 4539 “Ahşap Birleştirmeler–Kavelalı Birleştirme Kuralları”, *T.S.E.*, Ankara (1985).
10. Youngquist, J.A., “The Marriage of Wood and Nonwood Materials”, *Forest Products Journal*, 45 (10): 25-30 (1995).
11. Clemons, C., “Wood–plastic Composites in the United States: The Interfacing of Two Industries”, *Forest Products Journal*, 52 (6): 10–18 (2002).
12. Schut, J., “For Compounding, Sheet & Profile: Wood is Good”, *Plastics Technology*, 46-52 (1999).
13. Eckert, C., “Opportunities for Natural Fibers in Plastic Composites”, *In:Proc. Progress in Woodfibre-Plastic Composites*, Toronto (2000).

14. İnternet: Plastemart, “Odun Plastik Kompozit”, [http://www.plastemart.com/upload/literature/Wood\\_Plastic\\_Composites\\_page2.asp](http://www.plastemart.com/upload/literature/Wood_Plastic_Composites_page2.asp) (2015).
15. İnternet: Türkiye Geliştirme Vakfı, “İleri Teknoloji Projeleri (İtep) Destek Programı Raporu (2010)”, [http://www.ttgiv.org.tr/content/docs/ek-2---itep-rapor---2-\(haziran-2011\).pdf](http://www.ttgiv.org.tr/content/docs/ek-2---itep-rapor---2-(haziran-2011).pdf) (2015).
16. Chen, X. Y., Guo, Q. P., and Mi, X. L., “Bamboo fiber reinforced polypropylene composites. a study of the mechanical properties”, *J. Appl. Polym. Sci.*, 69: 1891-1899 (1998).
17. Maloney, T. M., “The family of wood composite materials”, *Forest Prod. J.*, 46 (19): 26 (1996).
18. Youngquist, J. A., “Wood-based composites and panel products, In: Wood handbook, wood as an engineering material”, *Madison WI*, FPL-GTR 113, (1999).
19. Yaltırık, F., ve Efe, A., “Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae Angiospermae, *İ.Ü. Yayın No:3836*, Fak. Yayın No:431, ISBN 975-404-363-9, İstanbul. (1994).
20. İnternet: Ağaçlar, “Sarıçam” <http://www.agaclar.net/agaclarnet/agacturleri/saricam.htm> (2016).
21. Aslan, S., “Ağaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi”, *Hacettepe Üniversitesi Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Ankara 104 (1994).
22. Anşın, R., ve Özkan, Z. C., “Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar”, *KTÜ Orman Fakültesi*, 167(19): 512, Trabzon (1993).
23. Yapıcı, F., “Sarıçam (*pinus sylvestris* l.) odununun osb üretiminde kullanılmasında bazı üretim faktörlerinin levha özellikleri üzerine etkisi”, Doktora Tezi, *B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın (2008).
24. Bozkurt, Y., ve Erdin, N., “Odun Anatomisi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Yayın No:466, İstanbul 75 (2000).
25. Örs, Y., ve Keskin, H., “Ağaç Malzeme Bilgisi”, Atlas Yayın Dağıtım, *G.Ü.T.E.F.*, Ankara 183, (2001).
26. Güller, Ç., ve Çobanoğlu, Z., “Plastikler”, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No: 6, (1997).
27. Yaşar, H., “Plastikler Dünyası, 2. Baskı”, *Mmo Yayınları*, 3- 89-97-107-112-115 (2001).



28. Saçak, M., "Polimer Kimyasına Giriş", *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Döner Sermaye İşletme Yayınları*, (1998).
29. İnternet: Gaplasder, "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).
30. Yaşar, H., "Plastikler Dünyası, 2. Baskı", *MMO Yayınları*, 116-118-119-121-123-125-127-131-132, (2001).
31. 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).
32. Akbulut, T., "Ahşap polimer kompozitleri", *Yayınlanmamış Doktora Ders Notları*, (2009).
33. Saçak, M., "Polimer Teknolojisi", *Gazi Kitabevi*, Ankara (2005).
34. İnternet: Wikipedia, "HDPE", <http://tr.wikipedia.org/wiki/HDPE> (2015).
35. 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).
36. İnternet: Katkar, P., M., Bairgadar, S.M., 2012. "Textile Waste Recycling", <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/28/2726/textile-waste-recycling1.asp>. (2015).
37. Kozak, M., "Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6: 65-68 (2010).
38. Önkibar, G., "Entegre demir çelik tesisi tufalinden doğrudan redüklenme yöntemi ile ham demir üretimi", Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2006).
39. 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).
40. 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*, (1985).
41. 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).
42. 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).

43. 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).
44. Rowell, R. M., "Advances and challenges of wood polymer composites", *Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Kuala Lumpur, Malaysia, (2006).
45. Martelli, F. G., "Twin-screw extruders: A basic understanding", *Van Nostrand Reinhold Company*, (1983).
46. Tuğ, S., "Polistiren enjeksiyonunda çevrim zamanı optimizasyonu" Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ (2005).
47. Ersan, M., ve Tavman, İ.H., "Plastik enjeksiyon yöntemiyle parça imalatı" *Dokuz Eylül Üniversitesi*, (2006).
48. 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", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29: 3 (2010).
49. İnternet: Wikipedia, "Sıcak Presleme" [https://en.wikipedia.org/wiki/Hot pressing](https://en.wikipedia.org/wiki/Hot_pressing) (2016).
50. Efe, H., ve İmirzi, H. Ö., "Mobilya üretiminde kullanılan çeşitli bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri", *Politeknik Dergisi*, 10 (1): 93-103 (2007).
51. Kasal, A., "Bazı masif ve kompozit ağaç malzemelerin kavela tutma performanslarının belirlenmesi", *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 22 (3): 387-397 (2007).
52. 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).
53. Karakuş, K., "Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş (2008).
54. Kasal, A., Diler, H., Kocatürk, İ., ve Kasal, Ö., "Kutu konstrüksiyonlu mobilyada I- tipi kavelalı köşe birleştirmelerin eğilme moment dirençleri", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 15-30 (2009).
55. Efe, H., Kasal, A., ve Dizel, T., "Masif ve lamine ağaç malzemelerin kavela tutuma performansı", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 31-44 (2009).

56. 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).
57. Çavdar, D. A., "Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odunplastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon (2011).
58. Kasal, A., Efe, H., Deniz, E., ve Kuşkun, T., "Masif ağaç ve plastik kavela ile birleştirilmiş h- tipi kutu mobilya birleştirmelerinin kesme kuvveti kapasitelerinin karşılaştırılması", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2): 209-217 (2012).
59. Yörür, H., "Ahşap malzemedan üretilen köşe birleştirmelerin simülasyon (ansys) ortamında teknolojik özelliklerinin belirlenmesi", Doktora Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın (2012).
60. Şeker, B., "Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle lignoselülozik dolgu maddesi katkılı polistiren esaslı kompozitlerin üretilmesi ve köpükendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş (2012).
61. Acar, A., Salan T., Altuntaş E., ve Alma H. M., "Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve atık pirinç saplarından üretilen kompozitlerin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi", *II. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu*, (2014).
62. Acar, H., "Mdf tozu ve pirinç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerinin üretiminde değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş (2014).
63. Günay, N. M., "Lignoselülozik dolgu maddesi katkılı hdpe (yüksek yoğunluklu polietilen) esaslı kompozitlerin üretilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2015).
64. ASTM, "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).
65. ASTM D 1037, "Evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials", *ASTM International*, West Conshohocken, PA (1996).
66. ASTM, "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).

67. ASTM, "Standard test method for tensile properties of plastics", ASTM D 638, *Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards*, Philadelphia (2001).
68. ASTM, "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 (2000).
69. Lesacher, H., and Schweiz, S., "Die Beste Eckverbindung", *Die Beste Eckverbindung*, 35: 56-59 (1986).

## ÖZGEÇMİŞ

Celal ÇAKIR 1990 yılında Adıyaman ilinin Kâhta ilçesinde doğdu. İlköğretimini Hacı Bey İlköğretim Okulunda tamamladı. 2007 yılında Kâhta Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi (METEM) Mobilya ve dekorasyon bölümünde ortaöğrenimini tamamladı. 2008 yılında yükseköğrenimine Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Ve Dekorasyon Öğretmenliği bölümünde başlayıp 2012 yılında mezun oldu. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansa başladı.

### ADRES BİLGİLERİ

Adres : Menderes Mah. 9012 Nolu Sok.  
Kapı no:43/2 Kâhta - ADIYAMAN  
Tel : (554) 910 71 13  
E-posta : ccakir623@gmail.com