

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEM GÖREN AĞAÇ MALZEMEDEN ÜRETİLEN ODUN PLASTİK
KOMPOZİTLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sezer SOLAK

**Danışman
Doç. Dr. Şule CEYLAN**

Artvin 2020

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEM GÖREN AĞAÇ MALZEMEDEN ÜRETİLEN ODUN PLASTİK
KOMPOZİTLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sezer SOLAK

**Danışman
Doç. Dr. Şule CEYLAN**

Artvin 2020

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Isıl İşlem Gören Ağaç Malzemededen retilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı zellikleri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. şule CEYLAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gsterdığımı, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/07/2020

Sezer SOLAK

İmza

JÜRİ TEZ KABUL TUTANAĞI
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Şule CEYLAN danışmanlığında, Sezer SOLAK tarafından hazırlanan “Isıl İşlem Gören Ağaç Malzemeden Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri” adlı çalışma 14/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hüseyin PEKER **İmza:**.....

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Şule CEYLAN **İmza:**.....

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin TAN **İmza:**.....

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

.... / /

Doç. Dr. Hamit ŞAFAKCI
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Isıl İşlem Gören Ağaç Malzemeden Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman hocam Doç. Dr. Şule CEYLAN’a teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Hüseyin PEKER’e teşekkür ederim

Elde edilen verilerinin analiz edilmesinde ve tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Davut BAKIR’a, arazi çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım İsmet YILDIRIM’a teşekkür ederim.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Sezer SOLAK
Artvin - 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET.....	IVII
SUMMARY.....	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Literatür Çalışması	2
1.2.1 Odun Kompozitleri.....	2
1.2.2 Odun Plastik Kompozitlerin Tanımı	2
1.2.3 Odun Plastik Kompozitlerin Üretim Yöntemleri	3
1.2.3.1 Ekstrüzyon Yöntemi	3
1.2.3.2 Enjeksiyon Yöntemi.....	3
1.2.3.3 Kalıplama Yöntemi (Pres Kalıplama).....	4
1.2.4 Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları.....	4
1.2.5 Odun Plastik Kompozit Malzemelerin Avantajları	5
1.2.6 Odun Plastik Kompozit Malzemelerin Dezavantajları.....	5
1.2.7 Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılan Plastik Türleri	6
1.2.7.1 Plastikler.....	6
1.2.7.2 Yüksek Yoğunluklu Polietilen.....	7
1.2.7.3 Isıl İşlem.....	8
1.2.7.4 Isıl İşlem Yöntemleri.....	8
1.2.7.5 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi	12
1.2.7.6 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisi.....	13
1.2.7.7 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Fiziksel Özelliklerine Etkisi	14
1.2.7.8 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Biyolojik Özelliklerine Etkisi.....	16

2	MATERYAL VE YÖNTEM	17
2.1	Materyal	17
2.1.1	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	17
2.2	Yöntem	17
2.2.1	Isıl İşlem	17
2.2.2	Odun Plastik Kompozit Üretimi	18
2.2.3	Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	21
2.2.3.1	Mekanik Testler	22
2.2.3.2	Biyolojik Testler	23
3	BULGULAR	25
4	TARTIŞMA	29
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	34
	KAYNAKLAR	35
	ÖZGEÇMİŞ	39

ÖZET

ISIL İŞLEM GÖREN AĞAÇ MALZEMEDEN ÜRETİLEN ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak Betulaceae (huşgiller) familyasından *Alnus gultinesa* subs. *berbata* (sakallı kızılağaç) türü kullanılmıştır. Ağaç kesimi için Artvin Bölge Müdürlüğü'nün izni alınmış olup Artvin Merkez Saçinka bölgesinden temin edilmiştir. Kullanılacak ağacı belirlerken ağacın hastalıklı olmamasına, budak, çatlak, ur, lif kıvrıklığı gibi kusurların bulunmamasına dikkat edilmiştir. Kesilen ağaçlardan odun örnekleri yerden 20-30 cm yükseklikten olmak üzere 150 cm boyunda alınmıştır. Daha sonra Ormanlı kereste deposuna götürülerek genişlik, kalınlık, uzunlukları sırasıyla, 12.5x2.5x150 cm olacak şekilde boyutlandırılmıştır.

Polimer plastik olarak ise yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmıştır. Karaçam odunu kullanılan bir çalışmada 60, 120 ve 180 dakikalık sürelerde farklı sıcaklıklarda (190, 200, 212 ve 225 °C) ısıtılma işlemi yapılmış ve boyutsal kararlılıktaki değişimler incelenmiştir. Huş odunu kullanılan bir çalışmada 3, 6 ve 9 saatlik zamanlarda, 130, 160, 190 °C sıcaklıklarda ısıtılma işlemi yapılmış ve eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki değişimler incelenmiştir. Yapılan diğer çalışmada az dayanıklı bir tür olan kavak odunu kullanılmıştır. Isıtılma işlemi görmüş ve ısıtılma işlemi görmemiş örneklerdeki değişimler belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek yoğunluklu polietilen, Huşgiller, Polimer plastik, Berbata, Lignoselülozik dolgu maddesi

SUMMARY

SOME PROPERTIES OF WOOD PLASTIC COMPOSITES PRODUCED FROM HEAT TREATED WOOD MATERIAL

In this study, *Alnus glutinosa* subs. *berbata*, A lignocellulosic filler of Betulaceae family. Berbata (bearded alder) was used. The permission of the Artvin Regional Directorate has been obtained for the felling of the trees and it has been obtained from the Artvin Merkez Saçinka region. When determining the tree to be used, the tree is not diseased, knots, cracks, tumor, fiber curvature, such as defects have been observed. Wood samples from the trees were taken from the ground at a height of 20-30 cm and 150 cm in height. Then, it was taken to the forested timber storage and was sized to be 12.5x2.5x150 cm in width, thickness and length, respectively.

High density polyethylene (HDPE) was used as polymer plastic. In a study using larch wood, heat treatment was carried out at different temperatures (190, 200, 212 and 225 °C) for 60, 120 and 180 minutes and changes in dimensional stability were investigated. In a study using birch wood, heat treatment was performed at temperatures of 3, 6, and 9 hours and at temperatures of 130, 160, 190 °C and variations in bending strength and elastic modulus were investigated. In a study, poplar wood, a species with low resistance, was used. Variations in heat-treated and non-heat-treated samples are indicated.

Keywords: High density polyethylene, Crabs, Polymer plastic, Berbata, Lignocellulosic filler

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) plastiğinin özellikleri	8
Tablo 2. Odun plastik kompozitlerin formülasyonları	21
Tablo 3. Mantar testleri sonucunda örneklerde meydana gelen % ağırlık kayıpları..	25
Tablo 4. OPK'ların % ağırlık artış değerleri	26
Tablo 5. OPK'lara ait % kalınlık artış değerleri.....	27
Tablo 6. OPK'ların direnç ve elastikiyet değerleri.....	28

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Plaka ahşap plastik kompozit ekstrüzyon makinesi.....	3
Şekil 2. Enjeksiyon yöntemi	4
Şekil 3. Plastiklerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması	7
Şekil 4. Reulbach' teki oil heat treatment fırını (Menz Holz, Gemany).	10
Şekil 5. Thermowood fırını (Anonim, 2006)	11
Şekil 6. Isıl işlem aşamaları (Anonim, 2006).....	12
Şekil 7. Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin renginde meydana gelen değişim (Anonim, 2006)	15
Şekil 8. Isıl işlem görmüş (sağ taraftaki) ve ısıl işlem görmemiş (sol taraftaki) ağaç malzeme örneklerinde mantar enfeksiyonundan sonra meydana gelen görüntüler (Esteves ve Pereira, 2009).	16
Şekil 9. Willey değirmeni.....	18
Şekil 10. Sarsak elek	19
Şekil 11. Laboratuvar tipi mikser	20
Şekil 12. Ekstrüder makinesi.....	20
Şekil 13. Sıcak pres makinesi.....	21
Şekil 14. Eğilme direncine ait test örneği	22
Şekil 15. Çekme direncine ait test örneği	23

KISALTMALAR DİZİNİ

AK	Ağırlık kaybı
ACQ	Alkali bakır kuaterner
CCA	Bakır krom arsenat
GSÇ:	Yüksek kaliteli parçacık
KA	Kalınlık artışı
Kb	Örneğin başlangıç kalınlığı
Ks	Örneğin suda bekletildikten sonraki kalınlığı
Mb	Örneğin başlangıç ağırlığı
MCQ	Mikronize bakır kuaterner
Ms	Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı
Ms	Son ağırlık
MAPE	Ortalama mutlak yüzde hatası
OPK	Odun plastik kompozitleri
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
SA	Su alma
YYPE	Yüksek yoğunluklu polietilen

1 GİRİŞ

Ağaç malzemenin insan sağlığı açısından uygun ve zararsız bir malzeme olduğu toplum tarafından benimsenmiş ve bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken ağaç malzemenin doğru ve bilinçli bir şekilde kullanılmasıdır. Tam da bu noktada odun plastik kompozitler çok önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmanın en önemli amacından biride odun plastik kompozitler kullanarak çevreye ve topluma daha sağlıklı ürünler üreterek bir yandan da ağaç malzeme kullanımını azaltmaktır.

1.1 Genel Bilgiler

Dünya genelinde orman varlığının hızlı azalması ve buna bağlı olarak oluşacak sorunların giderilmesi açısından odun kompozitlerin önemi her geçen gün artmakta ve gün geçtikçe daha önemli bir malzeme haline gelmektedir. Bir dünya sorunu haline gelen çevre sorununun giderilmesi açısından odun hammaddesinin doğru ve bilinçli bir şekilde kullanılması son derece önemlidir. Ağaç malzemenin insan sağlığı açısından uygun ve zararsız bir malzeme olduğu toplum tarafından benimsenmiş ve bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken ağaç malzemenin doğru ve bilinçli bir şekilde kullanılmasıdır. Tam da bu noktada odun plastik kompozitler çok önemli bir yere sahiptir. Çok uzun yıllar doğada bozulmadan kalması ve çevreye verdiği zarardan dolayı plastik malzemelerin kullanımını azaltmak insan sağlığı ve doğa açısından da önemli bir konudur. Odun plastik kompozitler; orman varlığının korunması, odun malzemesinin fazla ve gereksiz kullanımının azaltılması, odun ve lifsel atıkların tekrar kullanılarak toplum ve insan sağlığı açısından faydalı bir malzeme olması açısından hem de plastik malzemenin doğaya ve çevreye verdiği zararı düşünecek olursak odun plastik kompozitler, insan sağlığı, çevre kirliliği ve orman varlığının korunması açısından çok önemli bir malzemedir.

1.2 Literatür Çalışması

1.2.1 Odun Kompozitleri

İki veya daha çok malzemenin çeşitli yöntemlerle birleştirilmesi sonucu oluşan, genellikle kendisini oluşturan malzemelerden daha yüksek niteliklere sahip yeni malzemeye kompozit materyal denir. Odundan üretilen kompozit malzemeler; çimento ya da termoset tutkallar gibi bileşenler ile üretilen odun kompozitleri olarak iki grupta sınıflandırılır. Termoset bazlı odun kompozit malzeme üretiminde odun materyali ve tutkallar (üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit) kullanılır. Birleşmeler ısı altında pres yardımıyla yapılır. Termoplastik bazlı odun kompozitlerin bileşeninde odun materyali ve polivinil klorür (PVC), polipropilen (PP) ve polietilen (PE) gibi plastik bileşenler kullanılır (Mengeloğlu ve Alma 2002; Mengeloğlu ve ark., 2002; Matuana ve Heiden, 2004; Mengeloğlu ve ark., 2008; Tufan ve Mengeloğlu, 2010; Akbaş ve ark., 2013).

1.2.2 Odun Plastik Kompozitlerin Tanımı

Lignoselülozik malzemeler ile plastik malzemelerin karıştırılması ile oluşan yeni malzemeye odun plastik kompozit malzemeler denir (Mengeloğlu ve ark., 2002). Buradaki “lignoselülozik” kelimesi lifsel yapıya sahip her türlü ağaç malzeme, tarımsal atıkları ve yıllık bitkileri kapsayan bir materyali ifade eder. Odun plastik kompozitlerin üretiminde genellikle atık halinde bulunan lifli yapıya sahip odun parçaları kullanılır (Youngquist, 1995). Genellikle odun plastik kompozitlerin üretimi iki aşamada gerçekleştirilir. Kompozit materyali meydana getirecek maddeler bir mikser yardımıyla eşit dağılımlı bir şekilde karıştırılarak birleştirme işlemi yapılır. Homojenize edilen bu malzemeler, son olarak enjeksiyon, ekstrüzyon ve pres kalıplama yöntemleriyle son ürün haline getirilir (Aslan, 2008).

1.2.3 Odun Plastik Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

1.2.3.1 Ekstrüzyon Yöntemi

Odun plastik kompozitlerin büyük bir bölümü profil ekstrüzyonu ile üretilmektedir (Şekil 1). Erimiş kompozit malzeme istenilen şekle göre kalıp içerisinde güç

kullanılarak bir profil oluşturulur. İşlem sırasında ekstrüzyon vericileri yüksek vizkoziteli erimiş odun plastik kompozitleri ile karıştırılır. Genel yapı malzemesi için sürekli profil oluşturulur. Bu profiller boşluklu veya boşluksuz yapılabilmektedir. Genellikle üretim hızı 3m/dk.' dır (Clemons, 2002).

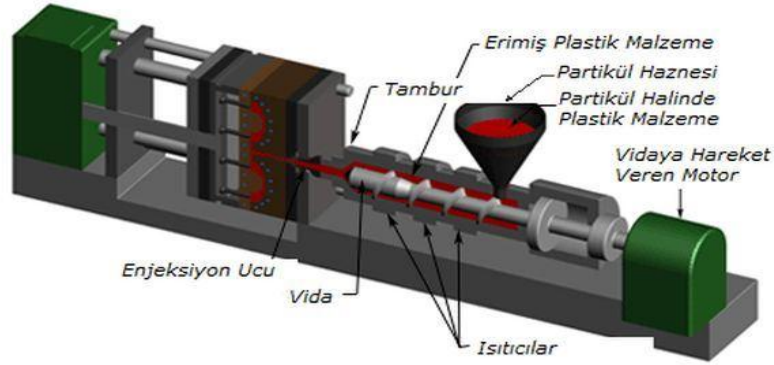
Ekstrüzyon çok yaygın bir üretim yöntemidir. Özellikle profil ve pervazların üretilmesinde pratik ve ekonomik bir yöntem olduğundan çok tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. Ancak çok büyük parçalarda soğutma problemi görülmektedir (Bledzki ve Sperber, 1999).



Şekil 1. Plaka ahşap plastik kompozit ekstrüzyon makinesi

1.2.3.2 Enjeksiyon Yöntemi

Enjeksiyon yöntemi ile malzemeler sıcaklık yardımıyla ısıtılıp eritilerek yapışkan bir sıvı içerisinde homojen bir hale getirilerek üretim gerçekleştirilir. Eritilmiş sıvı soğuk kalıplarda soğutularak tamamlanmış kısımları kalıplardan çıkartılır. Bu yöntem daha çok odun lifli plastik kompozitlerin üretimi için kullanılan bir yöntemdir (Killough, 1995) (Şekil 2).



Şekil 2. Enjeksiyon yöntemi (<http://bpf.co.uk>.)

1.2.3.3 Kalıplama Yöntemi (Pres Kalıplama)

Kalıplama yöntemi; vakumla şekillendirmeye benzemektedir. Vakumla şekillendirmeden farklı tarafı, daha büyük hava basıncına ihtiyaç duyulur ve yumuşatılıp şekil alması için bir tıkaç desteğine ihtiyaç duyulur. Bu yöntem otomasyona dayalı bir yöntemdir. Devir zamanı hızlıdır. Bu yöntem sadece termoplastikleri işlemek için kullanılan bir yöntemdir.

1.2.4 Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları

Odun plastik kompozit malzemelere talep zaman geçtikçe artmakta buna bağlı olarak odun plastik kompozit malzemelerin kullanım alanları her geçen gün daha çok yaygınlaşmaktadır. Bu artışla orantılı olarak sektörde birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Odun kompozit malzemelerin başlıca kullanım alanları;

1. İnşaat malzemeleri ve inşaat profillerinin kullanıldığı malzemeler
2. Yer döşemesi malzemeleri
3. Otomotiv endüstrisinde kullanılan malzemeler
4. Park ve bahçelerde kullanılan malzemelerde
5. Çatı ve dış cephe kaplamalarında kullanılan malzemeler

6. Kapı ve pencere kasalarında
7. İzolasyon malzemelerinde
8. Masa, sandalye ve mutfak tezgahı gibi mobilya malzemelerinde
9. Prefabrik evler, kepenk, korkuluk ve marinalarda
10. Sandal, kaplama ve merdiven alt yüzünde kullanılan malzemelerde
11. Oyun alanı ekipmanlarında (Wolcott ve Englund, 1999; Kylosov, 2007)

1.2.5 Odun Plastik Kompozit Malzemelerin Avantajları

1. Rutubete karşı direnç özellikleri daha yüksektir.
2. Koruyucu yüzey maddelerine çok az ihtiyaç duyulmaktadır.
3. Üretiminde atık malzemeler kullanıldığı için doğa dostudur.
4. Boyut stabilitesi daha iyidir.
5. Daha az bakım gerektirir.
6. Mekanik özellikleri daha iyidir.
7. Kullanıldığı yerlerde sağlık açısından bir sorun oluşturmamaktadır.
8. Çeşitli türlerde odun türlerinin ve renk pigmentlerinin kullanılması yüzeylere daha güzel bir görüntü katar.

1.2.6 Odun Plastik Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

1. Düşük seviyeli üretim sığası ve daha çok enerji gideri nedeni ile elde edildikleri malzemelerden daha fazla bir ürün maliyetine sahiptir.
2. Odunsu materyallere göre daha yüksek yoğunluğa sahiptir.
3. Üretimde oluşacak sorunların ortadan kaldırmak için katkı maddesi kullanılması gerekir.

4. Hammadde depolanması sırasında yangın tehlikesi bulunmaktadır.
5. Biyolojik bozulmalara maruz kalır.
6. Ağaç malzemenin ve plastiğin karışım problemi en büyük dezavantajlarındanındır (Korucu ve Mengeloğlu, 2007).

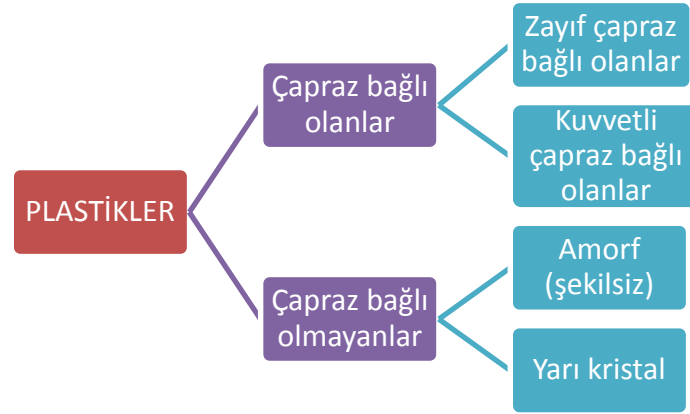
1.2.7 Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılan Plastik Türleri

1.2.7.1 Plastikler

Plastik, karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve diğer organik yada inorganik atomların meydana getirdiği monomer adı verilen; basit yapıdaki molekül gruplarındaki bağların kırılarak, polimer denilen uzun ve zincirli bir yapı haline getirilmesi ile oluşturulan yeni bileşiklere verilen isimdir. Bir monomer polimerizasyon yoluyla farklı monomer molekülleri ile bir araya gelerek uzun zincirli bir yapıya sahip yeni bir molekül oluşturabilir. Bu moleküllerin en basit şekli olarak polietileni örnek gösterebiliriz (Gürü ve Yalçın, 2006, Onaran, 2009).

Plastiklerin amorf bir yapıları vardır. Bu amorf özelliklerinden dolayı uzun ve karışık yapıli zincirler etrafındaki diğer moleküllerle uyum sağlayıp yeni bir yapı oluşturmaları oldukça zor bir olaydır. Amorf yapıya sahip olan bu plastiklerin zincirleri birbirine dolaşmış halde bulunur. Bazı basit yapıli plastiklerde bu zincirler daha düzenli bir halde bulunabilirler. Plastiklerin yapısı içinde küçük kristal yapıli bölgeler oluşabilir. Bu kristal yapıli bölgelere kristalitler denilmektedir. Mekanik özellikler kristalleşme derecesine bağlı olarak artar. Soğuma hızı yavaş olursa kristalleşme artar buna bağlı olarak ta mekanik özelliklerde bir artış meydana gelmektedir (Akkurt, 2007).

Plastikler kimyasal yapılarına göre, çapraz bağlı olanlar ve çapraz bağlı olmayanlar diye iki grupta sınıflandırılır (Şekil 3).



Şekil 3. Plastiklerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması

Termoplastikler bu grupta çapraz bağlı olmayan grup içinde yer alırlar. Günümüzde odun plastik kompozit endüstrisinde en fazla değerlendirilen plastik türü olarak termoplastikler kullanılmaktadır. Termoplastikler yapı olarak kolay işlenebilir, hafif olmaları, kolay şekil almaları ve işlem sırasında kimyasal değişme göstermediklerinden dolayı günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı bir termoplastik türü olan yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) odun plastik kompozit malzeme üretiminde çok fazla tercih edilen bir plastik türüdür (Gürü ve Yalçın, 2006, Onaran, 2009, Akkurt, 2007, Şahin, 2006).

1.2.7.2 Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Yüksek yoğunluklu polietilen çeşitli özelliklerinden dolayı odun plastik kompozit malzeme üretiminde çok fazla değerlendirilen plastik türüdür (Tablo 1). Hidrofobik bir plastiktir. Bu özelliğinden dolayı elektriğe karşı direnci yüksektir. Yüksek yoğunluklu polietilen kopmaya, kırılmaya ve parçalanmalara karşı oldukça dirençlidir. Suya karşı ve inorganik tuzların sudaki çözücülerine karşı dayanıklı bir kimyasal yapıya sahiptir. Sıcaklık olarak 60°C'nin altındaki çözücülerin büyük bir kısmında çözünmezler ve gaz geçirgenliğine sahiptirler. Nitrik asitlere uygulamalarına karşı dayanıksız bir yapıya sahiptir. Yüksek yoğunluklu polietilenlerin şekle sokulabilmesi, yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmektedir (Şahin, 2006).

Tablo 1. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) plastiğinin özellikleri

Özgül ağırlığı	0.959-0.963 gr/cm ³
Elastiklik boyutu	0.41-1.24
Erime noktası	127°C-137°C
Dayanma gücü	21-38

Yüksek yoğunluklu polietilenin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kullanım alanlarının başlıcaları şunlardır; Ev eşyalarının yapımında kullanılan levhalarda, oyuncak yapımında kullanılan malzemelerde, deterjan, sıvı sabun ve kozmetik amaçlı şişe (şeffaf olmayan) gibi malzemelerin yapımında, levha, kâğıt, kumaş ve metal kaplamada, kanalizasyon ve sulama dağıtım şebekelerinde kullanılan boruların yapımı gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

1.2.7.3 Isıl İşlem

Ağaç malzemenin 100°C -250°C arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir gaz ortamında bir süre bekletilmesiyle yapılan işleme ısıl işlem adı verilmektedir (Yıldız, 2002).

Ağaç malzemeye ısıl işlem uygulamanın iki temel amacı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ağaç malzemenin denge rutubet miktarının azaltılması ve buna bağlı olarak ağaç malzemenin çalışmasını en düşük seviyeye indirerek boyutsal kararlılık kazandırmaktır. İkinci temel amaç ise ağaç malzemeye zarar verecek canlılara karşı ağaç malzemenin direncini artırmaktır (Karakaş, 2008; Aydemir ve Gündüz, 2009). Bunlardan farklı olarak Isıl işlemle ağaç malzemede permabiliteyi artırmak, emprenye malzemelerinin boya-vernik gibi üst yüzey işlemlerinin etkinliğini artırmaktadır (Ünsal ve ark., 2003).

1.2.7.4 Isıl İşlem Yöntemleri

Isıl işlem uygulamasında Avrupa’da dört yöntem uygulanmaktadır. Bunlar; Hollanda’da kullanılan “Plato Wood” , Almanya’da kullanılan “Yağlı Isıl İşlem” , Fransa’da kullanılan “Retification” ve “Le Bois Perdure”, Finlandiya’da kullanılan

“Thermo Wood” yöntemleridir. Kullanılan bu yöntemler insan sağılığı için zararlı kimyasallar kullanılmamakta ve çevreye mümkün olduğu kadar zarar verilmemektedir. Kullanılan bu yöntemler ağaç malzemenin direncini, kullanım ömrünü uzatmak ve verimliliğini artıran özellikler kazandırır (Esteves ve Pereira, 2009).

Platowood Yöntemi

Bu yöntem iki aşamada gerçekleşir. İlk aşama hava kurusu haldeki ağaç malzeme 160°C-190°C sıcaklıklarda atmosfer basınç altında yaklaşık olarak 4-5 saat ısıtma işlemle muamele edilir. Geleneksel kurutma yöntemleriyle % 8-10 rutubete kadar kurutma yapılır. Bu kurutma süresi 3-5 gün arasında değişebilir. İkinci aşamada ise kurutulmuş olan ağaç malzemeye 170°C-190°C sıcaklıkları arasında tekrar bir ısıtma işlemi yapılır. Bu ısıtma işlemi 15-16 saat arasında değişir. Daha sonra ısıtılan bu ağaç malzeme 2-3 gün dinlendirilir. İkinci aşamada %1’ e düşen rutubet dinlendirildikten sonra yaklaşık olarak % 4-6 arasında bir rutubete çıkmış olur. Yukarda belirtilen süreler ağaç malzemenin kalınlığı, türü vb. özelliklere göre farklılık gösterir (Kamdern, 2002).

Yağılı Isıl İşlem Yöntemi (Oil Heat Treatment)

Bu yöntem kapalı bir proses tankı içinde uygulanan bir yöntemdir (Şekil 4). Tank odun hammaddesiyle doldurulduktan sonra yağ deposunda bulunan sıcak yağ tankın içine gönderilir. Odun hammaddesinin etrafında bulunan yağın sıcaklığı yüksek ısıyla daima korunmaktadır. İşlem tankı boşaltılmadan önce sıcak yağ, yağ deposuna tekrar geri gönderilir. Dayanımın, uzun ömürlüğünün en fazla olması ve yağ tüketimin en aza indirilmesi için uygulanan sıcaklık 220°C, dayanımın maksimize edilmesi ve direnç kaybının en azda tutulabilmesi için 180-200°C sıcaklıklar tatbik edilmektedir. Bu işlemler için hammadde olarak Ayçiçek yağı veya beziryağı gibi bitkisel yağlar kullanılmaktadır (Kamdern, 2002).



Şekil 4. Reulbach’ teki Oil Heat Treatment fırını (Menz Holz, Germany).

Fransız Yöntemleri

Fransa’da iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birisi “Retifiction yöntemi” diğeri ise “Le Bois Perdure” yöntemidir.

Retifiction yöntemi; Bu yöntemde hava kurusu halde bulunan ağaç malzeme 240°C sıcaklıkta ve nitrojen bulunan bir ortamda ısıtılarak işlem uygulanır. Ortam nitrojen kullanılmasının amacı yüksek sıcaklık altında gerçekleşen işlemde ağaç malzemenin renk kararlılığını korumaktır. Bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken nokta ortamdaki oksijen miktarı %2’ den az olmalıdır. Eğer oksijen miktarı bu değerin altına düşerse yanma olayı meydana gelmektedir (Kamdem, 2002).

Le bois perdure yöntemi; Bu yöntemde taze haldeki ağaç malzeme kullanılır. Ağaç malzemeler önce kurutulur, daha sonrada 230°C buhar atmosferinde ısıtılarak işlem yapılır (Kamdem, 2002).

Thermowood Yöntemi

Thermowood yöntemi üç aşamada gerçekleşir (Anonim, 2006). Yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların anatomik yapıları farklı olduklarından uygulan yöntemlerde farklılık gösterir. Thermowood uygulamasında sıcaklıkla artışıyla doğru orantılı olarak ağaç özellikleri de değişmektedir. Bu uygulamalar da iğne yapraklı ağaçlarda 185°C-212°C, yapraklı ağaçlarda 165°C-200°C’de ısıtılarak işlem uygulanmaktadır (Şekil 5).

Bu yöntemde iki çeşit uygulama vardır. Bu uygulamalar Thermo S ve Thermo D’dir. Thermo S’deki S, kararlılık (stabilizasyon) anlamına gelir. Thermo S sınıfı

uygulanan ağaç malzemenin neme bağlı yüzeysel daralma ve yüzeysel genişleme ortalaması % 6-8 arasında olmaktadır.

Thermo D'deki D, dayanıklılığı ifade eder. Thermo D sınıfı uygulanan ağaç malzemenin neme bağlı yüzeysel daralma ve yüzeysel genişleme ortalaması % 5-6 arasındadır (Anonim, 2006)



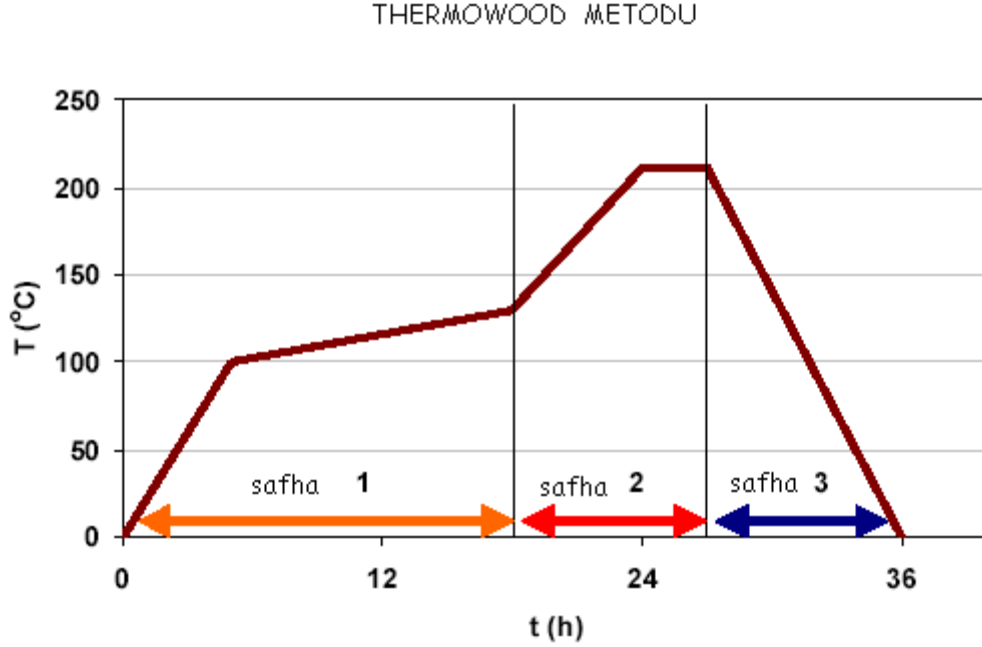
Şekil 5. Thermowood fırını (Anonim, 2006)

Kurutma aşaması; Bu aşama yüksek ısı ile kurutma aşamasıdır. En uzun süren aşamadır. Bu aşama boyunca ağaç malzemenin nemi %0 a kadar düşer. Bu aşamadaki kurutma süresi ağaç malzemenin başlangıç nemine, ağaç malzemenin türüne ve kalınlığına göre değişir. Başarılı bir kurutma için kurutma fırının içerisindeki ısı, nem ve hava dolaşımı hızı önemlidir (Anonim, 2006).

Isıl işlem aşaması; Isıl işlem aşaması kurutma aşamasından sonra başlar. Ağaç malzeme kapalı bir ortam içinde ve sıcaklığın 185°C-212°C ye çıkarılması ile yapılır. Bu aşamada ağaç malzemenin yanmaması için işlem süresince buhar kullanılır. Isıl işlem uygulama aşaması 2-3 saat sürer (Anonim, 2006).

Kondisyonlama aşaması; Isıl işlem uygulamasındaki son aşamadır. Isıl işlem aşamasından sonra ağaç malzeme kontrollü bir şekilde soğutulması gerekir, çünkü ağaç malzemenin iç sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki ısı farkı ağaç malzemenin çatlamasına yol açar. Son olarak ta ağaç malzemenin kullanım alanına uygun hale getirmek için nemlendirme yapılmaktadır. Ağaç malzeme uygun hale

getirildikten sonra nemi % 5-7 arasında sabitlenmelidir. Bu aşama ağaç türüne ve sıcaklığa bağlı olarak 5-15 saat arasında değişebilmektedir (Anonim, 2006) (Şekil 6).



Şekil 6. Isıl işlem aşamaları (Anonim, 2006)

1.2.7.5 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi

Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kalıcı değişiklikler ortaya çıktığı görülmektedir (Aydemir ve Gündüz, 2009). Ağaç malzemenin özellikleri üzerindeki kalıcı bu değişimin temel sebebi, ağaç malzemenin hücre çeperindeki bileşenlerin ve özellikle bu bileşenlerden hemiselülozlar sıcaklık ile bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Korkut, 2009). Ağaç malzemenin yapısında oluşan bu değişimler 150°C’de başlar ve sıcaklık değişimiyle orantılı olarak devam eder. Sonuç olarak rutubet değişimine bağlı olarak değişen genişleme ve daralma miktarları ısıl işlem sonucunda düşer. Biyolojik dayanım artar. Molekül ağırlığı bakımından düşük olan ekstraktif maddeler ağaç malzemedan uzaklaşır. Ağaç malzemenin rengi koyulaşır (Aydemir ve Gündüz, 2009). Isıl işlem uygulamasında en önemli faktör sıcaklıktır. Bunun dışında ağaç türü, rutubet, basınç, ön kurutma, sıcaklığın eşit dağılımı, uygulama süresi ve ağacın özellikleri gibi etkenlerde uygulamayı doğrudan etkilediği bildirilmiştir (Korkut, 2009).

1.2.7.6 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülündeki Değişmeler

Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin eğilme direncinde %10-30 arasında bir kayıp görülmektedir. Ancak bu kayıp sıcaklık ve uygulama süresine bağlı olarak değişir (Güller ve Korkut, 2006). Eğilme direncindeki bu düşüş 220°C'den sonra başlamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ısıtılmış ağaç malzemenin elastikiyet modülünde de değişimler görülmektedir. Yapılan birçok çalışmada ısıtılmış ağaç malzemenin elastikiyet modülünde azalmalar görülmüştür (Korkut, 2008; Korkut ve ark., 2008; Korkut ve Hızıroğlu, 2009).

Korkut ve Hızıroğlu (2009) fındık odununu 2, 6, 10 saat süre ve 120, 150, 180°C sıcaklık ile ısıtılmışlardır. İşlem sonrasında eğilme direncinde; 120°C'de 2 saatte % 0.55, 180°C'de 10 saatte % 31.86'lık, bir azalma, elastikiyet modülünde ise 120°C'de 2 saatte % 10, 180°C'de 10 saatte % 27.67'lik bir azalma görülmüştür (Korkut ve Hızıroğlu, 2009).

Makaslama ve Yarılma Direncindeki Değişmeler

Bu değişimler radyal ve teğet yönde sıcaklık ve işlem süresine göre farklılıklar gösterir. 230°C'den yüksek sıcaklık ve 4 saatten fazla muamele görmüş ağaç malzemenin makaslama direncinde radyal yönde % 25, teğet yönde % 40 'a varan azalmalar görülmektedir. Normal ısıtılmış ağaç malzemenin makaslama direnci değeri çok az düşmektedir. Isıl işlem uygulama sıcaklık seviyesine bağlı olarak yarılma direnci % 30-40 oranlarında bir azalma göstermektedir. Sıcaklık arttıkça bu azalama oranı da artar (Güller ve Korkut, 2006).

Şok Direnci ve Basınç Direncindeki Değişmeler

Isıl işleme tabi tutulmuş bir odun materyalinin direnci normal olarak kurutulmuş olan ağaç malzemenin direncinden yaklaşık olarak % 20 daha düşüktür (Güller ve Korkut, 2006). Aynı şekilde ısıtılmış ağaç malzemenin basınç direncinde azalmalar görülmektedir (Ünsal ve Ayrılmış, 2005).

1.2.7.7 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Kütle Kaybındaki Değişmeler

Isıl işlem uygulanan ağaç malzemede oluşan ağırlık kaybı istenmeyen bir özelliktir. Isıl işlem sonrasında meydana gelen bu ağırlık kaybı ve buna bağlı olarak oluşan yoğunluktaki azalma miktarı, ağaç türü uygulanan yöntem, yöntemin uygulandığı ortam, sıcaklık ve uygulama süresine bağlı olarak değişmektedir (Hill, 2006). Sıcaklık düştükçe ağırlık kaybı da azalmaktadır. Bunun nedeni de hücre lümeninde bulunan su ve uçucu bileşiklerin ağaç malzemeden uzaklaşması gösterilebilir (Esteves ve Pereira, 2009).

Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Boyutsal Özelliklerindeki Değişmeler

Isıl işlem görmüş ağaç malzemede boyutsal kararlılıkta bir artış görülmektedir. Bunun kararlılığın sebebi ağaç malzemedeki denge rutubet miktarının düşmesidir (Estves ve Pereira, 2009). Uygulanan işlem atmosferine bağlı olarak boyutsal kararlılık değişiklik göstermektedir. Hava ya da nitrojen ortamında 300°C’de ısıtılmış ve ağırlık kaybının % 20 olduğu odun örneklerinde boyutsal kararlılığın en yüksek olduğu görülmektedir. Bu ağırlık kaybının yanında boyutsal kararlılığın kapalı sistemlerde daha iyi olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda ağaç malzemenin boyutsal değişiminin ağaç malzemenin türüne ve uygulanan yönteme göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmalarda ısıtılmış ağaç malzemenin ısıtılmamış ağaç malzemeye oranla daha avantajlı olduğu görülmüştür (Akyıldız ve Ateş, 2008).

Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Renk Özelliklerindeki Değişmeler

Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin renginde koyulaşmalar olduğu görülmektedir. Bu renk değişimi sıcaklık ve işlem süresine bağlı olarak değişiklik gösterir (Güller, 2012). Sıcaklığın artması ve sürenin uzamasıyla doğru orantılı olarak ağaç malzemenin renginde koyulaşmalar oluşmaktadır (Bekhta ve Niemz, 2003; Korkut ve Kocaefe, 2009) (Şekil 7). Bu renk değişimelerindeki temel nedenin ağaç malzemenin yapısındaki kimyasal bileşikler ve ekstraktif maddelerdeki bozulmalardan kaynaklanmaktadır (Sehlstedt, 2003).



Şekil 7. Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin renginde meydana gelen değişim (Anonim, 2006)

Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Denge Rutubet Miktarında Meydana Gelen Değişmeler

Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin denge rutubet miktarında azalmalar görülmektedir (Gündüz ve ark., 2008; Esteves ve ark., 2008). Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin denge rutubetindeki değişimler açık bir şekilde görülür. Isıl işlem görmüş ağaç malzeme ile ısıtılmamış ağaç malzemenin denge rutubetleri arasında büyük bir fark görülmektedir (Anonim, 2006). Denge rutubetindeki bu değişimin nedeni olarak da hemiselüloz ve selülozun amorf bölgelerinde oluşan bozulmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Tjeerdsma ve Militz, 2005).

Akyıldız ve Ateş (2008), Meşe odununu 130°C, 180°C, 230°C ve 2.8 saat süre ile ısıtılmasına tabi tutmuş ve ağaç malzemenin denge rutubet miktarındaki değişimi incelemiştir. Meşe odununun kontrol örneğinin DRM'si % 14.3 iken ısıtılma sonrası 130°C ve 2 saatte % 12.8, 180°C ve 2 saatte % 11.4, 230°C ve 2 saatte % 7, 130°C ve 8 saatte % 13.2, 180°C ve 8 saatte % 10.3, 230°C ve 8 saat sonunda ise % 7.4'e düştüğü sonucuna varılmıştır (Akyıldız ve Ateş, 2008).

1.2.7.8 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Ağaç malzeme türlerinden birçoğu yüksek rutubet ortamında bozulmalara ve çürümelere müsaittirler. Isıl işlem ağaç malzemedeki bu bozulma ve çürümeleri önleyerek ağaç malzemenin biyolojik direncinin artmasını sağlamaktadır (Esteves ve Pereira, 2009). Bunun sebebi olarak; ısıtıl işlem yapılan ağaç malzeme içerisindeki su miktarının azalması ve hücre çeperi bileşenlerinin bozulmasıyla mantar ve böcekler için uygun yaşam ortamının yok olması gösterilir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemeler çürüklüklere karşı daha dirençli bir hale gelir (Şekil 8). Uygulanan ısıtıl işlem ağaç malzemenin yapısında bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi bileşiklerin bozulmasını önlemektedir. Böylelikle ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin ağırlık kaybı ısıtıl işlem görmemiş ağaç malzemeye göre daha azdır (Aydemir ve Gündüz, 2009).



Şekil 8. Isıl işlem görmüş (sağ taraftaki) ve ısıtıl işlem görmemiş (sol taraftaki) ağaç malzeme örneklerinde mantar enfeksiyonundan sonra meydana gelen görüntüler (Esteves ve Pereira, 2009).

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada lignoselülozik dolgu maddesi olarak *Betulaceae* (huşgiller) familyasından *Alnus Gulutinesa Subs. Berbata* (sakallı kızılağaç) türü kullanılmıştır.

Ağaç kesimi için Artvin Bölge Müdürlüğü'nün izni alınmış olup Artvin Merkez Saçinka bölgesinden temin edilmiştir.

Kullanılacak ağacı belirlerken ağacın hastalıklı olmamasına, budak, çatlak, ur, lif kıvrıklığı gibi kusurların bulunmamasına dikkat edilmiştir. Kesilen ağaçlardan odun örnekleri yerden 20-30 cm yükseklikten olmak üzere 150 cm boyunda alınmıştır. Daha sonra Ormanlı kereste deposuna götürülerek genişlik, kalınlık, uzunlukları sırasıyla, 12.5x2.5x150 cm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Karşılıklı örnekler alınarak bir tanesi kontrol örneği diğeri ise ısıtılma işlemi tabi tutulmak üzere ayrılmışlardır. Sınıflandırdığımız örnekler depolama koşullarına uygun olacak biçimde istiflenmiş ve yaklaşık 3-4 ay kondisyonlanmak üzere bırakılmıştır.

2.1.1 Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Bu çalışmada polimer plastik olarak Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmıştır. YYPE Petkim Petrokimya Holding A.Ş.'den alınmıştır (YYPE S 0464). Alınan YYPE nin erime akış hızı (2160 gr, 190°C) yaklaşık olarak 2.25-0.40 g/10dk. yoğunluğu (23°C) yaklaşık olarak 0.959-0.963gr/cm³ değerleri arasındadır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Isıl İşlem

Yapraklı bir ağaç türü olan *Alnus Gulutinesa Subs. Berbata* (sakallı kızılağaç), 3-4 ay kondisyonlanmış olan örnekleri ısıtılma işlemi yapılmak üzere Bolu Gerede'de bulunan Finlandiya modeli fırına sahip Novawood fabrikasına götürüldü. Burada Thermo-D yöntemi uygulanarak ısıtılma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem öncesi ağaç malzemenin

nem oranı % 0 olana kadar kurutma yapılmıştır. Daha sonra ağaç malzemeye kapalı bir ortam içerisinde doymuş su buharı altında, 185°C-212°C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıtım uygulanmıştır. Isıtım işlemi bittikten sonra ağaç malzeme kontrollü bir şekilde soğutma yapıldı. Isıtım işlemi gören ağaç malzeme OPK üretiminde kullanılmak üzere Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun koruma laboratuvarına getirildi.

2.2.2 Odun Plastik Kompozit Üretimi

Isıtım işlemi gören ve kontrol örneği olarak kullanılacak olan ağaç malzeme önce yongalanmış daha sonra şekil 9’da görülen Willey değirmenlerinde öğütölüp un haline getirilmiştir. Öğütölün örnekler sarsak elekte elenmiştir (Şekil 10).



Şekil 9. Willey değirmeni



Şekil 10. Sarsak elek

Sarsak elekte yapılan eleme işleminden sonra 60 mesh üzerinde kalan örnekler üretimde kullanılmıştır. Seçilen ağaç malzeme unları 24 saat süre ile $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Kurutulan ağaç malzeme unları YYPE ile şekil 11’de görülen yüksek karıştırma hızına sahip laboratuvar mikserinde karıştırılmıştır. Mikserde elde edilen karışım tek burgulu laboratuvar tipi ekstrüder makinesinden (Şekil 12) geçirilerek pelet oluşturulmuştur. Ekstrüder makinesinin ısıtma bölgeleri $150-160-170-180^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanmıştır. Karışım ekstrüder makinesinden geçtikten sonra soğuyup sertleşmesi için soğuk su banyosuna konulmuştur. Soğuma işlemi tamamlandıktan sonra peletler şekil 9’da görülen kırıcıdan geçirilerek parça boyutları küçülmüştür. Elde edilen bu parçacıklar 24 saat süre ile $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta tekrar kurutulmuştur. Kurutma işlemi bittikten sonra parçacıklar kalıp içerisine yerleştirilerek preste 175°C sıcaklıkta 3 dakika süre ile preslenmiştir (Şekil 13). Presleme bittikten sonra kalıp yük altında soğumaya bırakılmıştır. Üretilen odun plastik kompozitlerin formülasyonları tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 11. Laboratuvar tipi mikser



Şekil 12. Ekstrüder makinesi



Şekil 13. Sıcak pres makinası

Tablo 2. Odun plastik kompozitlerin formülasyonları

GRUP İSMİ	HDPE(%)	ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ(%)	ISIL İŞLEM GÖRMEMİŞ(%)	UYUM SAĞLAYICI(%)
A	50	-	-	-
B	47	-	-	3
C	100	50	50	-
D	-	-	-	-

2.2.3 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Kalınlık Artışı; Su alma kalınlık artış değerleri ASTM D 1037'ye göre belirtilmiştir. Örnekler 50x50x5 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Seçilen örnekler 103±2 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile kurutulduktan sonra tam kuru ağırlık değerleri ile başlangıç değerleri belirlenmiştir. 23°C ve 30°C sıcaklıklarda destile su içerisinde örnekler 2 ve 24 saat bekletildikten sonra ölçümler alınmıştır. Kalınlık artışı değeri belirlenirken her bir grup için 10 adet örnek kullanılmış ve her örnek üzerinde 5 nokta belirlenerek ölçümler bu noktalardan 0.0001 mm hassasiyetli mitotoyu marka dijital indikatör (Model ID-H0560) ile yapılmıştır. Kalınlık artışı için formül (2. 1) kullanılmıştır.

$$\text{Formül 2. 1 } KA (\%) = 100 [(K_b - K_s) / K_b]$$

Formülde; KA= Kalınlık artışı (%), Kb= Örneğin başlangıç kalınlığı (mm), Ks= Örneğin suda bekletildikten sonraki kalınlığı (mm).

Su alma; Levhaların su alma değerlerinin belirlenmesinde 50x50x5 mm boyutlarında 5 adet örnek kullanılmıştır. Ölçümler sırasında 0.001 g hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Su alma değerlerinin belirlenmesinde formül (2. 2) kullanılmıştır.

$$\text{Formül 2. 2 } SA (\%) = 100 [(Ms - Mb) / Mb]$$

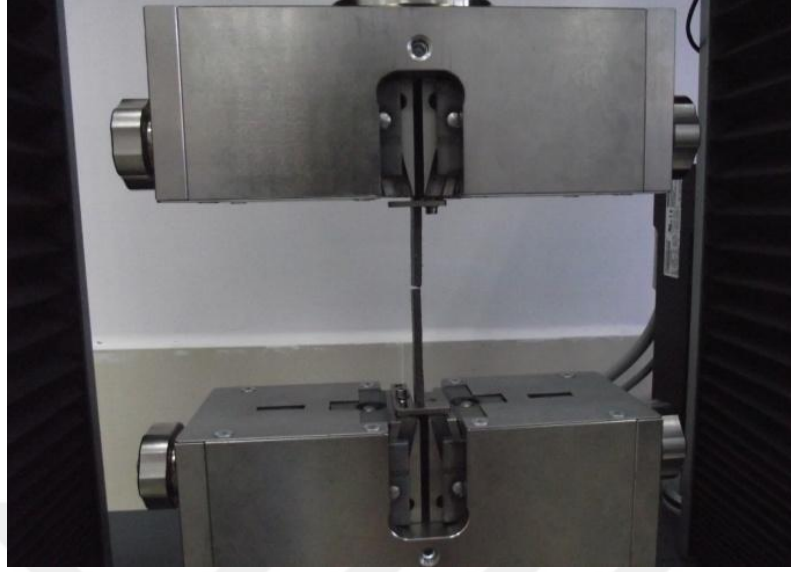
Formülde; SA= Su alma (%), Mb = Örneğin başlangıç ağırlığı (gr) ve Ms= Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (gr).

2.2.3.1 Mekanik Testler

Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesinde ASTM (American Society for Testing and Materials) D 790, çekme direnci değerlerinin belirlenmesinde ASTM D 638 standardı kullanılmıştır. Testler Artvin Çoruh Üniversitesi merkezi laboratuvarında bulunan, odun mekaniği laboratuvarı kısmında gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 50 KN kapasiteli Zwick marka test cihazı kullanılmıştır. Her iki mekanik özellik için 7 örnek ayrı ayrı test edilmiştir. Eğilme direnci testleri için örnekler 5x13x120 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test esnasında, dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 2mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri için 5x13x165 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Test hızı 5 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Şekil 14 ve şekil 15’de çekme ve eğilme direnci testlerine ait örneklerin test cihazına yerleştirilmesi görülmektedir.



Şekil 14. Eğilme direncine ait test örneği



Şekil 15. Çekme direncine ait test örneği

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM); Örneklerin yüzeylerinin görüntülenmesi ZEISS (MODEL EVO/LS10) marka elektron mikroskobu ile olmuştur. 5x13x65 mm boyutlarındaki numuneler önce sıvı azot içerisine batırılmış ve ortadan kırılmıştır. Kırılan yüzey altınla kaplanmıştır.

Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG); TGA analizi için Pelkin Elmer (MODEL STA 6000) marka cihaz kullanılmıştır. Test örnekleri 3-5 mg tartıldıktan sonra porselen kroze içerisine konulup cihaza yerleştirilmiştir. Test sırasında sıcaklık oda sıcaklığından 600°C ye kadar 10°C/dak. oranında artırılmıştır.

2.2.3.2 Biyolojik Testler

Mantar Testi; Mantar testleri EN 113 (European Committee For Standardization)'e göre yapılmıştır. Besi ortamı oluşturmak için 48 gr Malt ekstrakt agar erlen içerisine koyulup destile su ile 1 lt' ye tamamlanmıştır. Karışıma 121°C de 20 dakika süre ile sterilizyon işlemi uygulanmıştır. Bunun ardından her bir petri kabı içerisine yaklaşık 17 mL çözelti yerleştirilmiş ve soğumadan sonra mantar miselleri aşılantmıştır. Çürüklük testlerinde Trames Versicolor L. Pilat Mad-697 (Beyaz çürüklük mantarı), Postia Placenta (Fr.) M. J Larsen & Lombard Mad-698-R ve Coniophora Puteana (Schumach.:Fr.) P. Karlist Mad-15 (Esmer çürüklük mantarı) kullanılmıştır.

Çürüklük testi uygulanacak örnekler 20x20x5mm boyutlarına getirilip 48 saat boyunca 60±3 °C sıcaklıkta bekletildikten sonra ağırlıkları belirlenmiştir (M0□c-1). Örnekler petri kaplarına yerleştirilmeden önce misellerin besi ortamı üzerine tamamen yayılması beklenmiştir. Petri kaplarına yerleştirilecek örneklere 121°C de 30 dakika sterilizasyon işlemi uygulanmıştır. Her bir grup için 6 örnek kullanılmış olup işlem 4 ay sürmüştür. Daha sonra 48 saat boyunca 60±3 °C sıcaklıkta bekletilip 0.001 grama duyarlı bir terazide ağırlıkları belirlenerek aşağıdaki formül (2. 3) yardımıyla ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Mantarların etkinliğini kontrol etmek için 20x20x20 mm boyutlarında kızılâğaç numuneleri petri kaplarına yerleştirilerek mantar tahribatına maruz bırakılmıştır. Ağırlık kaybı formülü (2. 3)'de gösterilmiştir.

Formül 2. 3 Ağırlık Kaybı ($\% = [(Mo - Ms) / Mo] \times 100$)

Formülde; AK= Ağırlık kaybı (%), Mo= İlk ağırlık (gr), Ms= Son ağırlık (gr)

İstatistiksel Analiz; İstatistik analizlerde SPSS (15.0) paket programı kullanılmıştır. ANOVA testi ile değişkenlerim anlamı olup olmadığı belirlenmiştir. Faktörler arasındaki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunduğunda ortalamanın karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır. Analizler % 95 güven düzeyinde yapılmıştır.

3 BULGULAR

Üretilen OPK’larda beyaz ve esmer çürüklük mantarlarının neden olduğu ağırlık kayıpları ve standart sapma değerleri tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Mantar testleri sonucunda örneklerde meydana gelen % ağırlık kayıpları.

GRUP İSMİ	BEYAZ ÇÜRÜKLÜK	ESMER ÇÜRÜKLÜK
A	6.76 <i>a</i> * (0.50)	10.35 <i>b</i> (0.42)
B	4.63 <i>a</i> (0.17)	6.66 <i>a</i> (0.98)
C	1.92 <i>a</i> (0.12)	3.57 <i>a</i> (0.06)
D	43.31 <i>b</i> (7.30)	59.16 <i>c</i> (5.52)

*Sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$), parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir.

Yapılan mantar testleri sonucunda beyaz çürüklük mantarlarının neden olduğu en yüksek ağırlık kaybı değeri kontrol grubunda % 43.31 olarak belirlenmiştir. Bu ağırlık kaybı değerleri A grubu (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) için % 6.76, B grubu (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + % 3 MAPE) için % 4.63, C grubu (% 50 Isıl işlem görmüş Kızılağaç + % 50 HDPE) için % 1.92 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan mantar testleri sonucunda esmer çürüklük mantarlarının neden olduğu en yüksek ağırlık kaybı değeri kontrol grubunda % 59.16 olarak belirlenmiştir. Bu ağırlık kaybı değerleri A grubu (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) için % 10.35, B grubu (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + % 3 MAPE) için % 6.66, C grubu (% 50 Isıl işlem görmüş Kızılağaç + % 50 HDPE) için % 59.15 olarak tespit edilmiştir.

Üretilen OPK’larda su alma testleri sonucunda meydana gelen ağırlık artışları ve standart sapma değerleri tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. OPK’ların % ağırlık artış değerleri

GRUP İSMİ	1.GÜN	1.HAFTA	4.HAFTA	8.HAFTA	12.HAFTA
A	3.43 b* (0.50)	6.98 a (1.13)	13.64 c (1.92)	17.35 c (1.90)	19.35 c (1.97)
B	2.10 a (0.22)	3.50 a (0.39)	6.75 b (1.01)	8.98 b (1.18)	11.55 b (1.22)
C	1.90 a (0.27)	3.06 b (0.58)	5.05 c (0.83)	6.57 a (0.97)	7.88 a (1.01)

*Sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$), parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir.

Yapılan ağırlık artış testlerinde 12 hafta sonunda en yüksek ağırlık artış değeri A grubunda (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) % 19.35 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler B (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + %3 MAPE) ve C (% 50 Isıl işlem görmüş Kızılağaç + % 50 HDPE) grubunda bulunan örnekler için sırasıyla % 11.55 ve % 7.88 olarak belirlenmiştir. Örneklerde meydana gelen ağırlık artışı değerlerinin genel olarak 4 haftaya kadar hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür. Bundan sonraki 8 ve 12 haftalık sürelerde örneklerin % ağırlık artış değerlerinde meydana gelen değişimin ilk 4 haftaya göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan fiziksel testler sonunda OPK üretiminde MAPE ve ısıtma işlem gören ağaç malzeme kullanımının, örneklerin % su alma değerlerini düşürdüğü, bu değerlerin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Yapılan su alma testleri sonucunda her grup için süreleri ve su alma miktarlarını oranladığımızda en az ağırlık kaybı 8. hafta ile 12. hafta arasında olduğu görülmüştür.

Üretilen OPK’larda meydana gelen kalınlık artış ve standart sapma değerleri tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. OPK'lara ait % kalınlık artış değerleri

GRUP İSMİ	1.GÜN	1.HAFTA	4. HAFTA	8. HAFTA	12.HAFTA
A	2.12 c* (0.67)	3.98 c (0.82)	5.73 b (0.94)	6.16 b (1.04)	6.34 c (0.99)
B	1.26 b (0.63)	2.38 b (0.89)	3.84 a (1.42)	4.26 a (1.32)	5.10 b (1.52)
C	0.58 a (0.50)	1.63 a (0.58)	2.81 a (0.97)	3.21 a (1.14)	3.25 a (0.74)

*Sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$), parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir.

Yapılan kalınlık artış testlerinde 12 hafta sonunda en yüksek kalınlık artış değeri A grubunda (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) % 6.34 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler B (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + %3 MAPE) ve C (% 50 Isıl işlem görmüş Kızılağaç + % 50 HDPE) grubunda bulunan örnekler için sırasıyla % 5.10 ve % 3.25 olarak belirlenmiştir. Örneklerde meydana gelen kalınlık artışı değerlerinin genel olarak 4 haftaya kadar hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür. Bundan sonraki 8 ve 12 haftalık sürelerde örneklerin % kalınlık artış değerlerinde meydana gelen değişimin ilk 4 haftaya göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan fiziksel testler sonunda OPK üretiminde MAPE (ortalama mutlak yüzde hatası) ve ısıt işlem gören ağaç malzeme kullanımının, örneklerin % su alma ve % kalınlık artış değerlerini düşürdüğü, bu değerlerin kontrol örneklerine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Isıl işlem görmüş olan örneklerde su tutucu olan selüloz ve hidroksil gruplarının tahrip edilmesiyle ağaç malzemenin yapısında bazı değişiklikler meydana gelir. Ağaç malzeme içerisindeki hidroksil gruplarının azalmasıyla ağaç malzeme su tutma özelliğini kaybetmiş olur. Bunun sonucunda örneklerdeki kalınlık artış ve su alma oranları düşer.

Üretilen OPK'larda direnç ve elastikiyet değerleri tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. OPK'ların direnç ve elastikiyet değerleri.

GRUP İSMİ	DİRENÇ (MPa)		ELASTİKİYET (MPa)	
	Çekme	Eğilme	Çekme	Eğilme
A	11.64 <i>a</i> * (0.95)	27.23 <i>c</i> (2.66)	595.00 <i>a</i> (32.72)	2146.25 <i>b</i> (132.98)
B	15.12 <i>b</i> (0.55)	35.90 <i>d</i> (1.87)	848.12 <i>b</i> (71.14)	2753.75 <i>c</i> (197.77)
C	18.61 <i>c</i> (0.91)	23.88 <i>b</i> (3.98)	1273.00 <i>c</i> (52.13)	2286.25 <i>b</i> (268.70)
D	21.63 <i>d</i> (0.86)	20.91 <i>a</i> (1.57)	1653.75 <i>d</i> (105.91)	1046.50 <i>a</i> (132.81)

*Sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p < 0.05$), parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir.

Yapılan mekanik testler sonucunda en yüksek çekme direnci değeri 21.63 MPa olarak D grubunda (% 100 HDPE), en düşük çekme direnci değeri 11.64 MPa olarak A grubunda (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) olduğu görülmüştür. Çekmede elastikiyette en yüksek değer 1653.75 MPa olarak D grubunda (% 100 HDPE), en düşük çekme elastikiyet değeri 595.00 MPa olarak A grubunda (% 50 Kızılağaç + % 50 HDPE) olduğu görülmüştür. Yapılan mekanik testler sonucunda en yüksek eğilme direnci değeri 35.90 MPa olarak B grubunda (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + % 3 MAPE), en düşük eğilme direnci değeri 20.91 MPa olarak D grubunda (% 100 HDPE) olduğu görülmüştür. Eğilmede elastikiyette en yüksek değer 2753.75 MPa olarak B grubunda (% 50 Kızılağaç + % 47 HDPE + % 3 MAPE), en düşük eğilme elastikiyet değeri 1046.50 MPa olarak D grubunda (% 100 HDPE) olduğu görülmüştür.

4 TARTIŞMA

Karaçam odunu kullanılan bir çalışmada 60, 120 ve 180 dakikalık sürelerde farklı sıcaklıklarda (190, 200, 212 ve 225°C) ısıtım işlemi yapılmış ve boyutsal kararlılıktaki değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda sıcaklık ve sürelerdeki artışa bağlı olarak ağaç malzemenin boyutsal stabilitesinde % 66' ya varan iyileşmeler görülürken, mekanik özelliklerden eğilme direncinde uygulanan yöntem ve uygulama süresine göre azalmalar tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda Karaçam odunu için optimum ısıtım işlem koşulları 200 de 120 dakika olarak belirtilmiştir (Güller, 2012).

Huş odunu kullanılan bir çalışmada 3, 6, ve 9 saatlik zamanlar ve 130, 160, 190°C sıcaklıklarda ısıtım işlemi yapılmış ve eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki değişimler incelenmiştir. Çalışma sonunda sürelerdeki artışa ve sıcaklığa bağlı olarak değişimler tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda huş odununda eğilme direncinde; 130°C'de 3 saatte % 2.12 oranında, 6 saatte % 3.70 oranında, 9 saatte % 5.55 oranında, 160°C'de 3 saatte % 7.73 oranında, 6 saatte % 10.54 oranında, 9 saatte % 13.03 oranında, 190°C'de 3 saatte % 16.23 oranında, 6 saatte % 19.54 oranında, 9 saatte % 22.25 oranında, eğilmede elastikiyet modülünde ise; 130°C'de 3 saatte % 9.78 oranında, 6 saatte % 14.89 oranında, 9 saatte % 19.19 oranında, 160°C'de 3 saatte % 22.22 oranında, 6 saatte % 27.42 oranında, 9 saatte % 33.90 oranında, 190°C'de 3 saatte % 38.06 oranında, 6 saatte % 42.55 oranında, 9 saatte % 50.10 oranında bir azalmanın olduğu görülmüştür (Ghalehno ve Nazerian, 2011).

Yapılan başka bir çalışmada az dayanıklı bir tür olan kavak odunu kullanılmıştır. Isıtım işlemi görmüş ve ısıtım işlemi görmemiş örneklerdeki değişimler belirtilmiştir. Yapılan çalışmada ağaç malzeme örneklerine 200 ve 260 °C de ısıtım işlemi uygulanmış mantar türlerine (*coriolus versicolor*, *conioophoro puteana*) ve çürüklüklere (beyaz çürüklük, kahverengi çürüklük ve yumuşak çürüklük) karşı dayanımları tespit edilmiştir. Sonuç olarak ısıtım işlemi görmüş ağaç malzeme örneklerinde % 1'lik bir ağırlık kaybı, ısıtım işlemi görmemiş ağaç malzeme örneklerinde ise % 40 oranında bir ağırlık kaybı görülmüştür (Dirol ve Guyonnet, 1993).

Odun plastik kompozitler içerisindeki odun unu oranının % 50'nin altında olması durumunda mantarlar tarafından oluşturulan ağırlık kayıplarının hiç olmadığı ya da çok az oranda olduğu, odun unu oranının % 50 ve üzeri olması durumunda ise ağırlık kayıplarının arttığı belirlenmiştir. Mantar zararlarının en az seviyeye düşürülmesi için plastik ile ağaç malzeme arasındaki bağın güçlendirilmesi ya da odun plastik kompozitler içerisinde bulunan ağaç malzemenin koruyucu kimyasallarla işlem görmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Schirp ve ark., 2008).

Ağırlıkça % 50 oranında GSC ve % 50 YYPE kullanılan bir çalışmada enjeksiyon kalıplama ile odun plastik kompozit üretimi gerçekleştirmişlerdir. Üretilen levhalar 12 hafta süre ile beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*) ve esmer çürüklük (*Gloeophyllum trabeum*) mantarlarına maruz bırakarak 12 hafta sonunda beyaz çürüklük için belirlenen yaklaşık ağırlık kaybı % 2 civarında iken bu değer esmer çürüklük mantarı için % 4 olarak belirlenmiştir (Clemons ve Ibach, 1990).

% 40 oranında bagasse lifi, PP ve % 2 oranında uyum sağlayıcı madde kullanılarak odun plastik kompozit üretimi gerçekleştirdikleri bir araştırmada 16 hafta süre ile beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*) ve esmer çürüklük (*Coniophora puteana*) mantarlarının yapmış olduğu ağırlık kayıpları belirlenmiştir. 16 haftanın sonunda beyaz ve esmer çürüklük mantarlarının meydana getirdiği ağırlık kayıpları sırası ile % 7.15 ve % 6.32 olarak tespit etmişlerdir (Hosseinihashemi ve ark., 2011).

PP, çinko borat ve % 50 ve 70 oranında odun unu kullanılarak odun plastik kompozit üretimi yapmışlar, levhaların biyolojik dayanıklılığını belirlenmiştir. Beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*), esmer çürüklük mantarı (*Fomitopsis palustris*) ve termitlerin (*Coptotermes formosanus*) meydana getirdiği ağırlık kayıpları etmişler; 12 hafta sonunda beyaz çürüklük mantarının oluşturduğu ağırlık kaybı plastik oranı % 50 olan 60 ve 30 mesh boyutlarında odun unu kullanılan örneklerde sırası ile % 0.5 ve 0.1 iken, % 30 plastik içeren numuneler bu oran % 1,5 ve 1,1 olarak belirlenmiştir (Taşçıoğlu ve ark., 2013).

Servis ömrünü tamamlayan CCA'lı GSC ve emprenyesiz GSC örneklerinden OSB üretimi gerçekleştirmişler, üretimde fenol formaldehit kullanılmışlardır. Örnekler 8 hafta süre ile esmer çürüklük (*Gloeophyllum trabeum*) ve 16 hafta süre ile beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*) mantarlarına maruz bırakılmış ve levha örnekleri

içerisindeki CCA içeren yonga oranının artması ile mantarlara karşı dayanımın arttığını tespit etmişler ayrıca kalınlık artış oranları ise CCA'lı yongaların oranının azalması ile arttığını bildirmişlerdir (Li ve ark., 2004).

Kullanım ömrü sona eren CCA'lı ağaç malzemenin atık sorunu oluşturmada farklı alanlarda kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, odunun ağır metallerden temizlenmesinde (remidasyon) *Bacillus licheniformis* CC01 bakterisi ve oksalik asit ekstraksiyonu kullanmışlardır. CCA'dan temizlenen GSC yongalardan ve emprenyesiz GSC sarıçam yongalarından ve CCA'lı yongalardan %10'luk fenol formaldehit tutkalı kullanılarak yonga levha üretmişlerdir. En fazla su alma ve kalınlık artış oranının emprenyesiz GSC yongalarından üretilen levhalarda görüldüğünü, bunu sırası ile remidasyon işlemi gören yongalardan üretilen levha ve CCA içeren yongalardan üretilen levhaların izlediğini bildirmişlerdir (Clausen ve ark., 2000). PP, % 60, 65, 70 oranında odunu, ve % 1, 2, 3, 4 oranında MAPP (Maleik anhidritle kraftlanmış polipropilen) kullanılan bir çalışmada en iyi odun plastik kompozit üretim formülasyonu belirlemeye çalışmışlar, en yüksek kalınlık artışı ve su alma oranı % 70 odun unu içeren levhalarda görüldüğünü bildirmişlerdir (San ve ark., 2008).

Farklı dolgu maddeleri ve % 65 oranında YYPE'nin kullandığı bir çalışmada üretilen odun plastik kompozitlerin su alma, kalınlık artışı, eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri karşılaştırmışlardır. Sıcaklığın yükselmesi ile odun plastik kompozitlerin kalınlık artışı ve su alma oranlarında artmaların meydana geldiğini bildirmiştir (Zabihzadeh, 2010).

Kızılçam odun unları kullanılarak odun plastik kompozit üretmişler, üretimde 30 mesh altına geçen ve 100 meshlik elek üzerinde kalan odun parçalarını seçtikten sonra, plastik olarak saf ve geri kazanılmış yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanarak levha taslağı 50:50 oranında YYPE ve odun unundan üretmişlerdir. Yapılan mekanik testlerin sonucunda en yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değeri saf YYPE ve CCA içeren odun unundan üretilen levhalarda olduğu tespit etmişlerdir. CCA ile emprenye işlemi gören ağaç malzemenin yüzey enerjisi artmakta ve hidrofilik özellik gösteren ağaç malzeme hidrofobik hale geldiğini ve dolayısı ile odun unları ile hidrofobik olan plastik

malzemenin arasındaki karışım problemi kısmen iyileştirdiğini bildirmişlerdir (Kamdem ve ark., 2004). ACQ (alkaline copper quaternary) ve MCQ (micronized copper quaternary) ile emprenye edilmişler ve GSÇ ve YYPE kullanılarak enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilen osun plastik kompozitlerin fiziksel, mekanik ve biyolojik özellikleri incelemişlerdir. Yapılan mekanik testlerin sonucunda en iyi eğilmede elastikiyet ve çekmede elastikiyet modülü değerleri ACQ ve MAPE kullanılan levhalarda belirlendiğini tespit etmişlerdir (Shang ve ark., 2012).

Servis ömrünü tamamlayan CCA'lı GSÇ ve emprenyesiz GSÇ örneklerinden OSB (yönlendirilmiş yonga levha) üretimi gerçekleştirmişler, üretimde fenol formaldehit kullanılmışlardır. Kullanılan çam örneklerinin tamamı üretim öncesinde 24 saat suda bekletmişler emprenye kimyasalının ve suda çözünen ekstraktiflerin suya geçmesini sağladıktan sonra levha üretiminde kullanılan CCA'lı malzeme ve emprenyesiz yonga % oranlarını 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 olarak belirlemişler ve yapılan mekanik testler sonucunda en yüksek eğilme ve şok direnci değerlerinin tamamının işlem görmemiş çam yongalarından üretilen levhalarda belirlemişlerdir. Ayrıca CCA içeren yongaların levha içerisindeki oranı arttıkça eğilme ve şok direnci değerlerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir (Li ve ark., 2004). Yaptıkları bir başka çalışmada ise servis ömrünü tamamlamış CCA'lı GSÇ yongaları ve emprenyesiz GSÇ yongaları kullanılarak OSB üretmişlerdir. Üretimde bağlayıcı olarak fenol-formaldehit kullanılmışlardır. Emprenyesiz GSÇ yongalarından üretilen levhaların mekanik özellikleri CCA'lı yongalardan üretilen levhaların mekanik özelliklerinden daha yüksek değerler gösterdiğini bildirilmişlerdir (Vick ve ark., 1996).

Servis ömrünü tamamlayan CCA'lı GSÇ yongaları kullanılarak yapılan bir çalışmada farklı tipte OSB üretimi gerçekleşmişler ve polimerik difenilmetan diizosiyanat (pMDI) ve sıvı fenol-formaldehit (LPF) kullanarak farklı tipteki yonga tipinin mekanik özellikler üzerinde farklı bir etki oluşturmadığı, CCA içeren yongalardan üretilen tüm levha tiplerinin mekanik özelliklerinin, emprenyesiz GSÇ yongalarından üretilen levhalara göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Mengeloğlu ve ark., 2000).

Kenevir lifleri kullanılarak yaptıkları bir çalışmada (RTM) teknolojisi ile poliester kompozit üretilmiş, kenevir lifleri keçe haline getirilip, % 4.3 ile % 50 arasında olan nem miktarları kurutularak % 1-2 ye kadar düşürmüşlerdir. Reçinenin enjeksiyon süresinin; yüksek lif içeriğinde düşük geçirgenliği olan lif keçesinde arttığı gözlemleyerek doğal liflerden elde edilen kompozitlerde lif hacminin artmasıyla mekanik özelliklerde (eğilme ve çekme dirençlerinde) artış olduğu tespit etmişlerdir (Rouison ve ark., 2004).



5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında genel olarak odun plastik kompozitler kullanıldıkları alanlarda başarılı ve olumlu sonuçlar göstermişlerdir. Elde edilen veriler odun plastik kompozitlerin birçok alanda kullanılabilir bir malzeme olduğunu göstermektedir. Bir diğer önemli konu ise odun hammaddesinin kullanımını azaltarak orman varlığını korumasıdır. Odun plastik kompozitler, orman varlığını koruyarak çevreye ve insanlara faydalı olabilmek açısından da önemlidir.

Bu konu hakkında yapılacak çalışmalarda hammadde seçimi standartlara uygun şekilde yapılmalıdır. Kullanılacak örneklerde hammaddenin özellikleri göz önünde bulundurularak işlem yapılmalıdır. Çalışmaya başlarken, örnek seçimi yapılırken, depolama ve tüm işlemler bu konuya dikkat edilerek yapılmalıdır. Çalışmanın ilk aşamasından son aşamasına kadar tüm veriler, ölçümler ve tüm işlemler dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Çalışmada çıkan sonuçların güvenilir olması için bu konu çok önemlidir.

Aynı zamanda park ve çocuk oyun alanlarında plastik malzemenin kullanımıyla sürtünmeden kaynaklı elektriklenme olabileceğinden dolayı bu tür yerlerde plastik malzeme yerine odun-plastik kompozitinin kullanılması daha faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbaş, S. Güleç, T., Tufan, M., Taşcıoğlu, C., Peker, H., 2013. Fındık Kabuğu Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Değerlendirilmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (1), 50-56.
- Akkurt, S., 2007. Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı Kitabı Birsen Yayın Evi, İstanbul
- Akyıldız, M. H., Ateş, S., 2008. Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in Turkey. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4 (6), 660-665.
- Anonim 2006. www.novawood.com.tr
- Aslan M., 2008. Odun Plastik Kompozitlerde Geri Dönüşüm ve Atık Malzeme Kullanımı. VI Ulusal Orman Fakültesi Öğrencileri kongresi, 63-67.
- Aydemir, D., Gündüz, G., 2009. Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (15), 71-81.
- Bekhta, P., Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*, 57 (5), 539-546.
- Bledzki, A. K ve Sperber, V. E, 1999, Recent Developments in wood-plastic: United States, Japan, and Europe, The Hifty International Conference on Woodfiber Plastik Composites, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 187-192.
- Clausen C. A., Kartal S. M., Muehl J., 2000. Properties of particleboard made from recycled CCA-treated wood, 31st Annual Meeting Kona, Hawaii, USA, 1-6.
- Clemons C. M., Ibach R. E., 1990. Laboratory tests on fungal resistance of wood filled polyethylene composites, Annual Technical Conference, San Francisco, 22192223.
- Clemons, C., 2002. Wood-plastic Composites in the United States: The Interfacing of Two Composites Virgin and Recyled Wood Fiber And Polimer for Composites, May 1-3 Conference, Brasov, Romania.
- Dirol, D., Guyonnet, R., 1993. The improvement of wood durability by retification process. The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 93-40015, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.

- Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H., 2008. Pine wood modification by heat treatment in air. *Bioresources*, 3 (1), 142-154.
- Esteves, B., Pereira, H., 2009. Wood modification by heat treatment a review, *Bioresources*, 4 (1), 370-404.
- Ghalehno, D. M., Nazerian, M., 2011. Changes in the physical and mechanical properties of Iranian Hornbeam wood (*Carpinus betulus*) with heat treatment. *European Journal of Scientific Research*, 51 (4), 490-498.
- Güller, B., Korkut, S., 2006. Isıl işlem görmüş ahşap (ThermoWood). Woodwork Mobilya, Mobilya Yan Sanayi, Mimarlık, *Dekorasyon ve Araştırma Dergisi*, 38-48.
- Güller, B., 2012. Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of *Pinus nigra* wood, *African Journal of Biotechnology*, 11 (9), 2204-2209.
- Gündüz, G., Niemz, P., Aydemir, D., 2008b. Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 26 (9), 1135-1139.
- Gürü, M ve Yalçın, H., 2006 Malzeme Bilgisi Kitabı Palme Yayıncılık, Ankara.
- Hosseinihashemi S. K., Modirzare, M., Safdari, V., Kord, B., 2011. Decay resistance, hardness, water absorption, ve Thickness swelling of a bagasse fiber/plastic) composite, *BioResources*, 6(3), 3289-3299.
- Kamdem, P., 2002. Heat Treatment : Can It Replace Preservatives? CWPA (Canadian Wood Preservation Association) Proceedings, 122-131.
- Kamdem D. P., Jiang H., Cui W., Freed J., Matuana L. M., 2004. Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE ve Wood flour from CCA-treated wood removed from service, *Composite: Part A*, 35 ,347-355.
- Karakaş, G., 2008. Ahlât (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısıtıl işlemin etkisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans tezi, 71s, Zonguldak.
- Killough, M. J, 1995, The Plastics Side of the Equation, Woodfiber- Plastic Composites Conference No. 7293, Madison, WI, USA, May 1995. p. 7-15.
- Korkut, S., 2009. Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısıtıl işlem sıcaklık ve süresinin etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5 (1), 121-130.
- Korkut, S., Hızıroğlu, S., 2009. Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L.), *Materials and Design*, 30, 1853-1858.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5 (2), 11-34.

- Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T., 2008a. The effects of heat treatment on technological properties in red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource Technology*, 99 (6), 1538-1543.
- Korucu, T., Mengelo lu, F. 2007. Potentials of Agricultural Residues as Raw Materials and Their Alternative Usage Possibilities in Turkey. 24 th National Agricultural Mechanization Congress, Kahramanmaraş, s. 297-307.
- Kylosov, A. A., 2007. Wood Plastic Composites, John Wiley&Sons, Inc.,NJ, USA, 698.
- Li, W., Shupe, T. F., Hse, C. Y., 2004. Physical and mechanical properties of flakeboard properties of flakeboard produced from recycled CCA-treated wood, *Forest Products Journal*, 54(2), 89-94.
- Matuana, L. M., Heiden, P. A. 2004. Wood Composites, *Encyclopedia of Polymer Science and technology*, 12, 521-546.
- Mengelo lu F., Gardner D. J., 2000. Recycled CCA-treated lumber in flakeboards: evaluation of adhesives ve Flakes, *Forest Products Journal*, 50 (2),41-45.
- Mengelo lu, F. ve Alma, M. H., 2002. Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 5 (2) 37-48.
- Mengelo lu, F., Karakuş, K. 2008 c. Some Properties of Eucalyptus Wood Flour Filled Recycled High Density Polyethylene Polymer-Composites, *Turk J Agric For.* 32, 537-546.
- Onaran, K., 2009. Malzeme Bilimi Kitabı Bilim Teknik Yayınları, Ankara
- Rouison, D., Sain, M. ve Couturier, M., 2004. Resin Transfer Molding of Natural Fiber Reinforced Composites: Cure Simulation, *Composites Science and Technology*, 64, 629-644.
- San H. P., Nee L. A., Meng, H. C., 2008. Physical ve Bending properties of injection moulded wood plastic composites boards, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3 (5),13-19.
- Schirp A., Ibach R. E., Pendleton D. E., Wolcott M. P., 2008. Biological degradation of wood plastic composites (WPC) ve Strategies for improving the resistance of WPC Wood polymer composites against biological decay, *BioResources*, 7 (4), 511-523.
- Sehlstedt, P. M., 2003. Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce. *Proceedings 8th International IUFRO Wood Drying*, 459-464.
- Shang L., Han G., Zhu F., Ding J., Shupe T., Wang Q., Wu Q., 2012. High-density polyethylene-based composites with pressure-treated wood fibers, *BioResources*, 7(4), 5181-5189.
-  ahin, Y. 2006 Kompozit Malzemelere Giriş Kitabı Se kin Yayınları, Ankara

- Taşcıoğlu C., Yoshimura T., Tsunoda, K., 2013. Biological performance of zinc borate incorporated into wood-plastic composites: laboratory ve 3-year field test results, *Composite: Part B*, 51, 185-190.
- Tjeerdsma, B., Militz, H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63, 102-111.
- Transfer Molding, 1995, *Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber*
- Tufan M., Mengeloğlu, F., 2010, Odun Plastik Kompozitleri ve Ülkemizde Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılabilecek Hammaddeler üzerine genel Bir Değerlendirme. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 1658-1664.
- Ünsal, O., Korkut S., Atik C., 2003. The effect of heat treatments on some properties and colour in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood. *Maderas: Ciencia Y Tecnologia. Universidad Del Bio-Bio*, 5 (2), 145-152.
- Ünsal, O., Ayrılmış, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish River Red Gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51, 405-409.
- Vick C. B., Geimer R. L., Wood J. E., 1996, Flakeboards from recycled CCA-treated southern pine lumber, *Forest Products Journal*, 46 (11/12), 89-91.
- Wolcott, M. P. ve Englund, K., 1999. A Technology Review of Wood-plastic Composite, Proceeding of 33rd International Particleboard/ Composite Materials Symposium, Washington, USA, 103 -111.
- Yıldız, S., 2002. Isıl işlem uygulanan Doğu kayını ve Doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. K.T.Ü., Doktora Tezi, 245s, Trabzon.
- Youngquist, J.A., 1995. Unlikely Partners?, The Marriage of Wood and Nonwood, *Forest Products Journal*, 45 (10), 25-30.
- Zabihzadeh S. M., 2010. Water uptake ve Flexural properties of natural filler/hdpe composites, *BioResources*, 5(1), 316-323.

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Sezer SOLAK
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 22.02.1991 / Sarıkamış
Medeni hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 05334394148
e-posta : sezersolak@gmail.com

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

AÇÜ/Orman Endüstri Mühendisliği

2014

Yayınlar