

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

**GİRESUN İLİNDE BULUNAN LİGNOSELÜLOZİK MATERYALLERDEN
POLİMER KOMPOZİT ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur ÇUKUR

ARTVİN-2016

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

**GİRESUN İLİNDE BULUNAN LİGNOSELÜLOZİK MATERYALLERDEN
POLİMER KOMPOZİT ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur ÇUKUR

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mürşit TUFAN**

Artvin - 2016



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

GİRESUN İLİNDE BULUNAN LİGNOSELÜLOZİK MATERYALLERDEN
POLİMER KOMPOZİT ÜRETİMİ

Uğur ÇUKUR

Enstitüye Verildiği Tarih : 10/06/2016

Tezin Sözlü Savunma Tarihi :25/07/2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mürşit TUFAN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ASLAN

ONAY:

Bu Yüksek Lisans, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 25/07/2016 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../.....
Prof. Dr. Zafer ÖLMEZ
Enstitü Müdür V.

ÖNSÖZ

"Giresun İlinde Bulunan Lignoselülozik Materyallerden Polimer Kompozit Üretimi" adlı bu tez çalışması Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle Yüksek lisans tez danışmanlığımı yapan ve çalışmalarımın her aşamasında bilgilerini ve tavsiyelerini esirgemeyen, konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde bilgisi ve tecrübesi ile yanımda olan sayın danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mürşit TUFAN'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalar boyunca tavsiyelerinden yararlandığım sayın hocam Yrd. Doç.Dr. Selçuk AKBAŞ ve Yrd. Doç. Dr. Emrah PEŞMAN'na teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında kimyasal analizlerin yapılmasında yardımlarından dolayı sayın hocam Arş. Gör. Türker GÜLEÇ'e teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışması boyunca çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Burhan HARŞIT'a teşekkür ederim.

Beni yaşamım boyunca her konuda destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

TÜBİTAK –TOVAG 2140737 Nolu projenin bir parçası olarak hazırlanan tez çalışmamda aldığım destek için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna teşekkürlerimi sunarım.

"Giresun İlinde Bulunan Lignoselülozik Materyallerden Polimer Kompozit Üretimi" adlı ve 2014.F11.01.02 proje nosu ile bu çalışma, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce araştırma projesi olarak desteklenmiştir.

Araştırmamın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olması dilerim.

Uğur ÇUKUR
Artvin-2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÖZET.....	X
SUMMARY	XI
ŞEKİL DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIV
KISALTMALAR	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Plastikler.....	2
1.1.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Plastik Sektörü	3
1.1.1.1.1. Dünyada Plastik Sektörü	3
1.1.1.1.2. Türkiye’de Plastik Sektörü.....	4
1.1.1.2. Plastik Türler.....	4
1.1.1.2.1. Elastomerler	5
1.1.1.2.2. Termosetler	5
1.1.1.2.2.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE).....	6
1.1.1.3. Atık Plastik Geri Kazanım	7
1.1.1.3.1. Atık Plastik Geri Kazanım Başlıca Avantajları	8

1.1.2. Tarımsal Atıklar	9
1.1.2.1. Türkiye’de Tarımsal Atık Potansiyeli.....	9
1.1.2.2. Dünya’da ve Türkiye’de Fındık Üretimi.....	11
1.1.2.2.1. Dünya’da Fındık Üretimi	11
1.1.3. Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılan Birleştirici Kimyasallar	14
1.1.4. Odun Plastik Kompozitler.....	15
1.1.4.1.Odun Plastik Kompozit (OPK) Türleri	16
1.1.4.1.1.Termoset Esaslı Odun Kompozitler	17
1.1.4.1.2. Termoplastik Esaslı Odun Kompozitler.....	17
1.1.4.2. Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları	19
2. MATERYAL ve METOT	20
2.1. Materyal	20
2.2. Metot	20
2.2.1. Fındık Kabuğuna Uygulanan Test Yöntemleri	20
2.2.1.1. Rutubet Tayini.....	20
2.2.1.2. Ekstraktif Maddelerin Belirlenmesi	21
2.2.1.2.1. Sıcak Su Çözünürlüğü.....	21
2.2.1.2.2. Alkol-Sikloheksan Çözünürlüğü	22
2.2.1.2.3. Alkol Çözünürlüğü.....	22
2.2.1.3. % 1’lik NaOH Çözünürlüğü	23
2.2.1.4. Holoselüloz Tayini.....	23

2.2.1.5. Klason Lignin Tayini	25
2.2.1.6. α -Selüloz Tayini	26
2.2.1.7. Kül Tayini	26
2.2.2.OPK Üretimi ve Uygulanan Test Yöntemleri	27
2.2.2.1.OPK Üretimi	27
2.2.2.2. Araştırma Yöntemi.....	31
2.2.2.2.1. Mekanik Özellikler.....	32
2.2.2.2.1.1. Eğilme Özellikleri	32
2.2.2.2.1.2. Çekme Özellikleri	33
2.2.2.2.1.3. Darbe Direnci	34
2.2.2.2.2. Isıl Özellikler.....	36
2.2.2.2.2.1. Termogravimetrik Analiz (TGA).....	36
2.2.2.2.3.1. Mantar Testi	37
2.2.3. İstatistiksel Analiz.....	38
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	39
3.1 Fındık Kabuğunun (FK) Kimyasal Analiz Sonucu	39
3.2. Mekanik Test Sonuçları	40
3.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	40
3.2.2. Çekme Direnci ve Çekmede Elastikiyet Modülü.....	43
3.2.2. Darbe Direnci	46
3.3.Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTGA). 49	

3.4.1. <i>Trametes Versicolor</i> Mantarına Ait Ağırlık Kayıpları.....	50
3.4.1. <i>Postia Placenta</i> Mantarına Ait Ağırlık Kayıpları	52
4. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	55
EKLER.....	57
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ.....	70



ÖZET

Dünya'daki hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak çevre kirliliği sorunu önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu soruna paralel olarak yenilenebilir kaynakların günlük hayatta kullanımı ön plana çıkmıştır. Yenilenebilir kaynaklardan biri olan odun ve odundan elde edilen ürünler sanayide daha geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu malzemelerin en önemli avantajları doğa dostu olmaları ve yenilenebilir olmalarıdır. Bununla birlikte su, ışık ve mantar gibi çevresel olaylardan etkilenmeleri dezavantajlarını oluşturmaktadır. Ülkemiz gibi orman kaynağı az olan ülkelerde ise odun yerine alternatif olarak yıllık bitkiler kullanılmaktadır. Bu da ülke ekonomisine büyük yarar sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, geri dönüştürülmüş yüksek yoğunluklu polietilen (G-YYPE) ve fındık kabuğu (FK) unu kullanılarak üretilen odun plastik kompozit (OPK) levhalarının mekanik ve termal özellikleri, biyolojik performansı ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesidir. Odun plastik kompozit üretiminde tek vidalı ekstrüzyon kullanılmıştır. Tüm OPK levhaları sıcak preste 170 ° C 'de, 3 dakika süre ile preslenmiştir. OPK levhaları G-YYPE ve farklı ağırlık oranlarda (%30, 40, 50 ve 60) fındık kabuğu kullanılarak uyumlaştırıcı ajan içeren ve içermeyen ((maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE)) gruplar halinde üretilmiştir. Çalışmada bir adet beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor* L. (Mad-697) ve bir adet esmer çürüklük mantarı *Postia Placenta* J. (Mad-698) kullanılmıştır. Üretilen OPK levhalarının yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. OPK levhada dolgu maddesi olarak kullanılan FK, G-YYPE'ye göre daha düşük sıcaklıklarda bozulmaya başlamıştır. OPK'ların biyolojik dayanıklılığı dolgu maddesinin oranının artması ile olumsuz etkilenmiştir. FK oranı arttıkça eğilme ve çekmede elastikiyet modülü değeri artmış, buna karşın eğilme ve çekme direnci değerleri azalmıştır. MAPE plastik malzeme ile fındık kabuğu arasında yüzeyler arası bağlanmayı iyileştirmiştir. Bu çalışmada FK'nın G-YYPE polimer kompozit üretiminde etkin bir şekilde değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelime: Fındikkabuğu, odun plastik kompozit, mekanik özellikler, geri dönüştürülmüş yüksek yoğunluklu polietilen, biyolojik dayanıklılık.

SUMMARY

EVALUATION of LIGNOCELLULOSIC MATERIALS in THE PRODUCTION of POLYMER COMPOSITES EXISTING in THE GIRESUN PROVINCE

Environmental pollution has been major problem due to rapid population growth and industrialization in the world. The importance of utilization of renewable resources has increased in parallel with these developments. As one of the renewable resource, wood and wood products have widely been used in industry. These materials have advantages of being environmentally friendly and renewable. The countries that have less forest assets like Turkey use alternative annual plants instead of wood. This provides a great deal of benefit to the economy of the country.

The aim of this study was to investigate the mechanical and biological performance, thermal degradation and morphology of wood-plastic composites (WPCs) made from recycled high-density polyethylene and nutshell flour (NSF). Polymer composites were formed by single screw extrusion compounding. All polymer composites formulations were compression molded into a hot press for 3 min at 170 °C. Compression molded composites were prepared from NSF and recycled high density polyethylene (R-HDPE) with and without maleic anhydride-grafted polyethylene (MAPE) at 30, 40, 50 and 60 wt % contents of the NSF. One white rot fungus, *Trametes versicolor* L.Pilat (Mad-697), one brown rot fungi, *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard (Mad-698-R) were used for the decay tests. The surfaces of the WPC samples manufactured were examined with a scanning electron microscope (SEM). The presence of NSF in the WPC samples resulted in degradation at lower temperatures compared to the R-HDPE. Biological resistance was negatively affected addition with NSF in composites. The flexural and tensile modulus of the composites significantly increased with increasing the filler content while the flexural and tensile strength significantly decreased. The MAPE improved the interfacial adhesion between nutshell flour and polymer matrix. This study demonstrate that NSF has the potential to be effectively recycled as filler in HDPE composites.

Keywords: Nutshell flour. Wood plastic composites, Mechanical properties, Recycled high density polyethylene, Biological performans.

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Yıllara göre plastik üretimi	3
Şekil 2. Türkiye'de üretilen plastik miktarı	4
Şekil 3. Termoplastik örnekleri	6
Şekil 4. Yüksek yoğunluklu polietilen örnekleri	7
Şekil 5. Türkiye'de fındığın yayılış alanı	12
Şekil 6. OPK üretiminde kullanılan uyumlaştırıcı ajanın çalışma mekanizması..	15
Şekil 7. Willey değirmeni	28
Şekil 8. Sarsak elek	29
Şekil 9. Kurutma fırını	29
Şekil 10. Ekstruder	31
Şekil 11. Kırıcı	31
Şekil 12. Sıcak pres makinesi	32
Şekil 13. Polimer-kompozit üretimi iş akış şeması	32
Şekil 14 Zwick/Roell Z050 Üniuersal Test makinesi	33
Şekil 15. Çekme Test düzeneği	35
Şekil 16. Polyttest RayRan çentik açma aleti ve Zwick/Roel HIT5.5P. darbe direnci test cihazı	36
Şekil 17. Termogravimetrik analiz (TGA) cihazı	37

Şekil 18. Aşılanmış mantar örnekler	38
Şekil 19. FK ait uyumlaştırıcı ajan kullanılmayan OPK levhalarının SEM görüntüleri	49
Şekil 20 Örneklerin TGA sonuçları	50
Şekil 21. TGA eğrisinin türevi (DTGA)	51



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1. Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli	9
Tablo 2. Ülkemizde bulunan tarımsal atık potansiyeli	10
Tablo 3. Dünya fındık üretimi	11
Tablo 4. İl bazında fındık üretimi	13
Tablo 5. OPK malzemesinin diğer malzemelerle karşılaştırılması	16
Tablo 6. OPK'ların kullanım alanları	20
Tablo 7. Üretim reçetesi	30
Tablo 8. FK kimyasal analiz sonuçları	40
Tablo 9. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının eğilme direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	41
Tablo 10. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının eğilme elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	42
Tablo 11. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerler	43
Tablo 12. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının çekme direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	44
Tablo 13. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	45
Tablo 14. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerler	45

Tablo 15. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının darbe direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	47
Tablo 16. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların darbe direnci değerleri	48
Tablo 17. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının <i>Trametes Versicolor</i> mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait ÇVA Sonuçları	52
Tablo 18.F K dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının <i>Trametes Versicolor</i> mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı değerleri	52
Tablo 19. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının <i>Postia Placenta</i> mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları	53
Tablo 20. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının <i>Postia Placenta</i> mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı değerleri	54

KISALTMALAR

ASTM	: American society for testin and materials
ÇVA	: Çoğul varyans analizi
DTG	: Türev termogravimetrik analiz
EN	: European commite for standardization
GPa	: Gigapaskal
G-YYPE	: Geri dönüştürülmüş yüksek yoğunluklu polietilen
FK	: Fındık kabuğu
J/m	: Joule/metre
MAPE	:Maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen
MAPP	: Maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen
MDF	: Orta yoğunluklu lifl evha
MPa	: Megapaskal
μ	: Mikron
NAFTA	: Kuzey Amerika serbest ticaret anlaşması
OPK	: Odun plastik kompozit
OSB	: Yönlendirilmiş yonga levha
PP	: Polipropilen
PVC	: Polivinil klorür
Ps	: Polistren
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SPSS	: Statistical packages for he social science
TAK	: Tabakalanmış kaplama kereste
TÜİK	: Türkiye istatistik kurumu
TGA	: Termogravimetrik analiz
YYPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya'daki hızlı nüfus artışına paralel olarak artan ve çeşitlenen tüketim alışkanlıkları ve doğal kaynakların hızla azalması gibi nedenlere bağlı olarak çevre kirliliği sorunu ortaya çıkmıştır. Çevre kirliliği dünya ülkelerinin gündemindeki yerini korumaktadır. Tüm dünya ülkeleri sürdürülebilir kalkınma için yeni büyüme modeli arayışlarıyla birlikte "Yeşil Büyüme" kavramı önem kazanmıştır (Altıntop ve ark., 2014). Çevre kirlenmesinde katı atıklar önemli bir yere sahiptir. Daha temiz ve yaşanabilir bir çevre için atık miktarının azaltılması gerekmektedir. Çevre problemine sebep olan plastik, metal ve selüloz esaslı atıklar yaşamımız içerisinde önemli bir yere sahip oldukları için kullanımdan kaldırılması oldukça güçtür (Karakuş 2008, Bledzki 2004). Bu kapsamda "3R" kuralı birçok ülkede hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç daha az atık oluşturmak için kullanılan hammaddeyi azaltmak (Reduce), bir ürünün yeniden kullanılması sağlamak (Reuse) ve bir malzemenin geri dönüşümünün (Recycle) gerçekleştirilmesidir (Karakuş 2008; Akbaş ve ark., Hill 2010).

Geri dönüşüm işlemi yeniden değerlendirme imkânı olan her türlü atıkların fiziksel veya kimyasal işlemlere tabi tutularak tekrar kullanılması ya da tekrar üretimde değerlendirilmesi geri dönüşüm işlemi olarak algılanabilir. Bu sayede yeni kullanılacak hammadde ve enerji tasarruf sağlamaktadır. Geri dönüşüm sayesinde çöp alanlarını ve çöp miktarını azaltarak çevre kirliliğini azaltacaktır.

Dünya'da 2013 yılında 265 milyon ton plastik malzeme üretilmiştir (Küçük, 2012). Bu plastiğin % 25 tekrar geri dönüşüme tabi tutulabilmektedir. Ülkemizde yılda 6,7 milyon ton plastik piyasaya sürülmektedir. Atık haline gelen plastiğin %40-45 geri dönüşüme tabi tutulmaktadır (Küçük, 2012; Ünsal, 2013; Demirci ve ark., 2006) . Türkiye'de 105 milyon ton bitkisel atık oluşmakta ve bu atığın 60 milyon tonunu tarımsal atıklar oluşturmaktadır. Tarımsal artıkların 250-300 bin ton civarındaki kısmını fındık kabuğu oluşturmaktadır (Küçük, 2012; İSO, 2012; Karakuş, 2008). Türkiye'de tarım alanlarında çok miktarda atık malzeme oluşmakta ve bu atıklar

yakılarak ya da çöp alanlarına bırakılarak yok edilmeye çalışılmaktadır. Bu malzemelerin geri dönüşümünün gerçekleştirilmesi için çok farklı yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Polipropilen (PP), polietilen (PE) ve polivinilklorür (PVC) gibi plastikler ve lignoselülozik malzemeler odun plastik kompozit (OPK) üretiminde kullanılmaktadır. OPK üretiminde polimer olarak geri dönüştürülmüş plastikler ve lignoselülozik özellik gösteren malzemeler kullanılmaktadır. Bu tip OPK malzemeler kapı-pencere doğraması, kamelya, bank, sandık vb. gibi kullanım alanlarına sahiptir. OPK'lar her türlü yıllık bitki ve ağaçtan elde edilen un ya da liflerden üretilirler. Bu alanda birçok çalışma devam etmektedir. Türkiye'de atık lignoselülozik ve atık plastik potansiyeli düşünüldüğünde bu atıkların OPK üretiminde değerlendirilmesi iyi bir alternatif olarak düşünülmektedir.

Bu çalışmada plastik olarak atık yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ticari kaynaklardan (Ayan Plastik San. Tic. Ltd. Şti./ Samsun) temin edilmiştir. Lignoselülozik materyal olarak ise fındık curufu (FC) kullanılmıştır. Bu sayede çevremizde oluşan atıklardan OPK üretiminde kullanılabilme potansiyeli incelenmiştir.

Giriş kısmına destek olması ve iyi bir alt yapı oluşturması amacıyla plastikler, lignoselülozik malzemeler ve odun plastik kompozitler (OPK) aşağıda başlıklar halinde genel bilgi verilmiştir.

1.1.1. Plastikler

Hayatımızın her alanında kullanılan plastik malzemeler, metal ve seramik malzemelerle rekabet edebilen mühendislik malzemelerinden biri haline gelmiştir. Plastik yapı elemanlarının oranlarındaki değişimler mekanik özelliklerinde değişmeye neden olmaktadır. Isı ve elektriksel yalıtımı, dayanımı, hafiflik oranının yüksek oluşu, kimyasal bozulmaya yüksek dayanım göstermesi ve düşük maliyetli üretimi gibi özellikler sahip olması çok çeşitli alanlarda kullanılmasını sağlamıştır (İAOSB,2012; Koçak ve Abalı, 2006; Küçük, 2012; Süinanç, 2007).

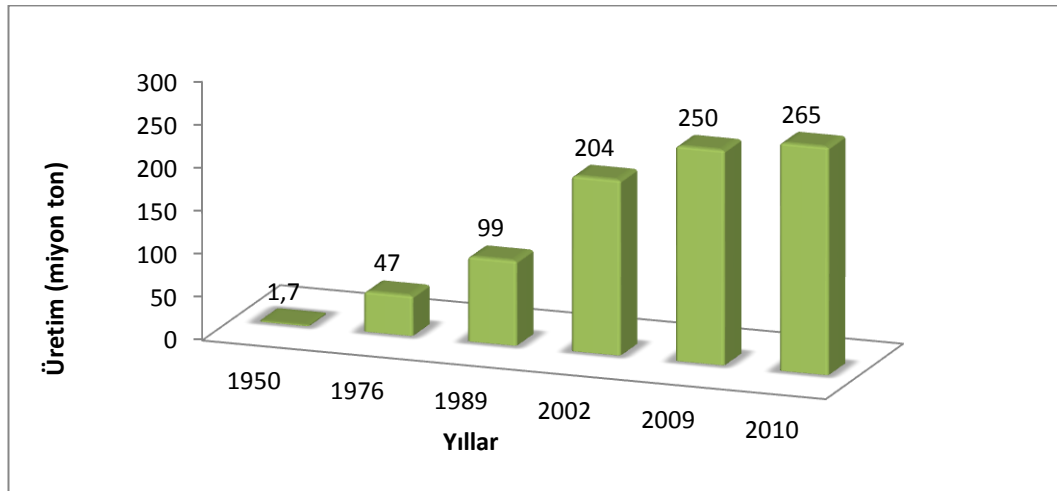
Plastikler normal sıcaklıkta katı halde bulunmasına karşın basınç ve ısı kullanılarak mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen malzemelerdir. (Çavdar, 2011; Hüner, 2008). Plastik malzemeler metalik malzemelerle karşılaştırıldığında kendilerine özgü özellikleri vardır. Gerilmelere hassas olup sıcaklığa duyarlılığı metallere göre yüksektir. Plastikler kimyasal yapı olarak polimer yapıdadırlar. Polimerlerin farklı kimyasal özellik göstermeleri, farklı fiziksel özellik göstermelerine sebep olmaktadır.

1.1.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Plastik Sektörü

1.1.1.1.1. Dünyada Plastik Sektörü

Hayatımızda çok fazla kullanım alanına sahip olan plastikler son 60 yılda 150 kattan fazla üretimde artış göstermiştir. 1950'lerde 1,7 milyon ton plastik üretilirken 2010 yılına bu üretim 265 milyon ton ulaşmıştır. Son 20 yıllık üretim miktarları incelendiğinde ise, üretimin yıllık %5 oranında tespit edilmiştir (Sevilmiş, 2012; IN-Depth Report, 2011).

Her yıl plastik talebinin kişi başı % 4 oranında arttığı bilinmektedir. Bu üretim artışının ilerleyen yıllarda daha artacağı tahmin edilmektedir. Tablo1.1’de 2011 yılına kadar plastik üretimleri grafiği verilmiştir.



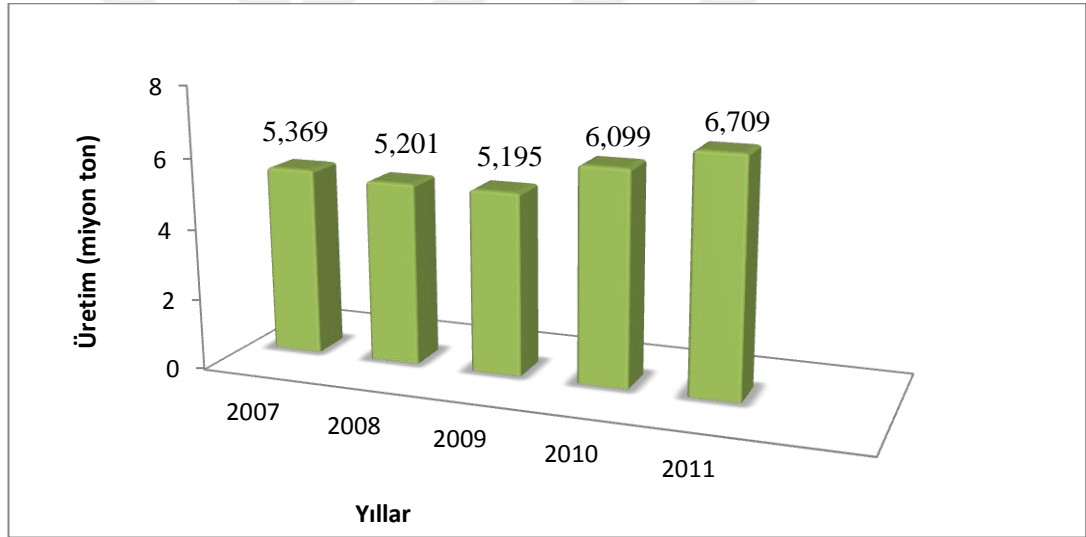
Şekil 1. Yıllara göre plastik üretimi.

2010 yılında 265 milyon ton olan plastik üretimi yüzdesel dilimde bakıldığında %23,5’u Çin’de , % 21,5’u AB ülkelerinde , % 20,5’u NAFTA ülkelerinde, % 15’lik

kısmı Asya kıtasının diğer ülkelerinde, % 6,5'u Ortadoğu ve Afrika ülkelerinde, % 5'i Latin Amerika'da ve % 5'i Japonya tarafından üretilmiştir. Plastik sektörünün 2010 yılındaki cirosu 307 milyar Euro olarak tespit edilmiştir.. Bu rakamlar, mamul, yarı mamul ve ham madde üreten tüm plastik sanayini kapsamaktadır (Küçük, 2012; Sevilmiş, 2012; Plastics Europe, 2013).

1.1.1.1.2. Türkiye'de Plastik Sektörü

2009 yılında Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfının yaptığı araştırmaya göre yaklaşık 5,2 milyon ton olan plastik üretiminin, 2010 yılında 6,1 milyon ton ve 2011 yılında 6,7 milyon tona üretim yapıldığını tespit etmiştir.. Şekil 1.2'de 2011 yılına kadar plastik üretim miktarı verilmiştir(Avrupa Komisyonu, 2004).



Şekil 2. Türkiye'de üretilen plastik miktarı (Sevilmiş, 2012).

Türkiye, plastik hammadde ihtiyacının %85,07'si ithalat ile karşılanmaktadır. İthal ürünler içinde ağırlıklı olanlar %29,54 ile PP (PP Homopolimer, PP Kopolimerler), %23,10 ile PE (LDPE, LLDPE, HDPE), %16,46 ile PVC (E-PVC, S-PVC), %10,81 ile Poliesterler (PET Tekstil, PET Şişe) ve %9,59 ile PS (EPS, ABS) ürünlerdir (Ünsal, 2013; Sevilmiş, 2012).

1.1.1.2. Plastik Türler

Plastikler üç temel gruba ayrılırlar.

*Elastomerler (elastoplastikler)

*Termosetler

*Termoplastikler

1.1.1.2.1. Elastomerler

Elastomerler sentetik kauçuk olarak da bilinmektedir. Elastomerler amorf yapılı polimerlerdir. Uzun polimerik zincirlerin arasında çapraz bağ yapması ile meydana gelirler (URL.1; Çavdar, 2011; Ay ve Demircioğlu, 2008). En önemli özellikleri esnek ve elastik olmalıdır. Oda sıcaklığında gerildiğinde boyunun iki katı uzayabilirler ve gerilim sona erdirildiğinde eski haline dönerler.

1.1.1.2.2. Termosetler

Termoset plastikler bir defa ürün olarak elde edildiklerinde tekrar geri dönüşümü özelliği olmaması termosetler için önemli bir dezavantajdır. Bu dezavantaja rağmen, bu plastik malzemelerden üretilmiş malzemelerin kullanılması gereken alanlar bulunmaktadır (MEGEP, 2006).

Isıtıldıklarında yumuşar ve plastize olurlar, basınç altında kısmen polimerleşme artar ve plastik büyük ölçüde çapraz bağlamaya geçmektedir. İşlemden çıktıktan sonra akma özelliklerini kaybeder. Termosetler ancak bir kez işlenebilir ve tekrar geri dönüşüme tabi tutulamazlar. Termosetler tek başlarına kullanılamazlar, mekanik özelliklerini iyileştirmek içine %40-60 oranında dolgu maddesi katılmak suretiyle kullanılabilirler. (Yaşar,1992; Can, 2008).

Bu gruba dâhil olan plastikler; alkidler, amino (melamin, üre), epoksi reçineleri, fenolikler, polyester (termoset) ve poliüretanlardır (Ay ve Demircioğlu, 2008).

1.1.1.2.2. Termoplastikler

Doğrusal ya da dallanmış yapıya sahip olan termoplastikler termal enerji (ısı) ve basınç uygulandığında kolaylıkla yumuşayan ve soğutulduğunda sertleşebilen malzemelerdir. Lineer polimerler grubuna dahil olan termoplastikler tekrarlanabilir kullanılabilme özelliğine bağlı olarak kimyasal değişime uğramazlar.(Çavdar, 2011;

Hüner, 2008; Şahin, 2000; Karakuş, 2008). Genel de polimerizasyon adı verilen kimyasal işlemlerde elde edilirler (Biron, 2007).



Şekil 3. Termoplastik örnekleri.

Termoplastikler, ısıtma ve soğutma işlemi geri dönüşüm özelliğinden dolayı birden fazla uygulanarak kalıplanabilir. Termoplastiklerin kullanılma süreleri, malzemenin yorgunluğuna ve kendi ağırlıkları altında 54°C ile 120 °C arasında sıcaklığa, bazen de kimyasal yapılarına bağlı olarak 260 – 270 °C'ye varan sıcaklıklarda bozunurlar. Bu nedenle termoplastiği işleme sırasında sıcaklık iyi kontrol edilmelidir (Aydın, 2004).

Termoplastik malzemelere Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polivinilklorür (PVC) ve Polistiren (PS) gibi plastikler örnek verilebilir. Poliolefinler, Polistiren ve PVC OPK üretiminde yaygın olarak kullanılan termoplastikler arasında yer almaktadır. (Kylosov, 2007; Fried, 1995). Bu tez çalışmasında YYPE plastikler üzerine çalışmalar yapıldığından dolayı aşağıda özellikleri hakkında bazı bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

1.1.1.2.2.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) petrol türevli bir malzemedir yoğunluğu 0,94-0,96 gr/ml'dir. YYPE çok uzun zincir halindeki bir yapıya sahiptir ve %85-95 oranında şeffaftır. Yoğunluk arttıkça, sertlik ve mukavemet artmakta olup buna bağlı olarak yumuşama sıcaklığı da yükselmektedir. (URL2, 2015; Karakuş 2008), Orta sertlikte dayanıklı bir plastiktir. Çekme dayanımı 6,2- 17,2 MPa, Darbe dayanımı 21,38-747,3 J/m ve en yüksek kullanım sıcaklığı 80-100 °C'dir (URL3, 2016).



Şekil 4. Yüksek yoğunluklu polietilen örnekleri.

Genellikle YYPE'ler yüksek zorlama veya sıcaklıklara maruz bırakılan makine elamanların yapı elemanı olarak kullanılmazlar. YYPE'ler genellikle süt şişeleri, bidon, mutfak eşyaları ve yiyecek kapları yapımında kullanılmaktadır. (Peacock, 2000; Avcı, 2012). Bütün plastiklerin yaklaşık % 15'ne yakınıni oluştururlar.

1.1.1.3. Atık Plastik Geri Kazanım

Plastikler, atık olarak doğaya bırakıldıklarında bozunma sıcaklığının yüksek oluşu, ultraviyole ışınlarına ve doğada var olan bakterilere karşı dayanıklı bir yapıya sahip olması uzun süre bozulmadan kalmasını sağlamaktadır. Çevreyi kirlettiklerinden “**Geri Dönüşümleri**” toplumsal zorunluluktur. Plastiklerin içinde PE, PP, PVC ve PS en çok kullanılanlardır. Çevrede en fazla atık olarak bu plastik türleri bulunmaktadır. Kaynaklarına göre plastik atıklar; kullanım sonrası atıklar ve proses atıkları olarak iki sınıfta incelenebilirler. (Öztürk, 2005; Yetim, 2014). Katı atıklar içerisinde plastikler, miktar ve hacim olarak önemli bir yer tutmaktadır ve geri dönüştürülen atıkların % 27'sini oluşturmaktadır. (Killough, 1995; Öztürk, 2005, Yetim, 2014).

Plastik atık geri kazanımı 4 yöntemde gerçekleşir (Tan ve ark, 2007; Bilici, 2012; Öztürk, 2005).

Birincil Geri Kazanım: Bu yönteminde atık plastikler mekanik parçalayıcılarla boyutları küçültülür ve orijinal plastiklerin içerisine karıştırılıp tekrar işlenir. Plastiklerin Geri dönüşüm işleminde en etkili yöntem, termo-mekanik geri dönüşüm işlemidir.

İkincil Geri Kazanım: Atık plastikten orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer olmayan ikincil kalitede mamul üretimine yönelik geri kazanımdır.

Üçüncül Geri Kazanım: Kimyasal geri kazanım olarak da tarif edilmektedir. Temel amaç atık plastiklerden, plastiğin üretildiği polimerin monomerini, orijinal polimerini ve diğer amaçlar için kullanılmak üzere çeşitli kimyasal maddelerin üretilmesidir.

Dördüncül Geri Kazanım: Plastik atıklardan ısı geri kazanmak için yapılan bir yakma işlemidir. Burada plastik atıklar yakılarak enerjisinden faydalanılmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada geri dönüşüm işlemiyle birlikte 3 ana hedef amaçlanmıştır (Ahmed ve Khan, 2002; Bodur, 2010).

Ekonomik açıdan; karma malzemenin geri dönüşümü sağlayarak tekrar ekonomiye kazandırmak,

Çevresel olarak; karma malzeme yapımında organik takviye kullanarak plastik kullanımını en aza indirgeyebilmek,

Malzeme performansı bakımından; takviye malzemesini yeniden kırıp üretimiyle birlikte daha düzgün dağılım ve dolayısıyla daha iyi mekanik özellik elde etmek, bu sağlanmazsa bile en azından saf plastik malzemeye göre mekanik özelliklerde en az düşüş sağlamak.

1.1.1.3.1. Atık Plastik Geri Kazanım Başlıca Avantajları

- Talep edilen hammadde ihtiyacının azalması,
- Nüfus artması ile birlikte ortaya çıkan tüketim sonrası atıkların çevreyi kirletmesinin önüne geçerek doğayı korumak,
- Saf plastik üretmek yerine atık plastik geri dönüştürerek enerji tasarrufu sağlanmak.

1.1.2. Tarımsal Atıklar

Lignoselülozik malzemelerin kimyasal yapıları karmaşıktır. İçerisindeki maddeler temel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşmaktadır. Selüloz ve hemiselüloz polisakarittir (Beyatlı, 1996; Yağan, 2013). Lignoselülozik dolgu maddeleri olarak tarımsal atıklar ve orman endüstrisi atıkları farklı sanayi kollarında kullanılabilir. Bu sanayi kollarından biride, elde edilen bu atıkların polimer kompozit üretimin sektöründe değerlendirilebilmesidir. Polimer kompozit üretiminde farklı türlerde (odun unları, buğday sapı, keten, kenevir, jüt, vb.) tarımsal atıklardan elde edilen unlar dolgu maddesi olarak kullanılabilir (Mengeloğlu, 2006, Sanadi ve ark. 1997).

1.1.2.1. Türkiye’de Tarımsal Atık Potansiyeli

Bir tarım ülkesi olan Türkiye’de orman ve tarım alanların % 44,3’lük bölümü ormanlar %37,6’lık bölümü ekili tarım arazisi, % 10,6’lık bölümü nadas alanı ve % 7,5’lik bölümün de meyve ve sebze alanları oluşturmaktadır. Bu orman ve tarım alanlarından çok fazla miktarda biyokütle elde edilmektedir. Karakuş, 2008; Çavdar, 2011). Türkiye’deki yıllık biyokütle potansiyeli Tablo 1.’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Türkiye’de oluşan biyokütle potansiyeli (Saraçoğlu, 2008).

Biyokütle	Yıllık Biyokütle
Yıllık Bitkiler	55
Çok Yıllık Bitkiler	16
Orman Atıkları	18
Tarım Endüstrisi Atıkları	10
Odun Endüstrisi Atıkları	6
Diğer	7
Toplam	112

Türkiye’nin yedi bölgesinde de tarım yapılmaktadır. Elde edilen ürünler kullanıldıktan sonra önemli oranda atık oluşmakta ve oluşan bu atık potansiyel bir kaynak oluşturmaktadır (Mengeloğlu ve Alma, 2002). Tablo 2.’te Türkiye’nin tarımsal atık potansiyeli verilmiştir.

Tablo 2. Ülkemizde bulunan tarımsal atık potansiyeli (Deniz ve ark. 2009).

Tarımsal Atıklar	Tarımsal Atık Miktarı (ton) 2010
Antep Fıstığı	128,000
Arpa	7,240,000- 6,298,800
Ayçiçeği	1,320,000
Badem	39,000
Buğday	19,660,000-18,677,000
Ceviz	178,142
Fındık	300,000
Çay	1,305,566
Mısır	4,310,000
Pamuk	2,150,000- 3,934,500
Soya	55,011
Şeker Pancarı	17,942,108
Tütün	55,000
Yer Fıstığı	98,188

2010 TUIK verileri incelendiğinde üretim miktarına oranla büyük miktarda tarımsal atık açığa çıkmaktadır. Ülkemizde toplam tarımsal atık miktarı yıllık 43-50 milyon ton civarındadır (URL.4). Dünyada yıllık ortalama 2×10^{11} ton lignoselülozik hammadde üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu üretim sırasında ve sonrasında oluşan atıkların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Mohanty ve ark. 2000; Redy ve Yang, 2005).

OPK üretiminde çok farklı türde lignoselülozik malzemeler dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Bu lignoselülozik hammaddelerin geri dönüşümü sağlanarak OPK üretiminde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Yang ve ark, 2005;

Mengeloğlu, 2006; Panthapulakkal ve Sain, 2007; Mishra ve Sain, 2009; Ahankari ve ark., 2011).

1.1.2.2. Dünya’da ve Türkiye’de Fındık Üretimi

1.1.2.2.1. Dünya’da Fındık Üretimi

Fındık, Fagales takımının Betulaceae familyasının Coryleae alt familyasının, Corylus cinsine girmektedir. Fındık bademden sonra dünyada en fazla yetiştirilen sert kabuklu bir meyvedir. Dünya’da Türkiye başta olmak üzere batıda İtalya, Portekiz, Macaristan, Yunanistan, Fransa, doğuda Azerbaycan, Çin, Kırgızistan, Gürcistan, Tacikistan, kuzeyde Rusya, Ukrayna, Beyaz Rusya, Moldova, güneyde ise İran, Tunus, Kamerun ve Kıbrıs ’ta yayılış göstermektedir.

Tablo 3. Dünya fındık üretimi (Kabuklu/Bin Ton) (TMO, 2015).

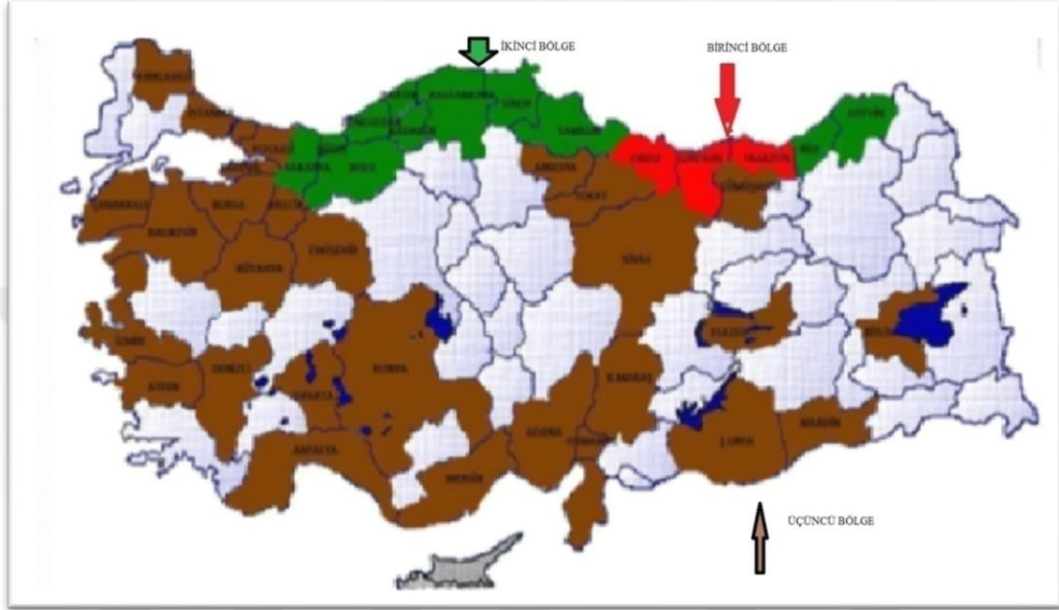
	2010	2011	2012	2013	2014
Türkiye	600.000	430.000	660.000	550.000	412.000
İtalya	87.200	140.000	84.000	100.000	80.000
Azerbaycan	25.000	55.000	40.000	35.000	25.000
Gürcistan	40.000	30.000	28.000	40.000	35.000
ABD	24.500	35.000	32.000	40.200	36.300
İspanya	20.000	22.000	16.000	18.000	19.500
Diğerleri	27.000	27.000	25.000	25.000	25.000
Toplam	823.700	739.000	885.000	807.200	632.8000

Bununla birlikte, FAO istatistiklerine göre üretici kategorisinin de üretici olarak henüz gözükmeyen ancak üretim için çalışmalar yapan ülkeler bulunmaktadır. (TMO, 2015; Sıray ve ark., 2013).

1.1.2.2.2. Türkiye’de Fındık Üretimi

Ülkemizin ekonomisinde oldukça önemli bir yere sahip olan fındık 39 ilde üretimi yapılmasına karşın başta Ordu, Giresun, Trabzon, Sakarya, Düzce ve Samsun illerinde toplam üretimin % 90’ı yapılmaktadır. Türkiye’de dekar başına üretim

miktar Gürcistan ve ABD gibi üretici olan ülkelere göre daha düşüktür. FAO 2013 verilerine göre üretilen dekar başına fındık üretimi Türkiye’de 130 kg/da iken İspanya’da 111 kg/da, İtalya’da 157 kg/da, Gürcistan’da 249 kg/da ve ABD’de 364 kg/da, olarak belirtilmiştir (FAO, 2013).



Şekil 5. Türkiye’de fındığın yayılış alanı.

Fındık yemiş olarak tüketilmekte ve bunun yanında helvacılıkta, pastacılıkta, tatlıcılıkta ve özelliklede çikolata üretiminde fazla miktarda kullanılmaktadır. Rafine edildikten sonra yemeklik yağ olarak, gres yağ üretiminde ve koruyucu boya sanayisinde kurutucu olarak kullanılmaktadır.

TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Merkezi Gıda ve Soğutma Teknolojileri Araştırma Bölümünde fındık ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Araştırma sonuçları fındığın genel kimyasal bileşimi (g/100g) esas alınarak tespit edilmiştir. Fındığın genel kimyasal bileşiminde nem 4.6 g, protein 16.2 g, yağ 62.7 g, selüloz 2.7 g, karbonhidrat 11.6 g, kül 2.2 g bulunmaktadır. Fındık önemli bir vitamin ve mineral deposudur. 100 gram iç fındıkta 0,12 mg B2 vitamini, 0,33 mg B1 vitamini, 31,4 mg E vitamini, 0,24 mg B6 vitamini ve ayrıca az miktarda A ve C vitaminleri bulunurken; mineral olarak 160,0 mg kalsiyum, 5,8 mg demir, 2,2 mg çinko, 2,1 mg sodyum, 655,3 mg potasyum, 1,3 mg bakır 161,2 mg magnezyum, ve 5,1 mg mangan bulunur. Fındık zengin bir besin maddesi olması nedeniyle 100 gramında 725 kalori bulunmaktadır. Fındık bu özellikleri insanda zihin ve beden

yorgunluğunu giderici, enerji verici, damar ve kalp sağlığını koruyucu özelliğine sahip bir meyvedir. (GTB, 2015)

Tablo 4. İl bazında fındık üretimi (TMO, 2015).

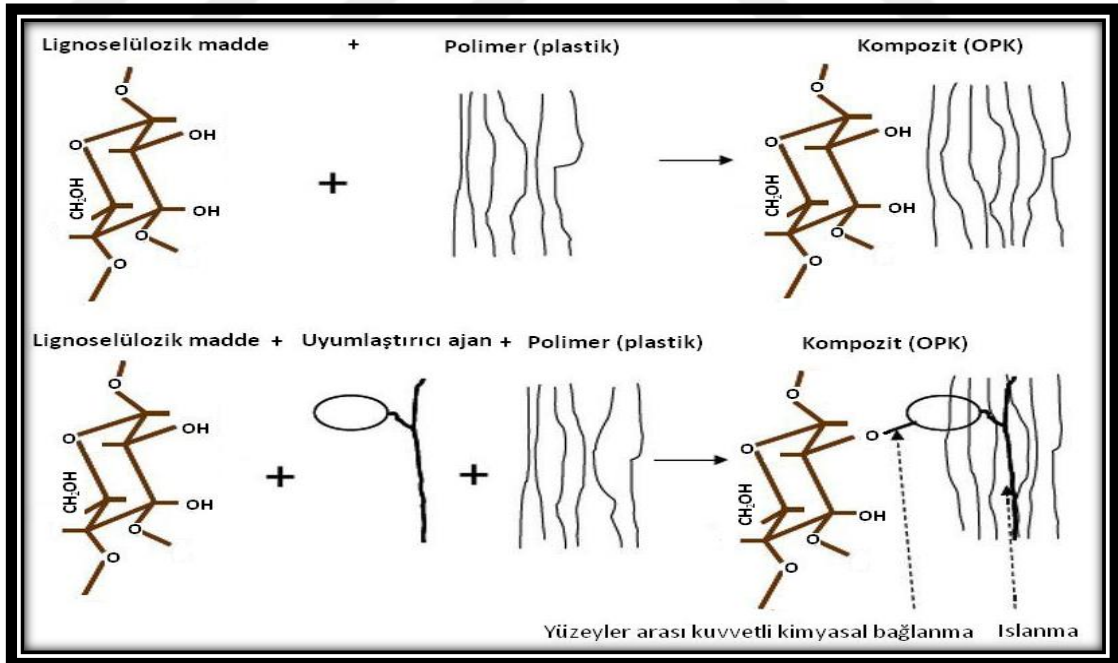
İller	2010 Üretim (ton)	2011 Üretim (ton)	2012 Üretim (ton)	2013 Üretim (ton)	2014 Üretim (ton)
Giresun	74.944	67.603	101.773	81.342	25.327
Ordu	141.714	99.881	145.353	178.357	84.874
Samsun	83.830	52.087	88.392	69.392	65.432
Trabzon	45.932	33.410	58.767	44.537	31.065
Sinop	1.439	1.092	1.024	1.112	1.078
Rize	1.962	2.174	1.633	1.377	1.122
Artvin	10.711	9.416	9.414	14.420	9.346
Düzce	78.902	45.098	81.278	48.295	56.306
Sakarya	108.150	74.537	118.057	64.540	84.865
Zonguldak	26.098	20.365	25.890	19.105	30.148
Kocaeli	13.473	10.649	10.524	8.531	7.323
Kastamonu	4.311	4.448	4.993	5.102	4.231
Bartın	0	3.683	7.016	5.684	6.688
Gümüşhane	0	758	903	876	878
Bolu	0	0	0	0	364
Tokat	0	0	0	0	506
Diğer	8.534	4.759	5.224	6.330	2.868
Toplam	600.000	429.960	660.241	550.000	412.421

İlaç ve kozmetikte yardımcı madde olarak kullanılabilir. Yaraların pansumanında ve deri-ağız hastalıklarında antiseptik olarak ve yağ çıkarılması ile arta kalan küspeler hayvan yemi olarak yem sanayisinde kullanılmaktadır (Sıray, 2013; GTB, 2014; Şimşek ve Aslantaş, 1999; Keskin, 2012).

Fındık kabuğundan özellikle İtalya, ABD ve Almanya gibi gelişmiş ülkelerde kontralit ve muşamba yapımında veya boya sanayinde kullanılmaktadır. Kömürleştirmeyle aktif kömür, briket kömürü ve sınaî kömür elde edilir. Furfural ve furfural alkol eldesinde kullanılır (DOKA 2013).

1.1.3. Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılan Birleştirici Kimyasallar

Hızlı bir gelişme gösteren odun plastik kompozitlerin üretimi sırasında bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar birincisi odun unu veya lignoselülozik malzemenin sıcaklık ve neme duyarlı olması ve ikinci sebep ise; hidrofilik yapıdaki odun unu veya lignoselülozik malzemenin hidrofobik yapıya sahip olan plastik malzemesinin yüzey arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan bağlanma sorunudur. Uyumlaştırıcı ajan; Bir taraftan hidrofilik yapıdaki odun unu veya lignoselülozik malzemeyle kimyasal bağ yaparken, diğer taraftan hidrofobik polimer zincirini ıslatıp iki malzemeyi birbirine karışmasını sağlar. Şekil.6'da uyumlaştırıcı ajanın çalışma mekanizması gösterilmiştir. (Oksman ve Lindberg, 1998; Zhang ve ark., 2002; Yang ve ark., 2007, Çavdar, 2011).



Şekil 6. OPK üretiminde kullanılan uyumlaştırıcı ajanın çalışma mekanizması (Tufan, 2013).

OPK'ların odunu veya lignoselülozik malzemenin bozunma sıcaklığının altında üretilmesi durumunda kullanılan plastiklerde sıcaklık problemi oluşturmamaktadır.

Rutubetin olumsuz etkisi ise, kullanılacak odun unu veya lignoselülozik malzemeyi kurutma işlemine tabi tutarak rutubet sorunu ortadan kaldırılabilmektedir. Odun unu veya lignoselülozik malzeme ile plastik materyalleri arasında uyumsuzluk problemine ilişkin birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda odun unu veya lignoselülozik malzemenin yüzeylerinin modifikasyonu ile hidrofobik bir yapıya dönüştürülmesi gerektiği ortaya çıkmıştır (Karakuş, 2008, Çavdar, 2011, Pritchard, 1998). Bu amaçla çok çeşitli uyumlaştırıcı ajanlar kullanılmış ve bu ajanlar içerisinden en yaygın olarak kullanılan kimyasallar maleik anhidritle muamele edilmiş sentetik polimerlerdir. Uyumlaştırıcı ajan kullanımı ile yapılan çalışmalarda sentetik polimer ile aşılınmış maleik anhidritin odun unu ve lignoselülozik dolgu malzemeleriyle polimer arasında bir birleştirici görevi yaptığı kanıtlanmıştır. (Sanadi ve ark., 1997; Lu ve ark., 2000; San ve ark., 2008). Bazı ticari uyumlaştırıcı ajanlar akışkanlığı artırıcı bazı kimyasal bileşiklerden oluştuğu için OPK'ların mekanik özelliklerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Bu sebeple OPK üretiminde uygun uyumlaştırıcı ajan seçilmesi önemlidir (Felix ve ark., 1993; Sanadi ve ark., 1995; San ve ark., 2009; Çavdar, 2011)

1.1.4. Odun Plastik Kompozitler

Aynı özellikte veya birbirinden farklı özelliklerdeki malzemelerin en iyi özelliklerini bir araya getirilmesiyle oluşan, kendilerini oluşturan materyallerden daha faydalı özelliklere yeni malzemenin ve makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere kompozit malzeme denilmektedir. Farklı isimlerle anılan bu ürünler odun kompozit adı altında değerlendirilmesi 35-40 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Odun plastik kompozit (OPK) malzeme ise lignoselülozik ile plastik malzemelerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemelere verilen isimdir (Maloney, 1986; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Çavdar, 2011). Bu tür OPK'lar günümüzde dünyanın birçok yerinde kullanılmakta ve yeni kullanım alanlarının oluşmasıyla OPK'ların ürün çeşitliliği artmasını sağlamıştır. (Matuana ve Heiden, 2004).

Tablo 5. OPK malzemesinin diğer malzemelerle karşılaştırılması (Yağan, 2013)

ÖZELLİKLER	OPK	AHŞAP	PLASTİK
Güneş Işığı Ve Yaşlanmaya Karşı Dayanıklılık	***	*	**
Doğal Ahşap Görünümü	***	****	*
Neme Dayanıklılık	***	*	***
Su Emmeye Karşı Dayanıklılık	***	*	****
Böceklenmeye Karşı Dayanıklılık	****	*	****
Kolay İşlene Bilirlik	****	****	*
Bakım Kolaylığı	***	*	**
Çivileme Kabiliyeti	**	***	*
Düşük Genleşme Oranı	***	***	*

Kötü * Orta ** İyi *** Çok iyi ****

Ticari değeri düşük odun, odun atıkları ve tarımsal atıklardan üretilen OPK'lar kereste üretimde önemli bir katkı sağlamaktadır. Lignoselülozik malzemelerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemenin homojen olması nedeniyle yüksek kalitede ve aynı özelliklere sahip çok çeşitli OPK ürünleri üretilmektedir.

Kompozit malzemelerin dört karakteristik özelliğe sahip olması gerekmektedir.

- Doğal bir malzeme olmaması,
- Kimyasal bileşenleri birbirinden farklı ve ara yüzeyler ile ayrılmış en az iki farklı malzemedan oluşması,
- Farklı malzemelerin üç boyutlu olarak birleştirilmesi,
- Birleşenlerin her birinin tek başına sahip olmadığı özellikleri olmamasından dolayı üretilmiş olması (Broutman ve Krock 1967).

1.1.4.1. Odun Plastik Kompozit (OPK) Türleri

Odun kompozitler; termoset tutkallarla ile üretilen malzemelere termoset esaslı odun kompozitler ve termoplastik gibi materyaller ile üretilen termoplastik esaslı odun kompozitler olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır (Matuana ve Heiden, 2004; Karakuş, 2008).

1.1.4.1.1. Termoset Esaslı Odun Kompozitler

Termoset esaslı odun kompozitlerinin üretiminde termoset tutkallar ve odun materyali kullanılmaktadır. Malzemelerin, ısı ile pres altında birleşmesiyle elde edilmektedir. Termoset esaslı odun kompozitler bozunmadan tekrar sıvılaştırılması ya da yumuşatılması imkânsızdır. Presleme ile odun materyallerin ve yapıştırıcının etkinleşmesi sağlanarak mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilen kiriş, kereste ve panel üretimi gerçekleştirilmektedir (Matuana ve Heiden, 2004; Fried, 1995; URL5).

Termoset esaslı odun kompozit geleneksel olarak odun lifleri ve termoset esaslı tutkallar kullanılarak üretilmektedir. Odun lifi veya odun parçacıklarını birbirine bağlamak için üre formaldehit (UF), melamin üre formaldehit (MF), fenol formaldehit (PF), resorsinol formaldehit (RF), polivinil asetat (PVA), polimerik difenil diizosiyanat (pMDI) gibi çeşitli özelliklerdeki tutkallar kullanılmaktadır (Matuana ve Heiden, 2004; Mengeloğlu ve Kurt, 2004; Karakuş, 2008; Tufan ve ark. 2015).

Üre formaldehit ve fenol formaldehit gibi termoset tutkallarla küçük odun parçacıkların birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeler mobilyacılıkta kullanılan yonga levha ve MDF ve inşaat sektöründe kullanılan tabakalı ağaç malzeme, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), tabakalanmış kaplama kereste (TAK), tabakalanmış ağaç malzeme (Glulam) gibi ürünler sayılabilmektedir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

1.1.4.1.2. Termoplastik Esaslı Odun Kompozitler

Termoplastikler doğrusal veya dallanmış yapıya sahip olan ve sıcaklık ile yumuşama özelliği gösteren, soğutma işlemi ile katılaştıran polimerlerdir. Bu özelliğini göz önüne alındığında geri dönüşüm özelliğine sahiptir. Bu özellikteki polimerlere örnek olarak polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), akrilik ve naylon verilebilir (korucu ve Mengeloğlu, 2007).

Termoplastiklerin içine malzemeyi güçlendirmek için ya da maliyetleri düşürme amacıyla lignoselülozik dolgu maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde faaliyet gösteren plastik endüstrisinde lignoselülozik dolgu maddelerinin (odun unu,

tarımsal atıklar vb.) henüz kullanılmadığı görülmektedir. (Korucu ve Mengeloğlu, 2007). Lignoselülozik dolgu maddelerinin yüksek miktarlarda kullanılabilmesi, düşük enerji ihtiyacı, biyolojik olarak bozulabilmesi ve dünyanın her yerinde yüksek miktarda var olması lignoselülozik dolgu maddelerinin önemini artırmaktadır (Clemons, 2002; Karakuş, 2008).

Lignoselülozik materyallerle termoplastik esaslı polimerlerin karıştırılmasıyla oluşan kompozitlere termoplastik esaslı kompozit malzeme denilmektedir. Termoplastik esaslı odun kompozitlerde poliefinlerin kullanılmasının sebebi; poliefinlerin işlenmesi için gerekli olan sıcaklık dolgu maddesi olan lignoselülozik materyalin bozunma sıcaklığının altında olmasıdır (Tufan, 2013; Chowdhury ve Wolcott, 2007).

1.1.4.2. Odun Plastik Kompozitlerin Avantaj ve Dezavantajları

Kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak odun değil, bunu yanında çok farklı odunsu materyal kullanılmıştır. Kompozit malzemenin iyi yönlerinin olması birçok araştırmacıların dikkatini çekmiştir.

Odun plastik kompozitlerin odun esaslı malzemelere göre avantajlı yönleri bulunmaktadır.

Avantajları

- * Rutubete karşı direncinin ahşap malzemeye göre yüksek olması,
- * Koruyucu yüzey maddelerini ihtiyaç duymaması,
- * Atık malzemelerden geri dönüşüm sağlandığı için doğa dostu olması,
- * İsteğe göre boyutlandırılabilmesi,
- * Daha az bakım gerektirmesi,
- * Kullanım yerlerinde sorun teşkil etmemesi,
- * Daha yüksek mekanik özelliklere sahip olması,
- * Çeşitli boyalar ve desen kalıpları ile yüzeyler yeni görünüm elde edilebilir,
- * Mantar ve böcek gibi zararlılara karşı dayanıklılığı yüksektir,
- * Mineral dolgu maddeleriyle karşılaştırıldığında daha düşük yoğunluğa sahiptir.

Dezavantajları

- * Kullanılan lignoselülozik malzemenin heterojen yapısı nedeniyle renk değişikliği oluşması,
- * Daha yüksek enerji gideri ve düşük üretim kapasitesi nedeniyle ikame oldukları malzemelerin ürün maliyeti daha yüksektir,
- * Odunsu malzemelere göre daha fazla yoğunluk içermektedir,
- * İki farklı yapıdaki (hidrofilik ve hidrofobik) malzemenin üretim sürecinde ortaya çıkan uyumlaştırıcı sorunu,
- * OPK üretiminde çalışabilecek ve üretim prosesindeki değişikliklerin nedenlerini çözebilecek her iki sektörü de bilen kalifiye eleman ihtiyacı,
- * Hammadde depolanması sırasında çıkabilecek yangınlar,
- * Biyolojik bozulmalara maruz kalması,
- * Tarımsal atıklarda bulunan silikadan dolayı makinelerin aşınması (Aslan, 2008; Avcı, 2012)

1.1.4.2. Odun Plastik Kompozitlerin Kullanım Alanları

OPK'lar dezavantajlarına rağmen pazar payını her geçen yıl hızlı bir şekilde artırımı ve birçok kullanım alanı bulmuştur. Bu büyümenin temel sebepleri çevresel ihtiyaçlar ve farklı arayışlardır. OPK'ların genel kullanım alanları Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 6. OPK'ların kullanım alanları (Karakuş, 2008).

Kullanıldığı Sektör	Kullanım Alanı
İnşaat	Pencere ve çerçeve, kapı, çatı, kereste, havalandırma, merdiven
Bina İçi	Dekoratif profiller, raf, yer kaplama, trabzan, tabla
Otomotiv	Kapı, iç panel, karoseri, arka raflar, bardak tutacakları
Bahçe /Park	Çit, park-bahçe mobilyası, kamelya, yürüyüş parkurları,
Endüstriyel	Çocuk parkı, bank
	Ambalaj, iskele, palet, uyarı levhaları, sandık

Bu kullanım alanlarından otomotiv sektöründe OPK kullanımı miktarı gelecek yıllarda artış beklenmektedir (Arıcasoy, 2006).

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

Üretimde dolgu maddesi olarak fındık kabuğu (FK) kullanılmıştır. FK örnekleri Giresun ili Espiye ilçesinden alınmıştır. Polimer olarak atık Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) ticari kaynaklardan (Ayan Plastik San. Tic. Ltd. Şti. / Samsun) temin edilmiştir. Uyum sağlayıcı ajan olarak Maleik Anhidritle Muamele Edilmiş Polietilen (MAPE) (Licocene 4351; renk: beyaz, yumuşama noktası: 123 °C, asit değeri: 43 mg KOH/g) Clariant firmasından ticari olarak temin edilmiştir.

2.2. Metot

Araştırmada öncelikle kullanılan FK'nın kimyasal özelliklerini belirlemek için kimyasal analizler yapılmıştır. Kimyasal analizi yapılacak olan FK Willey değirmeninde öğütülmüştür. Ardından sarsak elekte elenerek 40 meshlik elekten geçen ve 60 meshlik elek üzerinde kalan FK unları elde edilmiştir. TAPPI T 257 cm-85'de (Anonim-1a, 1992) verilen uygun analiz boyutları elde edildikten sonra cam kavanozlara konulmuş ve etiketlenmiştir. Elde edilen FK unları sıcak su çözünürlüğü, alkol-siklohegzan çözünürlüğü, % 1'lik NaOH çözünürlüğü, lignin tayini, holoselüloz tayini, alfa selüloz tayini ve kül tayini analizleri yapılmıştır.

2.2.1. Fındık Kabuğuna Uygulanan Test Yöntemleri

2.2.1.1. Rutubet Tayini

Örneklerin kuru madde miktarını belirlemek için yapılan deneyde, kullanılacak vezin kapları kurutma fırınında 105 ± 2 °C 'de 24 saat bekletilmiştir. Kurutulan vezin kapları desikatörde 15 dakika boyunca soğutulmuş ve soğutma işleminden sonra hassas terazide daraları belirlenmiştir. İçerisine 2 g FK unu örneği konulmuş olan vezinler kurutma fırınında 105 ± 2 °C 'de 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonra fırından alınan örnekler desikatörde 15 dakika soğutma işlemin ardından hassas terazide ağırlıklar alınmıştır. Rutubet ölçümleri aşağıdaki formül-1 göre hesaplanmıştır. (Bozkurt ve Göker 1987; Huş 1969).

$$R = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100 \quad (1)$$

R = Su alma oranı (%)

m_r = Rutubetli örnek ağırlığı (g)

m_o = Tam kuru örnek ağırlığı (g)

2.2.1.2. Ekstraktif Maddelerin Belirlenmesi

Odunsu bitki ve yıllık bitki materyalinde büyük oranda bulunan asıl bileşenlerinin yanında, oran olarak oldukça az olmalarına karşın çeşitlilik açısından oldukça zengin olan yan bileşenler de bulunmaktadır. Yağ asitleri, tanenler, reçine asitleri, fenolik bileşikler, boyar maddeler, terpenler, nişasta gibi maddeler polar ya da apolar çözücüler yardımı ile odundan kolayca ekstrakte edilebilirler. Ekstraktif maddeler kalitatif ve kantitatif olarak belirlenebilirler.

2.2.1.2.1. Sıcak Su Çözünürlüğü

Sıcak su ekstraksiyonu ile odunsu bitki materyalinde ve yıllık bitki materyalinde bulunan organik maddeler, tanenler, çözümlü polisakkaritler, tular, boyar maddeler, organik asitler, fenolik bileşikler ve zamkların % oranları belirlenmektedir. Sıcak su çözünürlüğü testi TAPPI T 207 om-88 (Anonim-1b, 1992) standartlarına göre yapılmıştır. 100 mL'lik saf su ile nem miktarı bilinen 2 g hava kurusu FK unu 200 mL erlenmeye konulmuştur. Erlenmayer geri dönüşümlü soğutuculu su banyosuna konulduktan sonra 3 saat süre ile 80-90 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Kaynama işleminden sonra elde edilen çözelti 2 numaralı süzme krozesinden süzildikten sonra 105±2 °C 'de 24 süre ile etüvde kurutulmuştur. Deney sonunda örnek ağırlığındaki eksilme miktarı tam kuru FK unu örneğine oranla % olarak hesaplanmıştır. Sıcak su çözünürlüğü ölçümü aşağıdaki formül-2 göre hesaplanmıştır.

$$\frac{C-(A-B)}{C} \times 100 \quad (2)$$

A = Dolu kroze ağırlığı (g)

B = Boş kroze ağırlığı (g)

C = Tam kuru ağırlığı (g)

2.2.1.2.2. Alkol-Sikloheksan Çözünürlüğü

Odunsu ve yıllık bitkilerde bulunan yağlar, vakslar reçineler uçucu olmayan hidrokarbonlar, düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar, tuzlar ve suda çözünen diğer bileşikler alkol-sikloheksan ekstraksiyonu ile belirlenir (Gönültaş, 2008). TAPPI T 204 om-88 (Anonim-1c, 1992) standartlarına göre yapılan analizde 50 mL %95'lik etanol ile 100 mL sikloheksan karıştırılmış ve 250 mL'lik balona konulmuştur. Balon üzerindeki sokslet aygıtına, nem miktarı bilinen 5-6 g hava kurusu FK unu örneği bulunan kartuş yerleştirilir. Soğutucu açılıp yaklaşık 200 °C ayarlandıktan sonra, ilk sifonlamadan itibaren yaklaşık 5-6 saat ekstrüzyona devam edilir. Süre sonunda balon içindeki çözücü 50 °C'deki etüvde 24 saat bekletilerek darası önceden alınmış uçurma balonda rotoevaporatör yardımıyla tamamen buharlaştırılır. Kalıntı madde miktarı miktarından gidilerek başlangıçtaki örneğin alkol-sikloheksan çözünürlüğü belirlenir (Browning, 1967). Alkol-sikloheksan çözünürlüğü ölçümü aşağıdaki formül-3 göre hesaplanmıştır.

$$\frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (3)$$

A = Dolu balon ağırlığı (g)

B = Boş balon ağırlığı (g)

C = Örnek ağırlığı (g)

2.2.1.2.3. Alkol Çözünürlüğü

Alkol ekstraksiyonu ile odunda ve bitkide bulunan ekstraktif maddelerden hidrolize edilen veya edilemeyen tanenleri, boyar maddeler belirlenmektedir. Alkol çözünürlüğü ekstraksiyonu TAPPI T 204 om-88'e (Anonim-1c, 1992) göre yapılmıştır. Ekstraksiyon %95'lik 150 mL etanol kullanılarak yapılmıştır. Yöntemde

sokslet sistemine yerleştirilen örnekler alkol-sikloheksan çözünürlüğünde uygulanan yöntem ile aynı şekilde uygulanmıştır (Browning, 1967).

2.2.1.3. % 1'lik NaOH Çözünürlüğü

Odunsu ve bitki materyalinin yapısında bulunan düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar, parçalanmış selüloz ve polyozlar % 1'lik NaOH çözünürlüğü ile belirlenir. Yapılan uygulama odun ve odunsu materyal içindeki mantar çürüklükleri hakkında fikir verir. Örnek materyalde bir bozunma meydana gelmişse alkali çözünürlüğünde artış gözlenir. TAPPI T 212 om-88 (Anonim-1d, 1992) standardına göre bu yöntem sıcak seyreltik alkali ile çözünmeye karşı odun ve odunsu materyaller örneklerinin dayanıklılığını belirlemektedir. Deneyde kullanılan % 1'lik NaOH çözeltisi 10 g katı NaOH'ın az miktarda suda çözündürülmesi sonucu 1 litreye tamamlanmasıyla hazırlanmıştır. 2 g tam kuru FK unu örneği üzerine 100 mL 1'lik NaOH çözeltisi eklenmiş ve sıcaklık değeri 97-100 °C arasında değişen su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. 10, 15 ve 25 dakikalarda 3 defa karıştırılmıştır. 1 saatin sonunda örnekler, daha önceden 105±2 °C'de etüvde bekletilerek darası alınmış 2 nolu cam krozelerden süzölmüştür. Son olarak %10'luk mL asetik asitle ve sonra sıcak saf su ile yıkanmıştır. 105±2 °C'de etüvde kurutulmuş ve meydana gelen ağırlık kaybından gidilerek 1'lik NaOH çözünürlük yüzdesi formöl-4 göre hesaplanmıştır.

$$\frac{C-(A-B)}{C} \times 100 \quad (4)$$

A = Dolu kroze ağırlığı (g)

B = Boş kroze ağırlığı (g)

C = Tam kuru örnek ağırlığı (g)

2.2.1.4. Holoselüloz Tayini

Odunsu ve bitkisel materyalden lignin uzaklaştırması sonucu geriye kalan kalıntı holoselüloz olarak adlandırılmaktadır. Karbonhidratların tümü anlamına gelen holoselülozun tam olarak belirlenmesi mümkün değildir. Ancak kullanılan

yöntemlerde en az kayıpla sonuç veren Wise ve arkadaşlarının geliştirdiği Klorit Yöntemi en ideal yöntemdir (Wise ve Karl, 1962; Browning, 1967; Gönültaş, 2008). Bu yöntemde sodyum klorit (NaClO_2), asetik asit etkisiyle aktif yükseltgen olan kloriti (ClO_2) serbest bırakır. Böylece lignin yükseltgenerek, suda çözüne bilen hale gelerek çözeltiye geçer. Karbonhidratlar ise bu işlemde etkilenmezler. Yöntemde kullanılan materyalin yapraklı ağaç olması nedeniyle 2,37 g yapraklı ağaca 1,89 g aktif klor denk düşecek şekilde NaClO_2 çözeltisi hazırlanmıştır. 5 saat süren işlem boyunca örneklere NaClO_2 çözeltisi saatte bir ilave edilmiştir. Ortama NaClO_2 çözeltisi eklenmeden önce, asetik asit çözeltisi ile asitlendirilerek pH'ın 4 civarında tutulması sağlanmıştır. Balaban (2002) yaptığı bir çalışma dikkate alınarak 75°C 'de daha iyi sonuç elde edildiği görülmüş ve bu sıcaklık değerinde işlem yapılmıştır. Geniş ağızlı özel erlenlere 5 g tam kuru maddeye karşılık gelen FK unu tartılarak, reaksiyonun gerçekleşeceği su banyosuna konulmuş ve üzerine ağzı ters çevrilmiş erlenlerle kapatılmıştır. İşlem bitimi reaksiyonun hemen kesilmesi ve zehirli klor çıkışı önlemek için, örnekler bir buz banyosuna konularak soğumaları sağlanmıştır ve 2 nolu cam krozedden süzülmüştür. Daha sonra buzlu su ile iyice yıkanan örnekler asetondan geçirilerek kurutulmuştur. Hava kurusu halde tartılan örnekler nem tayini yapılmış ve başlangıçtaki tam kuru madde miktarına gidilerek holoselüloz verimleri hesaplanmıştır.

A: Örnek ağırlığı (g)

B: Boş kroze ağırlığı (g)

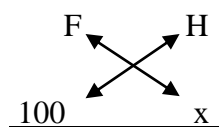
C: Dolu kroze ağırlığı (g)

D: Ekstrakte örneğin ortalama kuru madde miktarı (g)

E: Holoselüloz örneğinin ortalama kuru madde miktarı (g)

$$A \times D = F$$

$$C \times B = G$$



$$G \times E = H$$

$$x = \% \text{ Verim}$$

(5)

2.2.1.5. Klason Lignin Tayini

Lignin odunun ve yıllık bitkilerin asli bileşenlerinden birisi olmasının yanında, ağaç türü, büyüme şartı gibi bazı özelliklerine göre değişim göstermektedir. Bitkisel maddelerdeki lignin oranının belirlenmesi için birçok yöntem kullanılmakta ise de en çok kullanılan %72'lik sülfürik (H₂SO₄) asit kullanılan "Klason Lignini" yöntemidir.

Belirlenmiş koşullarda H₂SO₄, karbonhidratları hidrolize ederek çözmekte ve böylece aside dayanıklı lignin olarak adlandırılan kalıntı lignin elde edilmektedir.

Lignin tayini TAPPI T 211 om-88 (Aonim-1d, 1992) standartlarına uygun yapılmıştır. Delignifikasyon işlemi sonrasında, holoselüloz örneklerinde kalıntı lignin bulunduğu bilindiği için elde edilen holoselüloz örneklerinde klason lignini analizi yapılmıştır(Balaban, 2002).

Yöntemde ekstra edilmiş 1 g tam kuru materyale eşdeğer miktarda FK unu örneklerin üzerine 50 mL % 72 H₂SO₄ ve 5 mL % 40'lık hidrobromik (HBr) oluşan asit karışımı ilave edilmiş ve cam baget ile iyice karıştırılmıştır. Beherin üzerine saat camı kapatılarak 2 saat oda sıcaklığında belirli aralıklarla karıştırılarak bekletilmiştir. Süre sonunda 200 mL saf su ilave edilerek 5 dakika kaynatılmıştır. Kaynatma işleminin ardından siyah bant süzgeç kâğıdından süzölmüş ve ardından kaynar saf su ile yıkanarak içindeki asit tamamen uzaklaştırılmıştır. Yıkama işleminin ardından etüvde kurutulmuş ve kalıntı miktarından gidilerek lignin yüzdesi formül-6 hesaplanmıştır.

$$\frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (6)$$

A = Dolu vezin ağırlığı (g)

B = Boş vezin ağırlığı (g)

C = Tam kuru örnek ağırlığı (g)

2.2.1.6. α -Selüloz Tayini

FK unu örnekleri örneklerinde α -selüloz tayini TAPPI T 203 cm-99'a (Anonim-2, 1999) göre yapılmıştır. Bu yöntemde 1,5 g holoselüloz örneği 300 mL'lik beherlere konur. Üzerine 75 mL % 17,5'luk NaOH'dan 25 mL eklenir toplam hacim 100 mL olması sağlanır. Ardından örnekler 25 dakika daha 25 °C'deki su banyosu alınır ve cam bagetle çözelti sürekli karıştırılarak bekletilir. Süre sonunda behere 100 mL saf su eklenir ve 30 dakika daha işleme devam edilir. Cam bagetle karıştırma işlemine devam edilir. Toplam hacim 200 mL, Toplam ekstraksiyon zamanı 60±5 dakikadır. Ekstraksiyon tamamlandığında çözelti daha önce kuru ağırlığı belirlenmiş 2 nolu kroze ile vakum altında süzülür. Ardından saf su ile yıkanır. Ekstraktı nötralize etmek için % 10'luk Asetik Asit (C₂H₄O₂) iyice emdirilir. Tekrar saf su ile yıkanan ekstraktan son olarak aseton (C₃H₆O) geçirilir ve 105±2 °C'deki etüve kurumaya bırakılır. Kurutulan krozelerin tartımı alınır ve ağırlık farkından gidilerek α -selüloz miktarı hesaplanır

$$\frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (7)$$

A = Dolu kroze ağırlığı (g)

B = Boş kroze ağırlığı (g)

C = Tam kuru örnek ağırlığı (g)

2.2.1.7. Kül Tayini

Odun ve bitkisel materyallerde bulunan anorganik bileşikler, 600 °C'de yakılması sonucu kalan miktarın ölçümüne kül tayini denilmektedir. Kül tayini TAPPI T 211 om-85'e (Anonim-1e, 1992) göre yapılmıştır. Bu deney yöntemine göre daha önceden fırında 600 °C'de bekletilmiş örnekler desikatörde 45 dakika bekletilip porselen krozelerin boş ağırlıkları belirlenmiştir. Nem miktarı bilinen 4-5 gr hava kurusu FK unu krozelerin içerisine konulup çeker ocak altında kütle kaybına yol açmayacak şekilde gaz çıkışı bitene kadar hafif ateş altında yakıldıktan sonra 600 °C'ye kademeli olarak çıkartılır. Sabit ağırlık elde edilene kadar işleme devam edilir.

Değişmez ağırlık bulununca örnekteki kül miktarı başlangıçtaki tam kuru odun ağırlığına oranlar hesaplanmıştır.

$$\begin{array}{c} B \swarrow \nearrow A \\ x \quad \quad 100 \end{array}$$

(8)

$$x = \% \text{ Kül Miktarı}$$

Örnek Ağırlığı x Ortalama Kuru Madde = A

Kül Dolu Kroze Ağırlığı – Boş Kroze Ağırlığı = B

2.2.2.OPK Üretimi ve Uygulanan Test Yöntemleri

2.2.2.1.OPK Üretimi

Giresun ili Espiye ilçesindeki fındık bahçelerinden temin edilen fındık kabukları (FK) doğal kurutma yapılarak kullanılacak lignoselülozik hammadde elde edilmiştir. Daha sonra fındık kabuğu (FK) Şekil 7 'de gösterilen Wiley değirmeni yardımıyla lignoselülozik dolgu maddeleri un haline getirilmiştir.



Şekil 7. Wiley Değirmeni

Üretilen malzemelerin performansları üzerine dolgu maddelerinin boyutlarının etkili olması sebebiyle un haline getirilen lignoselülozik dolgu maddeleri boyut sınıflandırmasına tabi tutulmuştur. Şekil 8'de gösterilen sarsak elek 20-40-60-80 ve 100 mesh gruplara ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan lignoselülozik dolgu maddeleri 60 mesh boyutundaki elek üzerinde kalan kısımları alınmıştır.



Şekil 8. Sarsak Elek

Sınıflandırılan dolgu maddeleri 24 saatlik kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 9'da gösterilen etüv kurutma amaçlı kullanılırken sıcaklık değerleri 103 ± 2 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Odun plastik-kompozit üretiminde lignoselülozik dolgu maddelerinin kurutulması önemli bir yer tutar. Dolgu maddesi içindeki fazla su kurutma ile çıkarılmazsa üretim esnasında kabarcıklar oluşmasına dolayısıyla; performans kayıplarına neden olacaktır.



Şekil 9. Kurutma Fırını (Etüv)

Kurutulan lignoselülozik dolgu maddeleri, plastik hammadde ve uyumlaştırıcı madde üretilecek levha tipine göre karıştırılmış ve homojen bir karışım sağlanmıştır. Lignoselülozik dolgu maddeleri dışında plastik ve diğer kimyasallar her hangi bir işleme tabi tutulmadan temin edildiği şekilde kullanılmıştır. Aşağıdaki Tablo 7'de karışım oranları verilmiştir.

Tablo 7. Üretim reçetesi

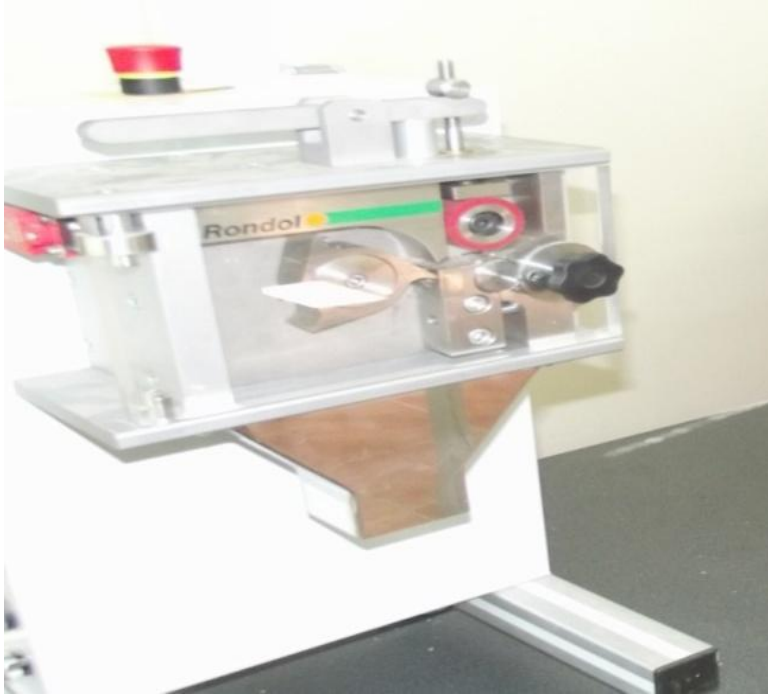
Grup İsmi	Polimer %	Dolgu Maddesi (FK Unu)%	Uyumlaştırıcı % (MAPE)
	YYPE	FK	%3
A	70	30	----
B	67	30	%3
C	60	40	----
D	57	40	%3
E	50	50	----
F	47	50	%3
G	40	60	----
H	37	60	%3
I	100	----	-----

MAPE: Maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen

Dört farklı ısıtma alanına sahip olan ekstrüder ısıtma bölge sıcaklıkları sırasıyla 175-180-185-190 °C ve çalışma hızı 50 rpm (devir/dakika) olarak ayarlanmıştır. Ekstrüder (Rondol 3212) içerisine konan karışım sıcaklığın ve kovanın içerisindeki sürtünmenin etkisi erimeye başlamıştır. Vidanın dönme hareketi ile daha homojen bir karışım gerçekleşirken aynı anda vidanın itme kuvveti ile kafaya doğru karışım ilerlemeye başlamıştır. Kafadan çıkan pelet halindeki karışım soğuk su banyosuna konularak sertleşmesi sağlanmıştır. Ekstrüder makinesi Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Ekstruder

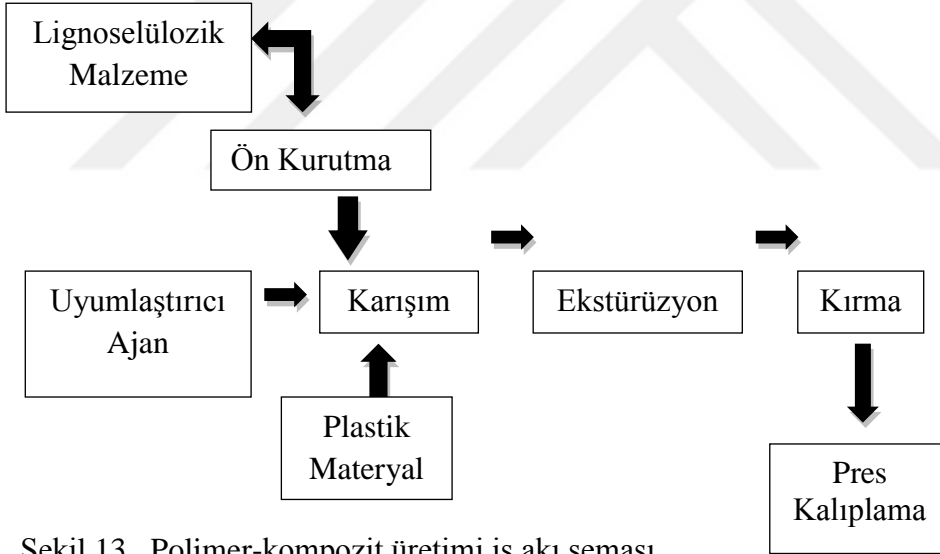


Şekil 11. Kırıcı

Kurutulan peletler Şekil 11'de 170 ± 5 °C' ye kadar ısıtılan preste 5 mm kalınlığında 150 mm x 200 mm boyutlarında her numune grubundan 5 adet olacak şekilde levhalar üretilmiştir.



Şekil 12. Sıcak pres makinesi



Şekil 13. Polimer-kompozit üretimi iş akı şeması.

2.2.2.2. Araştırma Yöntemi

Deneme levhaların mekanik özelliklerinden çekmede elastikiyet modülü, çekme direnci, eğilmeye elastikiyet modülü, eğilme direnci, ve darbe direnci belirlenmiştir. Termal özelliklerini belirleme için Termogravimetrik analiz (TGA) yapılmıştır.

Biyolojik özelliklerini belirlemek için mantar testi (Beyaz Çürüklük ve Esmer Çürüklük) yapılmıştır.

2.2.2.2.1. Mekanik Özellikler

Bu çalışmada üretilen levhaların mekanik özellikleri; Eğilme özellikleri, çekme özellikleri ve darbe direnci olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ölçümlerden eğilme özellikleri ve çekme özellikleri Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Darbe direnci özellikleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Mekanik testler Amerikan Standartlarına (ASTM)'na uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.2.1.1. Eğilme Özellikleri

Eğilme özellikleri (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü) Şekil 14'te gösterilen AÇÜ, Orman Fakültesinde bulunan Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi kullanılarak ASTM D 790 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 150 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Deney esnasında levha örneklerinin yerleştirildiği dayanaklar arasındaki mesafe 80 mm ve test hızı 2 mm/dak. olarak ayarlanmıştır. Deneme 3 nokta eğilme testi olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 14. Zwick/Roell Z050 Üniversal test makinesi

$$\sigma_e = \frac{3 x F x L}{2 x b x d^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (9)$$

F = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

L = Dayanak noktalan arasındaki mesafe (mm)

d = Örnek kalınlığı(mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{F \times l^3}{4 \times b \times \Delta \times d^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (10)$$

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

l = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı(mm)

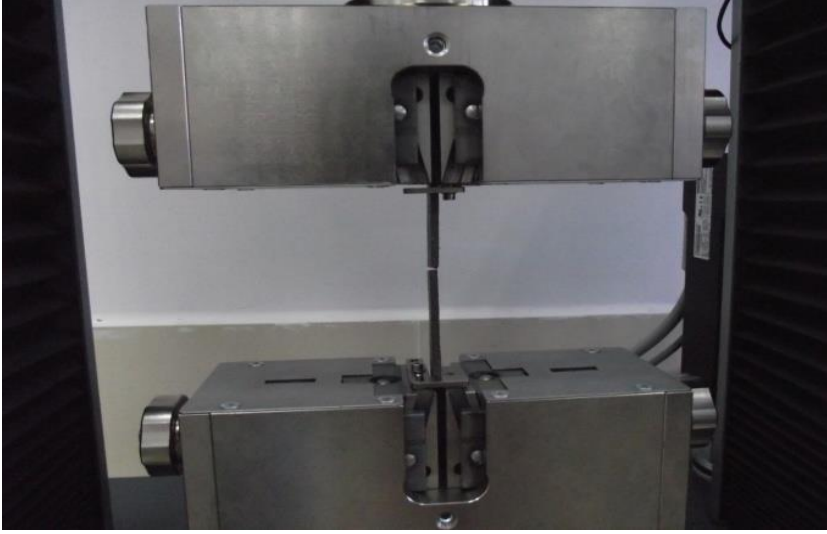
b = Örnek genişliği (mm)

Δ =Eğilme miktarı(sehim) (mm)

Eşitliklerinden yararlanarak deney sırasında üniversal test makinesine ait bilgisayar programında otomatik olarak hesaplamıştır.

2.2.2.2.1.2. Çekme Özellikleri

Çekme testi (çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü) Şekil 15’de gösterilen AÇÜ Orman Fakültesinde bulunan Zwick/Roell Z050 Üniversal Test Makinesi deney düzeneğinde ASTM D 638 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 165 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test hızı 5 mm/dak. olarak ayarlanmıştır.



Şekil 15. Çekme test düzeneği

Çekme direnci;

$$\delta_{\text{çd}} = \frac{F \text{ max.}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (11)$$

$$\delta_{\text{çd}} = \text{Çekme direnci (N/mm}^2\text{)}$$

F_{max} = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

A = Örnek enine kesit alanı (mm²)

Çekmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{\delta_{\text{çd}}}{\varepsilon} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (12)$$

E = Çekmede elastikiyet modülü (N/mm²)

$\delta_{\text{çd}}$ = Çekme direnci (N/mm²)

ε = Çekme deneyi kopma sırasında oluşan birim uzama.

2.2.2.2.1.3. Darbe Direnci

Darbe direnci testi ASTM D 256 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 65 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test

öncesi örnekler üzerine Şekil 16'da gösterilen Kahramanmaraş Sütçü imam Üniversitesi, Orman Fakültesinde bulunan Polytest RayRan cihazı yardımıyla levhada çentik açılmıştır. çentikli açılan örnekler Izod darbe direncini belirlemek amacıyla Zwick/Roell HIT 5.5P makinesinde test edilmiştir.



Şekil 16. Polytest RayRan çentik açma aleti ve Zwick/Roell HIT5.5P. Darbe test cihazı.

Darbe Direnci aşağıdaki formül esas alınarak test sırasında Zwick/Roell HIT5.5P. Darbe test cihazına ait bilgisayar programında j/m cinsinden otomatik olarak hesaplanmıştır.

Darbe Direnci (Kırılma enerjisi)

$$G (h - h_1) = GL (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (13)$$

G = Sarkacın ağırlığı(kg)

L = Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı(m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

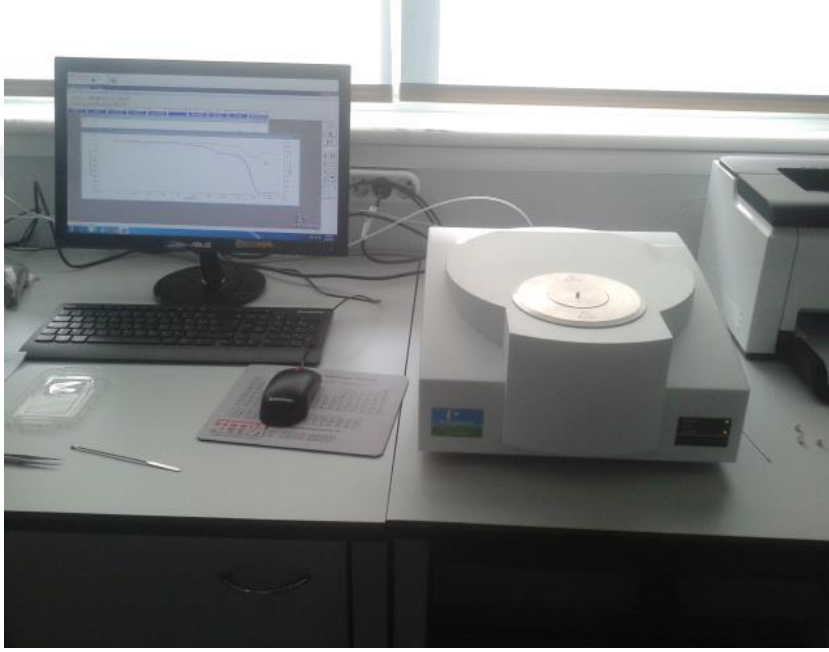
α = Düşme açısı(derece),

β = Yükseliş açısı(derece)

2.2.2.2.2. Isıl Özellikler

2.2.2.2.2.1. Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA örnek ağırlığının, ölçüm sırasında sıcaklık ya da zamana bağlı olarak değişiminin ölçülmesidir. TGA analizi Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim- Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında bulunan Şekil.17 gösterilen cihaz ile ölçümler yapılmıştır.



Şekil 17. Termogravimetrik analiz (TGA) Cihazı

TGA analizi için Pelkin Elmer (Model STA 6000) marka test cihaz kullanılmıştır. Test örnekleri 3-5 mg tartıldıktan sonra porselen kroze içine yerleştirilip cihaza konulmuştur. Test sırasında sıcaklık değeri oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar 10 °C/dakika oranında artırılmıştır. Azot gazı akışı 20 mL/ dakika olarak ayarlanmıştır.

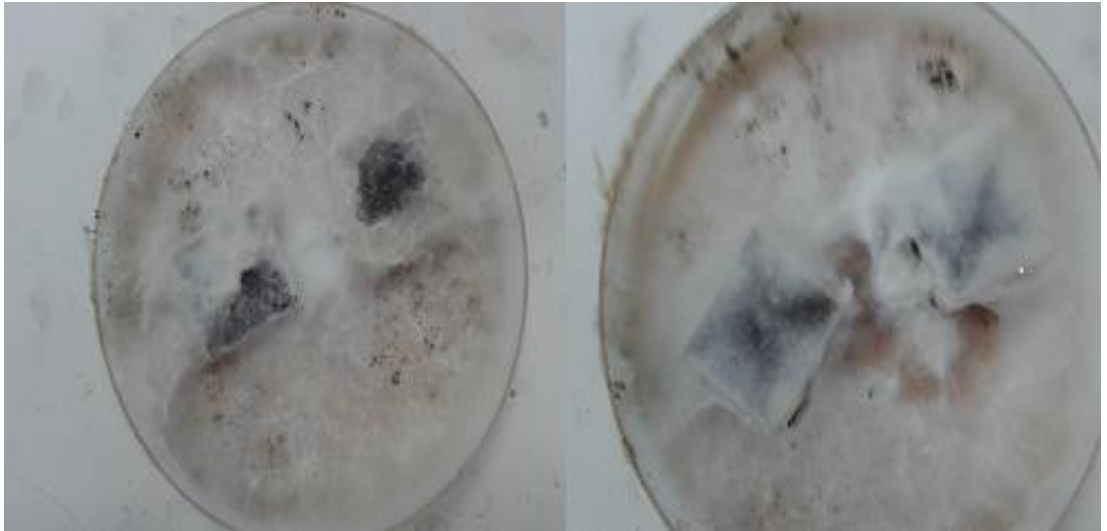
Örnek ağırlığında sıcaklıkla oluşan değişimin ölçülmesi ile TGA grafikleri elde edilir.

2.2.2.2.3. Biyolojik Testler

2.2.2.2.3.1. Mantar Testi

Mantar testleri Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında yapılmıştır. Mantar testleri EN 113 (*European Committee for Standardization*)'e göre yapılmıştır. Besi ortamı oluşturmak için 48 gr Malt extract 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 aşılanmıştır. Çürüklük testlerinde *Trametes versicolor L. Pilat Mad-697* (Beyaz çürüklük mantarı), *Postia placenta (Fr.) M.J. Larsen & Lombard Mad-698-R* (Esmer çürüklük mantarları) kullanılmıştır.

Çürüklük testi uygulanacak numuneler 20 x 20 x 5 mm boyutlarına getirilip 48 saat boyunca 121°C sıcaklıkta bekletildikten sonra ağırlıkları belirlenmiştir (M₀). Numuneler petri kaplarına yerleştirilmeden önce misellerin besiy ortamı üzerine tamamen yayılması beklenmiştir.



Şekil 18. Aşılanmış mantar örnekleri

Petri kaplarına yerleştirilecek numunelere 121°C de 30 dakika sterilizasyon işlemi uygulanmıştır. Her bir grup için 6 örnek kullanılmış olup işlem 4 ay sürmüştür. Petri kaplarından çıkarılan numuneler titizlikle temizlenip 48 saat boyunca 121°C

sıcaklıkta bekletilip 0,001 grama duyarlı bir terazide ağırlıkları belirlenerek (M_1) aşağıdaki formül (1) yardımı ile ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Mantarların etkinliğini kontrol etmek için 20 x 20 x 20 mm boyutlarında sarıçam numuneleri petri kaplarına yerleştirilerek mantar tahribatına maruz bırakılan örnekler deney sonlandırıldığında tam kuru ağırlıkları belirlenerek, % ağırlık kaybı oranı aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmış ve biyolojik direnç özellikleri değerlendirilmiştir.

$$\frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \quad (14)$$

AK = Ağırlık kaybı (%)

M_0 = Test öncesi ağırlık (g)

m_1 = Test sonrası ağırlık (mm)

2.2.3. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır. ANOVA testi ile değişkenlerin anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Duncan testi ile oluşan değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu ortamların karşılaştırılmasında kullanılmıştır ve Bu işlem %95 güven düzeyinde yapılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma iki temel bölüm halinde incelenmiştir. İlk kısımda Giresun ili, Espiye ilçesinden findikkabuğu örnekleri alınmış ve kimyasal içerikleri belirlenmiştir. Kimyasal özelliklerden holoselüloz, selüloz, lignin, alkol-sikloheksan çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü sıcak su çözünürlüğü, %1 NaOH çözünürlüğü ve kül miktarı belirlenmiştir. İkinci kısımda ise farklı oranlarda da findık kabukları, dolgu maddesi olarak kullanılıp polimer kompozitler uyum sağlayıcı ajan içeren ve içermeyen gruplar halinde üretilmiştir. Findık kabuğu oranının ve uyum sağlayıcı ajan ilavesinin OPK'ların mekanik, biyolojik ve ısı özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

3.1 Findık Kabuğunun (FK) Kimyasal Analiz Sonucu

Tablo 8'de kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, materyalin ana kimyasal bileşenlerinden holoselüloz içeriği %46,31 alfa selüloz oranı holoselüloz üzerinden % 27,33 ve lignin oranı ise % 45,05 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. Findık Kabuğunun kimyasal analiz sonuçları.

Birleşenler	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama (%)
Sıcak Su Çözünürlük Tayini	3,09	3,32	0,12	3,22
%1'lik NaOH Çözünürlüğü Tayini	14,48	15,22	0,38	14,79
Alkol-Siglohegzan Çözünürlük Tayini	0,710	0,716	0,003	0,71
Alkol Çözünürlüğü Tayini	0,203	0,102	0,05	0,14
Lignin Tayini	44,90	45,32	0,23	45,05
Holoselüloz Tayini	45,31	47,31	1,00	46,31
α - Selüloz Tayini	26,79	27,86	0,54	27,33
Kül Tayini	0,87	0,89	0,01	0,88

FK'nın tali bileşenlerinden olan çözünürlük değerleri bakıldığında; alkol sikloheksan çözünürlüğü % 0.71 alkol çözünürlüğü % 0.14 sıcak sudaki çözünürlük % 3.22 ve %1 NaOH çözünürlüğü oranı ise % 14.79 olarak belirlenirken kül oranı ise % 3.22 olarak bulunmuştur.

Güler ve Şen'nin (2013) fındık kabuğu kullanarak yaptığı çalışmada sıcak su çözünürlük değeri % 5.99, % 1'lik NaOH çözünürlüğü değeri % 33.7, holoselüloz çözünürlüğü % 57.5, α - Selüloz tayini %27.1, lignin %40.4 ve kül tayini oranı %1.71 olarak belirlemiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucunda çalışmaya benzer bulgular elde edilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen lignin tayini ve α -selüloz tayinleri benzer sonuçlar göstermiştir. Bununla birlikte % holoselüloz miktarı, % kül tayini, %1 NaOH çözünürlük değeri ve % sıcak su çözünürlük değerinin altında değerler tespit edilmiştir. Demirbaş'ın (2002) yaptığı çalışmada FK'da lignin oranı % 42,90 olarak belirlemiştir. Bu farkındalığın ise alındığı numunenin alındığı bölge, toprak yapısı, fındık türü vb. nedenlerden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.2. Mekanik Test Sonuçları

3.2.1. Eğilme Direnci ve Eğilmeye Elastikiyet Modülü

Üretilen OPK'ların eğilme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK Üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının eğilme direnci değerlerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 9. FK dolgu maddesi ve uyum sağlayıcı ajan kullanımının eğilme direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi*
FK (A)	982,91	3	327,63	59,42	,000
Uyumlaştırıcı Ajan (B)	171,85	2	171,85	31,16	,000
A*B (İnteraksiyon)	4,03	3	1,34	,244	,865 ^{ÖD}
Hata	264,65	48	5,51		
Toplam	33101,27	56			

$P<0,05$., ÖD: Önemli Değil.

Üretilen OPK'ların eğilmeye elastikiyet modülü değerlerine ait ÇVA sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK üretiminde FK dolgu maddesi (A),

uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 10. FK dolgu maddesi ve uyum sağlayıcı ajan kullanımının eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi*
FK (A)	3820379,48	1	1273459,82	34,25	,000
Uyumlaştırıcı Ajan (B)	17772524,44	3	1772524,44	47,672	,000
A*B (İnteraksiyon)	19706,48	3	6568,82	,177	,912 ^{ÖD}
Hata	1784714,57	49	37181,55		
Toplam	14900535,00	56			

$P < 0,05$., ÖD: Önemli Değil.

Farklı oranlarda FK kullanılarak üretilen ve OPK'ların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

En yüksek eğilme direnci değerleri 31.42 MPa olarak %30 FK + %3 uyumlaştırıcı ajan kullanılarak (Grup kodu B) üretilen örneklerden elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci değeri 16.66 MPa olarak %60 FK dolgu maddesi (Grup kodu H) ile üretilen örneklerden elde edilmiştir. En yüksek eğilme elastikiyet modülü değeri 2.11 GPa olarak %60 FK+ %3dolgu maddesi (Grup kodu H) ile üretilen örneklerden elde edilmiştir. En düşük Eğilme elastikiyet modülü değeri 1.04 GPa olarak %30 FK dolgu maddesi (Grup kodu A) ile üretilen örneklerden elde edilmiştir.

Tablo 11. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri.

Grup İsmi	FK Unu %	Uyumlaştırıcı Ajan (MAPE)	Eğilme Direnci (MPa)*	Eğilmede Elastikiyet Modülü (GPa)*
G-YYPE	0	0	31,42 (2,89) <i>e</i>	1,34 (0,18) <i>bc</i>
A	30	0	28,18 <i>d</i> (2,20)	1,04 <i>a</i> (0,28)
B	30	3	31,42 <i>e</i> (0,97)	1,39 <i>bc</i> (0,16)
C	40	0	25,35 <i>c</i> (2,56)	1,24 <i>ab</i> (0,17)
D	40	3	28,22 <i>d</i> (0,68)	1,61 <i>de</i> (0,18)
E	50	0	20,54 <i>b</i> (3,15)	1,52 <i>cd</i> (0,09)
F	50	3	24,11 <i>c</i> (3,36)	1,83 <i>e</i> (0,14)
G	60	0	16,66 <i>a</i> (2,27)	1,71 <i>de</i> (0,23)
H	60	3	20,99 <i>b</i> (3,27)	2,11 <i>f</i> (0,19)

Not: Parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Mekanik test değerleri 10 numune üzerinden elde edilmiştir.

Karakuş (2008) Yaptığı buğday sapı ile üretilen OPK'nın eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerini sırasıyla 13,16 MPa ve 0,80 GPa olarak tespit etmiştir.

Tablo 3.4 görüldüğü gibi eğilme direnç değerleri OPK malzeme içerisinde lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça azalmıştır. Genel olarak plastik malzeme ile lignoselülozik dolgu maddesini arasında uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemi olduğu bilinmektedir. Çünkü lignoselülozik malzeme hidrofilik, polimer matris ise hidrofobik karakterlidir. Bu durum adhezyon problemi oluşturmaktadır (Drouglas, 2001; Mishra ve Naik, 2005; Cui ve ark., 2010; Kord, 2011, Chaharmahali ve ark., 2010). Dolayısıyla lignoselülozik dolgu oranı arttıkça OPK içerisindeki plastik oranı azalmakta ve iki materyal arasındaki homojen karışım zayıflamaktadır. Buda malzemedeki gözenek oranının artışına sebep olmaktadır. Bu durum ise eğilme direnci değerlerini olumsuz etkilemektedir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerleri eğilme direnci değerlerinin aksine, OPK içerisinde lignoselülozik madde oranı arttıkça artış

göstermiştir. Bunun nedeni kullanılan lignoselülozik malzemenin sahip olduğu yüksek elastikiyetten kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü literatür de yapılan birçok çalışmada lignoselülozik materyallerin elastikiyet modülü değerlerinin plastik malzemelerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. (Ward ve Hardley, 1993; Matuana ve Balatinecz, 1998; Bouafif, 2009).

Uyum sağlayıcı kullanılan örnekler kullanılmayan örnek gruplarına göre daha yüksek değerler vermiştir. Yapılan birçok çalışmada uyum sağlayıcıların lignoselülozik dolgu ile polimer arasında bir köprü görevi vazifesi üstlendiği kanıtlanmıştır (Sanadi ve ark., 1993; Sanadi ve ark., 1995; San ve ark., 2008).

3.2.2. Çekme Direnci ve Çekmede Elastikiyet Modülü

Üretilen OPK'ların çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK Üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının ve A*B etkileşiminin çekme direnci değerlerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 12. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının çekme direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem Düzeyi*
FK (A)	1000,81	3	333,60	439,06	,000
Uyumlaştırıcı Ajan (B)	200,71	1	200,71	264,16	,000
A*B (İnteraksiyon)	29,88	3	9,96	13,11	,000
Hata	36,47	48	0,76		
Toplam	19733,70	56			

$P<0,05$.

Üretilen OPK'ların çekme elastikiyet modülü değerlerine ait ÇVA sonuçları Tablo 13'de verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 13. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının çekme elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi*
FK (A)	4032589,14	3	1344196,38	160,14	,000
Uyumlaştırıcı Ajan (B)	734632,07	1	734632,07	87,52	,000
A*B (İnteraksiyon)	11376,78	3	3792,26	,452	,717 ^{ÖD}
Hata	402888,00	48	8393,50		
Toplam	118020380,00	56			

P<0,05., ÖD: Önemli Değil.

Farklı oranlarda FK kullanılarak üretilen ve OPK'ların çekme direnci ve çekme elastikiyet modülü değerleri Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların çekme direnci ve çekme elastikiyet modülü değerleri.

Grup İsmi	FK Unu %	Uyumlaştırıcı Ajan (MAPE)	Çekme Direnci (MPa)*	Çekme Elastikiye Modülü (GPa)*
G-YYPE	0	0	21,72 (0,58) <i>e</i>	0,39 (0,02) <i>a</i>
A	30	0	21,67 <i>e</i> (0,37)	1,03 <i>b</i> (0,04)
B	30	3	26,82 <i>g</i> (0,87)	1,21 <i>c</i> (0,15)
C	40	0	18,43 <i>d</i> (0,62)	1,10 <i>b</i> (0,07)
D	40	3	23,74 <i>f</i> (0,98)	1,36 <i>d</i> (0,04)
E	50	0	15,49 <i>c</i> (1,01)	1,37 <i>d</i> (0,16)
F	50	3	18,16 <i>d</i> (0,75)	1,62 <i>e</i> (0,06)
G	60	0	12,07 <i>a</i> (1,22)	1,70 <i>e</i> (0,04)
H	60	3	14,09 <i>b</i> (0,94)	1,93 <i>f</i> (0,03)

Not: Parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre (P<0,05) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Mekanik test değerleri 10 numune üzerinden elde edilmiştir.

Yapılan testler sonucunda en yüksek çekme elastikiyet modülü değerleri 1.93 GPa olarak %60 FK dolgu maddesi (Grup kodu H) ile üretilen örneklerden elde edilmiştir. En düşük çekme elastikiyet modülü değerleri 1.03 GPa olarak %30 FK dolgu

maddesi ile üretilen (Grup kodu A) örneklerden elde edilmiştir. Yapılan testler sonucunda en yüksek çekme direnci değerleri 26.82 MPa olarak %30 FK + %3 uyumlaştırıcı ajan kullanılarak (Grup kodu B) üretilen örneklerden elde edilmiştir. En düşük çekme direnci değeri 12.07 MPa olarak %60 FK dolgu maddesi (Grup kodu G) ile üretilen örneklerden elde edilmiştir.

Tablo 3.7 görüldüğü gibi çekme direnç değerleri OPK malzeme içerisinde lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıkça azalmıştır. Genel olarak plastik malzeme ile lignoselülozik dolgu maddesini arasında uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemi olduğu bilinmektedir. Lignoselülozik malzeme hidrofilik, plastik malzeme ise hidrofobik karakterlidir. Bu durum adhezyon problemi oluşturmaktadır (Drouglas, 2001; Mishra ve Naik, 2005; Cui ve ark., 2010; Kord, 2011; Chaharmahali ve ark., 2010). Dolayısıyla lignoselülozik dolgu oranı arttıkça OPK içerisindeki plastik oranı azalmakta ve iki materyal arasındaki karışım zayıflamaktadır. Bu durum ise çekme direnci değerlerini olumsuz etkilemektedir.

Karakuş (2008) Yaptığı pamuk karpeli ile üretilen OPK'nın çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerlerini sırasıyla 8,11 MPa ve 0,27 GPa olarak tespit etmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalarda lignoselülozik dolgunun elastikiyet modülü değerleri plastik malzemelerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple çekmede elastikiyet modülü değerleri lignoselülozik dolgu oranı arttıkça artış göstermiştir. Bu durum literatürde karışım kuralı ile açıklanmıştır (Ward ve Hardley, 1993; Matuana ve Balatinecz 1998; Bouafif, 2009). Levha içerisinde kullanılan lignoselülozik malzeme değeri plastik malzemenin elastikiyet modülü değerinden yüksektir. Bu iki malzemenin karıştırılması ile elde edilen OPK levhalarında FK dolgu maddesi oranının artması ile elastikiyet modülü değeri artmıştır. OPK levhalarında uyumlaştırıcı ajan kullanılmasıyla çekme direncinde olduğu gibi elastikiyet modülü değerinde de artmıştır. Ayrıcı maleik anhidrit ile aşılınmış polietilen (MAPE) içinde bulunan maleik anhidrit asit baz etkileşimi gibi polar bir etkileşim sağladığı ve lignoselülozik dolgu maddelerinin üzerindeki hidroksil gruplarına kovalent bağla bağlanabildiği belirtilmektedir. (Felix ve ark., 1993; Sanadi, 1995; San ve ark., 2008).

3.2.2. Darbe Direnci

Üretilen OPK'ların darbe direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları Tablo 15'de verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının darbe direnci değerlerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 15 FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının darbe direnci üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem düzeyi
FK (A)	19,53	3	6,51	237,09	,000
Uyumlaştırıcı Ajan	9,93	1	9,93	361,74	,000
A*B (İnteraksiyon)	,223	3	,074	2,70	,055 ^{ÖD}
Hata	1,31	48	,027		
Toplam	563,42	56			

$P<0,05$., ÖD: Önemli Değil.

Farklı oranlarda FK kullanılarak üretilen ve OPK'ların darbe direnci değerleri Tablo 16'da verilmiştir.

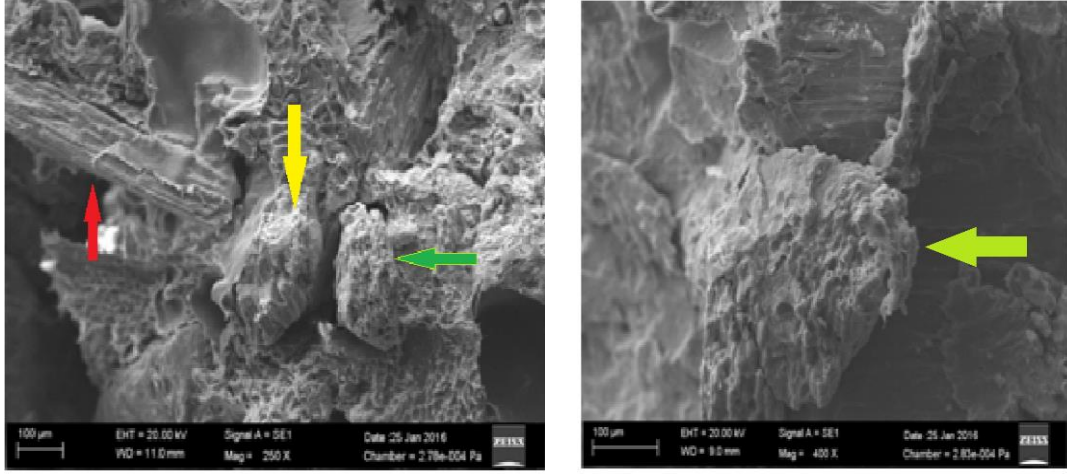
Yapılan testler sonucunda en yüksek darbe direnci değeri 43.81 J/m olarak %30 FK dolgu maddesi (Grup kodu A); ile üretilen örneklerden elde edilmiştir. En düşük darbe direnci değeri 20.73 J/m olarak %60 FK + % 3 uyumlaştırıcı ajan kullanılarak (GRUP kodu H) üretilen örneklerden elde edilmiştir.

Tablo 16. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen OPK'ların darbe direnci değerleri

Grup İsmi	FK Unu %	Uyumlaştırıcı Ajan (MAPE)	Darbe Direnci (J/m)*
G-YYPE	0	0	256,03 (28,03) g
A	30	0	43.81 f (1.13)
B	30	3	36.51 e (2.82)
C	40	0	36.63 d (1.89)
D	40	3	26.70 d (1.24)
E	50	0	29.60 e (2.43)
F	50	3	22.54 c (0.24)
G	60	0	30.14 b (0.71)
H	60	3	20.73 a (1.07)

Not: Parantez içerisindeki değerler standart sapmayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre ($P < 0.05$) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Mekanik test değerleri 10 numune üzerinden elde edilmiştir.

Tablo 3.9'da görüldüğü gibi darbe direnci değerleri OPK içerisinde lignoselülozik madde oranı arttıkça azalmıştır. Yapılan çalışmalarda lignoselülozik dolgu madde ve uyumlaştırıcı ajanın (MAPE, MAPP) odun plastik kompozit malzeme içerisinde oranlarının artması ile darbe direnci değerlerinin azaldığı bildirilmiştir. Bunun nedeni olarak lignoselülozik malzeme ve uyumlaştırıcı ajan kullanımı ile OPK'ların daha sert ve gevrek hale gelmesi gösterilmiştir (Clemons 2002; Mengeloğlu ve Karakuş 2008; Cui ve ark. 2010). Bununla birlikte OPK'lar içerisinde plastik oranı azaldıkça malzemenin süneklik ve darbe direnci dayanımının azaldığı bildirilmiştir. Morreale ve ark. (2008) lignoselülozik dolgu oranının %15'den %65'e kadar farklı kademelerde ticari bir polimer içerisinde dolgu oranı olarak kullandıkları çalışmada, lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhanın sertliği arttığından darbe direnci değerlerinin azaldığını rapor etmiştir.



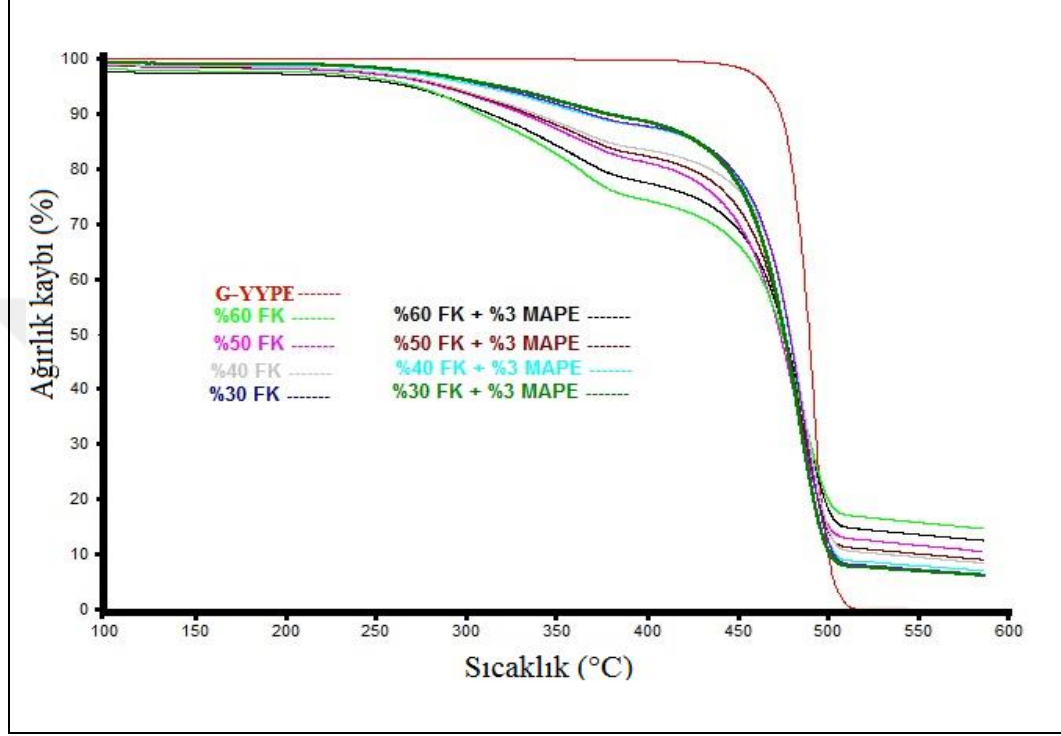
Şekil 19. Uyumlulaştırıcı ajan kullanılmayan ve kullanılan OPK levhanın SEM görüntüleri

Şekil 19 'da FK dolgu maddesiyle üretilen uyumlulaştırıcı ajan kullanılmayan ve uyumlulaştırıcı ajan kullanılan OPK levhalarını SEM görüntüleri verilmiştir. Literatürde lignoselülozik maddelerle plastik maddelerinin karışım problemi olduğu bildirilmiştir. Mekanik özelliklerde meydana gelen azalmaların lignoselülozik malzemenin plastik ile tam karışmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Tufan, 2013). Bu nedenle uyumlulaştırıcı ajan (MAPE) kullanılmaktadır. Tez kapsamında yapılan çalışmalarda uyumlulaştırıcı ajan kullanılan örnek gruplarında eğilme ve çekme özellikleri, uyumlulaştırıcı ajan kullanılmayan levha gruplarına göre daha yüksek çıkmıştır.

Şekil 19'da %50 oranında dolgu maddesi içeren örneklerde (Grup numarası E ve F) uyumlulaştırıcı ajan kullanılan ve kullanılmayan örneklerin SEM görüntüleri verilmiştir. Uyumlulaştırıcı ajan kullanılmayan örnekteki (Şekil 19) dolgu maddesi ile plastik materyal arasındaki zayıf karışım ve malzemedeki boşluklar görülmektedir. Uyumlulaştırıcı ajan kullanılan örnekteki lignoselülozik malzeme ile plastik arasındaki karışımın iyileştiği ve malzemedeki boşlukların azaldığı görülmektedir.

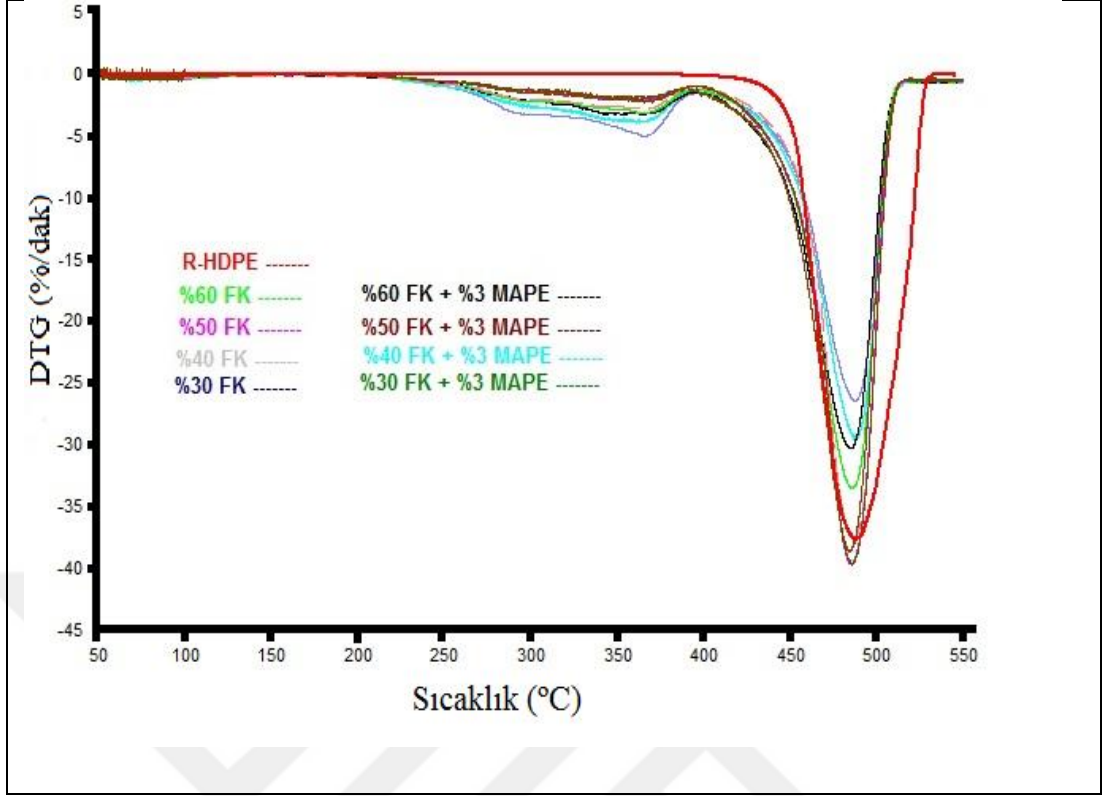
3.3. Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTGA)

Şekil 20 ve 21 'de farklı oranlarda FK ve uyumlaştırıcı ajan kullanılarak üretilen örnekler ile geri dönüştürülmüş Yüksek Yoğunluklu Polietilen (G-YYPE)'e ait TGA ve DTGA analiz grafikleri verilmiştir.



Şekil 20. Örneklerin TGA sonuçları

Yapılan TGA çalışması sonucunda FK dolgu maddesi içeren OPK levhalarının bozulma sıcaklığı G-YYPE'den daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte OPK içerisinde FK dolgu maddesi oranının artmasıyla bu bozunma sıcaklığında düşük oranda bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Yapılan literatür çalışmalarında hemiselülozların 180 °C'de ligninin 200 °C selülozun 210 °C'de bozunmaya başladığı bildirilmiştir (Li ve ark. 2002; Xu ve ark. 2006; Canetti ve ark. 2006). Plastik malzeme içersine odun veya lignoselülozik madde ilavesiyle bozunma sıcaklığının daha düşük seviyelerde meydana geldiği bildirilmiştir. Lignoselülozik malzemenin yüksek sıcaklıkta bozunmaya başlamasıyla serbest radikaller oluşmakta ve bu nedenle bozunma hızlanmakta ve plastik malzemenin daha düşük sıcaklıklarda bozunmasına neden olmaktadır (Tufan, 2013; Çavdar 2011).



Şekil 21. TGA eğrisinin türevi (DTGA)

Çalışmada elde edilen veriler bu noktada literatürdeki verilerle örtüşmektedir. Elde edilen DTGA grafiklerinden OPK malzemede en yüksek bozunma sıcaklığı 450-500 °C civarında olduğu belirtilmiştir. Bu sıcaklık noktasında G-YYPE'nin bozunduğu bildirilmiştir (Yang ve ark., 2005; Mengelolu ve Kabakci, 2008; Kaboorani, 2010).

3.4 Mantar Test Sonuçları

3.4.1. *Trametes Versicolor* Mantarına Ait Ağırlık Kayıpları

Üretilen OPK levhalarına da *Trametes versicolor* mantarının oluşturduğu Ağırlık kayıplarına ait ÇVA sonuçları Tablo 17 'de verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının ağırlık kaybı üzerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 17. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının *trametes versicolor* mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem düzeyi
FK (A)	23.97	3	7.99	16.54	,000
Uyumlaştırıcı Ajan	176.56	1	176.56	365.57	,000
A*B (İnteraksiyon)	3,85	3	1.28	2.66	,061 ^{ÖD}
Hata	19.319	40	,483		
Toplam	1001.33	48			

P<0,05., ÖD: Önemli Değil.

Trametes versicolor mantarının OPK'lar da neden olduğu ağırlık değerleri Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının *trametes versicolor* mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı değerleri.

Grup İsmi	FK Unu %	Uyumlaştırıcı Ajan (MAPE)	Beyaz Çürüklük (% Kayıp)
A	30	0	1,57 ab (0,60)
B	30	3	1,04 a (0,38)
C	40	0	3,51 c (0,47)
D	40	3	2,31 b (0,52)
E	50	0	5,25 d (0,74)
F	50	3	5,55 d (1,20)
G	60	0	6,50 e (0,50)
H	60	3	6,46 e (0,80)
Kontrol	-	0	38,69 f (3,65)

Not: Parantez içerisindeki değerler standart sapayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre (P<0.05) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Ağırlık kayıp test değerleri 7 numune üzerinden elde edilmiştir.

Tablo 18'de görüldüğü gibi yapılan testler sonucunda en yüksek ağırlık kaybı değeri kontrol örneklerinde %38.69 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değer kullanılan

mantar türünün aktif olarak faaliyette olduğunu dolayısı ile test ortamının uygunluğunu göstermektedir.

OPK levhalarında belirlenen en düşük ağırlık kaybı %1.04 ile %30 FK+3 uyumlaştırıcı ajan (Grup kodu B) kullanılarak üretilen örneklerden elde edilmiştir. En yüksek ağırlık kaybı %6.50 olarak %60 FK (Grup kodu H) kullanılarak üretilen örneklerden elde edilmiştir.

Genel olarak tüm OPK gruplarında ağırlık kayıpları kontrol (Sarıçam) gruplarına göre çok düşük seviyededir. FK dolgu maddesi oranının artmasına bağlı olarak ağırlık kayıpları da paralel olarak artmıştır. Levha içerisinde bulunan lignoselülozik dolgu maddesi oranı artması ile ağırlık kayıpları doğru orantılı olduğu bilinmektedir (Tufan, 2013; Mankowski ve Morrell, 2000).

Ayrıca uyumlaştırıcı ajan kullanılan levha gruplarında nem içeriği azaldığı için; ağırlık kayıplarında da azalmalar meydana geldiği görülmektedir. MAPE'nin enkapsülasyonu iyileştirdiği için nem oranında azalmalar meydana geldiği düşünülmektedir (Chowdhury ve Wolcott, 2007).

3.4.1. *Postia Placenta* Mantarına Ait Ağırlık Kayıpları

Tablo 19. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının *postia placenta* mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait ÇVA sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem düzeyi
FK (A)	35.19	3	11.733	24.760	,000
Uyumlaştırıcı Ajan	507.45	1	507.45	1070.88	,00
A*B (İnteraksiyon)	2.104	3	,701	1.480	,234 ^{ÖD}
Hata	18.95	40	,474		
Toplam	1708.26	48			

P<0,05., ÖD: Önemli Değil.

Üretilen OPK levhalarına da *Postia placenta* mantarının oluşturduğu Ağırlık kayıplarına ait ÇVA sonuçları Tablo 19 'da verilmiştir. ÇVA sonuçlarına göre OPK üretiminde FK dolgu maddesi (A), uyumlaştırıcı ajan (B) kullanımının ağırlık kaybı

üzerine etkisi yüksek güven düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Fakat A*B etkileşimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Postia Placenta mantarının OPK'lar da neden olduğu ağırlık değerleri Tablo 20. de verilmiştir.

Tablo 20. FK dolgu maddesi ve uyumlaştırıcı ajan kullanımının *postia placenta* mantarının meydana getirdiği ağırlık kaybı değerleri.

Grup İsmi	Odun Unu %	Uyumlaştırıcı Ajan (MAPE)	Esmer Çürüklük (% Kayıp)
A	30	0	1,07 ab (0,59)
B	30	3	0,81 a (0,35)
C	40	0	2,95 c (1,08)
D	40	3	1,70 b (0,57)
E	50	0	6,90 d (0,74)
F	50	3	7,71 e (0,62)
G	60	0	9,42 f (0,80)
H	60	3	8,50 e (0,50)
Kontrol	-	0	47,16 g (3,94)

Not: Parantez içerisindeki değerler standart sapayı göstermektedir. Aynı sütundaki harfler Duncan testine göre ($P<0,05$) farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Ağırlık kayıp test değerleri 7 numune üzerinden elde edilmiştir.

Tablo 20'de görüldüğü gibi yapılan testler sonucunda en yüksek ağırlık kaybı değeri kontrol örneklerinde %47.16 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değer kullanılan mantar türünün aktif olarak faaliyette olduğunu dolayısı ile test ortamının uygunluğunu göstermektedir.

Tablo 20'de görüldüğü gibi yapılan testler sonucunda OPK levhalarında en düşük ağırlık kaybı % 0.81 ile %30 FK+3 uyumlaştırıcı ajan (Grup kodu B) kullanılarak üretilen örneklerden elde edilmiştir. En yüksek ağırlık kaybı % 8.50 olarak %60 FK (Grup kodu H) kullanılarak üretilen örneklerden elde edilmiştir.

Rutubet, çürüklük yapan mantarların gelişmesi için önemli faktörlerden biridir. Çürüklük yapan mantarların gelişmesi için minimum rutubet miktarı lignoselülozik materyal için %20 olarak kabul edilmektedir (Bozkurt ve ark., 1993). Hidrofobik olan plastikler mantarları gelişmesi için uygun değildir. Ancak hidrofilik yapıdaki lignoselülozik içerikli OPK'lar rutubet ve besi için uygun ortam özelliği taşıyabilmektedirler (Morris ve Cooper, 1998; Kylosov, 2007). Verhey ve ark. (2001) yaptığı çalışmada %50 ve üzeri lignoselülozik dolgu maddesi içeren OPK'ın beyaz çürüklük ve esmer çürüklük mantarları tarafından bozundurulabileceği rapor etmiştir. Fakat OPK levhalarının içerisinde bulunan plastik sayesinde masif ağaç malzemeye göre mantar zararlılarına karşı daha dayanıklıdır (Kamdem ve ark., 2004).

Malzemede mantar çürüklük testi sonucu göre ağırlık kaybı esas alınarak farklı dayanıklılık sınıfları bulunmaktadır. CEN/TS 15083-1 Standardına göre çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı %5'ten az olursa çok dayanıklı, %5-10 arasında ise dayanıklı, %10-15 arasında ise kısmen dayanıklı, %15-30 arasında ise az dayanıklı ve %30'un üzerinde ağırlık kaybı oluşuyorsa dayanıksız malzeme olarak belirtilmiştir (Podgorski ve ark., 2008; Pollet ve ark., 2008; Acker ve ark., 2010).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geri dönüştürülmüş Yüksek Yoğunluklu Polietilen ve dolgu maddesi olarak Giresun ilinde bol miktarda bulunan fındık kabuğu kullanılarak odun plastik kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim esnasında bazı grupları uyumlaştırıcı ajan (MAPE) ilave edilmiştir. Öncelikli olarak kullanılan dolgu maddesinin kimyasal içeriği tespit edilmiştir. Yapılan testler sonucunda lignin oranı %45,05, holoselüloz oranı %46,31, α -selüloz oranı % 27,33 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan mekanik testler sonucunda direnç değerlerinin (Çekme, eğilme ve darbe direnci) OPK içerisinde dolgu maddesi oranı artmasıyla olumsuz etkilenmiştir. Bununla birlikte MAPE kullanımı ile çekme ve eğilme direnci değerlerinde, darbe direncinin aksine iyileşmeler gözlenmiştir. Üretilen tüm levhaların eğilme direnci değerleri ASTM D 6662 tarafından belirlenen plastik yer döşemeleri değerlerinin en az 6.9 MPa ve eğilmede elastikiyet modülü değeri ise en az 340 MPa olması istenmektedir. Üretilen tüm levhaların ASTM D 6662 standardında istenen değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Eğilmede elastikiyet ve çekmede elastikiyet modülü değerleri, direnç özelliklerin aksine levha içerisinde FK oranı artmasıyla artmıştır. Bununla birlikte levha içerisine MAPE ilavesiyle bu değerlerin artışı gözlemlenmiştir.

TGA analizleri sonucunda OPK içerisine dolgu maddesi olarak fındık kabuğu ilave edilmesi durumunda levhanın bozunma sıcaklığının geri dönüştürülmüş yüksek yoğunluklu polietilene göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Dolgu maddesi içeren OPK'ların başlangıç bozunma sıcaklığı 190-210 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu değer geri dönüştürülmüş yüksek yoğunluklu polietilen için 480 °C olduğu belirlenmiştir.

Mantar testleri sonucunun üretilen levhalardan en yüksek ağırlık kaybı beyaz çürüklük mantarı için % 6.50 ve esmer çürüklük mantarı için % 9.42 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler malzeme içerisinde dolgu maddesini oranının azalmasıyla düşmüştür. Odun ve odun esaslı ürünler için yaygın olarak kullanılan CEN/TS 15083-1(2005) standardına göre oluşturulan dayanıklılık sınıflarında %5-10 arasındaki ağırlık kaybı dayanıklı olarak ifade edilmektedir. Tez çalışması

kapsamında üretilen tüm OPK levha gruplarındaki ağırlık kaybı değeri %10'u geçmemiştir. Dolayısıyla üretilen tüm OPK levhaları standarda göre dayanıklı sınıfta yer almaktadır.

Yukarıda belirtilen sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler sıralanabilir.

Her yıl meydana gelen 250-300 bin ton civarında fındık kabuğu OPK üretiminde kullanılabilir. Özellikle son zamanlarda enerji, hava kirliliği, çevresel faktörler gibi unsurlar dikkate alındığında doğal kaynakların ve atıkların etkin bir şekilde kullanımı zorunlu hale geldiği düşünülürse her yıl önemli miktarda meydana gelen ve atıl halde bekleyen fındık kabuklarını OPK üretiminde kullanılması ile alternatif bir geri dönüşüm sağlanabilir.

Son zamanlarda ormanlar üzerindeki baskıyı azaltmak için atık lignoselülozik materyallerin (tarımsal atıklar, yıllık bitkiler ve orman endüstri atıkları) kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte ülkemiz orman alanlarının %46'sının verimsiz olduğu düşünüldüğünde fındık kabuğunun Odun plastik kompozitleri gibi endüstriyel uygulamalarda kullanılması ormanlar üzerindeki baskıyı azaltabilir.

Fındık kabuğunu endüstriyel uygulamalarda kullanılması ile birlikte yörede bulunan çiftçilere ek gelir sağlanabilir.

Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda çalışma kapsamında elde edilecek veriler göz önünde bulundurularak dolgu maddesi olarak fındık kabuğu kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin dış ortam performansları belirlenebilir.

EKLER

Ek Tablo 1. Tez çalışması kapsamında kullanılan OPK'ların mekanik test değerleri.

Grup İsmi	Direnç (MPa)			Elastikiyet Modülü (GPa)	
	Çekme	Eğilme	Darbe	Çekme	Eğilme
FK 30	20,98	25,70	41,50	986	902
	20,96	30,00	45,00	1020	1090
	20,67	25,30	44,10	1031	1010
	21,40	29,20	44,70	1030	1310
	21,00	29,70	43,80	1134	1320
	21,60	27,90	43,80	992	1190
	20,55	24,90	43,80	1038	497
FK 40	17,92	28,80	34,30	1133	1465
	16,62	24,30	40,00	1053	1165
	18,60	23,60	37,60	1234	1135
	17,67	22,40	34,70	1107	1295
	17,61	26,60	36,60	1114	1005
	18,25	21,40	36,60	1002	1205
	17,77	25,70	36,60	1077	1475
FK 50	13,62	21,10	26,80	1318	1420
	15,01	21,80	30,00	1415	1600
	15,53	22,70	34,30	1520	1490
	13,51	19,40	27,30	1434	1500
	14,84	22,90	29,60	1043	1690
	16,36	14,90	29,60	1520	1550
	15,04	16,40	29,60	1391	1440
FK 60	12,71	12,30	29,90	1713	1960
	11,85	15,60	30,70	1732	1770
	8,91	15,70	31,20	16,29	1490
	11,00	19,60	28,90	1715	1890
	11,54	17,20	30,10	1673	1950
	11,81	14,70	30,10	1733	1470
	12,11	17,00	30,10	1752	1450
FK 30+3	27,10	29,80	32,80	1290	1365
	26,10	30,30	41,30	1288	1465
	26,40	30,70	38,30	1152	1535
	26,80	32,20	33,70	905	1585
	26,30	29,80	36,50	1315	1105
	25,90	32,00	36,50	1353	1295
	24,60	30,60	36,50	1219	1335

Ek Tablo 1 (devam).

Grup ismi	Direnç (MPa)			Elastikiyet Modülü (GPa)	
	Çekme (MPa)	Eğilme (MPa)	Darbe (J/m)	Çekme	Eğilme
FK 40+3	24,20	27,20	28,80	1383	1528
	22,30	27,40	26,60	1382	1640
	23,50	28,70	24,50	1434	1810
	22,90	28,20	26,90	1337	1620
	21,40	27,20	26,70	1357	1720
	24,00	27,60	26,70	1302	1240
	23,30	26,70	26,70	1346	1750
FK 50+3	18,50	24,20	22,80	1353	1620
	18,20	21,10	22,10	1623	1690
	17,77	23,40	22,60	1681	2020
	17,29	21,50	22,80	1627	1890
	16,36	21,90	22,50	1560	1860
	16,85	24,10	22,50	1723	1790
	17,60	28,00	22,50	1615	1960
FK 60+3	13,27	23,00	19,20	1930	1972
	14,46	22,00	22,80	1904	2040
	14,95	24,70	20,20	1921	2400
	12,53	16,80	20,80	2010	2330
	12,46	21,50	20,70	1907	1880
	13,12	16,30	20,70	1898	2200
	13,30	18,10	20,70	1958	2010
G-YYPE	22,56	27,82	259,21	375,24	1041
	22,37	26,82	282,64	382,10	1152
	22,2	36,6	196,19	386,40	1730
	21,88	30,81	244,49	444,15	1402
	21,14	30,59	268,01	402,59	1423
	21,24	30,44	245,99	398,5	1373
	21,04	33,11	243,56	419,38	1390
	21,73	33,49	275,25	398,69	1297
	22,08	33,68	288,97	381,25	1305
	20,98	30,91		410,17	1286

Ek Tablo 2. Tez çalışması kapsamında kullanılan OPK'larda mantarların meydana getirdiği ağırlık kaybı (%) değerlerine ait veriler.

Grup ismi	Trametes Versicolor	Postia Placenta	Grup ismi	Trametes Versicolor	Postia Placenta
FK 30	1,99	0,16	FK 30+3	1,14	0,84
	1,98	2,03		0,99	0,17
	0,50	1,07		0,89	1,18
	1,43	1,07		1,72	1,07
	2,09	1,02		0,95	0,81
	1,42	1,07		0,56	0,80
FK 40	4,20	2,61	FK 40+3	1,88	2,12
	3,62	1,48		1,69	2,29
	3,42	3,68		1,98	1,03
	3,29	4,60		2,87	2,14
	2,80	2,95		2,76	1,04
	3,71	2,37		2,69	1,56
FK 50	5,06	6,71	FK 50+3	5,45	7,44
	4,37	6,02		4,51	7,50
	6,07	7,7		7,90	8,89
	4,47	6,12		5,25	7,24
	5,99	7,64		5,32	7,31
	5,55	7,20		4,90	7,89
FK60	6,74	8,17	FK60+3	5,21	8,74
	5,97	9,74		6,78	7,97
	6,63	9,08		6,12	8,63
	5,83	9,49		6,53	7,83
	7,15	10,60		7,64	9,15
	6,70	9,45		6,49	8,70
Kontrol	40,07	41,92			
	35,05	43,35			
	38,80	49,17			
	44,33	51,17			
	39,53	46,35			
	34,35	51,03			

KAYNAKLAR

- Acker, J.V., Bulcke, J.D.V., Boever, L.D., 2010. The Biological Durability Approach for Wood Product Performance and Mechanical Properties of Wood Flour-Filled Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 116, 2714-2722.
- Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşcıoğlu, C., Peker, H., 2013. Fındık Kabuğu Polipropilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. *Artvin Çoruh Üniversitesi Dergisi Cilt 14 (1) 50-56*, Nisan 2013.
- Ahankari, S.S., Mohanty, A.K. ve Misra, M., 2011. Mechanical Behaviour of Agro-residue Reinforced Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate), (PHBV) Green Composites: A Comparison with Traditional Polypropylene Composites, *Composites Science and Technology*, 71 (5) 653-657.
- Ahmed N., Khan J. H., 2002, "Effect of Recycling of Thermoplastics: Evaluation of the Properties of Mixture of Recycled High-Density Polyethylene" The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM, Dhahran, 2- 359.
- Altuntop, E., Bozlu, H., Karabiyik, E. 2014. Eysel Atıkların Ekonomiye Kazandırılması. Çukurova Kalkınma Ajansı, TR62 (Adana, Mersin) Bölgesi.
- Anonim-1a, 1992. Tappi T-257 cm-85: Sampling and Preparing Wood for Analysis, *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia, Vol 1.
- Anonim-1b, 1992. Tappi T-207 om-88: Water Solubility of Wood and Pulp, *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia, Vol 1.
- Anonim-1c, 1992. Tappi T-204 om-88: Solvent Extractives of Wood and Pulp, *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia, Vol 1.
- Anonim-1d, 1992. Tappi T-212 om-88: One percent Sodium Hydroxide Solubility of Wood and Pulp, *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia, Vol 1.
- Anonim-2, 1999, Tappi T-203 cm-99: Alpha-, Beta- and Gamma-Cellulose in Pulp, *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia.
- Anonim-1e, 1992. Tappi T-211 om- 85: Ash in Wood and Pulp. , *TAPPI Test Methods*, Tappi Press, Atlanta Georgia, Vol 1.
- Arıcasoy, O. (2006). İTO Kompozit Sektör Raporu Aralık 2006, Ankara.
- ASTM D 1037, 1996. Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- ASTM D 790, 2004. Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA.
- ASTM D 638, 2004. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 6662, 2001. Standart Specification for Polyolefin-Based Plastic Lumber Decking Boards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 256, 2002. Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Aslan, M. 2008. Odun Plastik Kompozitlerinde Geri Dönüşüm ve Atık Malzeme Kullanımı. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Kongresi, Düzce, 63-69.
- Avcı, E. 2012. Ahşap Plastik Kompozitlerin Kullanım Performansları Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı. Doktora Tezi, İstanbul.
- Avrupa Komisyonu, “Tıbbi Cihazlara ilişkin Düzenlemelerin (93/42/EEC) Doğal Kauçuk Lateks İçeren Tıbbi Cihazlar Bağlamındaki Etkileri: İmalatçılar ve Onaylı Kuruluşlar için Rehber” , Şubat 2004.
- Ay, İ., Demircioğlu, T.K. 2008. Plastik Malzemeler, Makina Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi.
- Aydın, H. 2004. PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri. Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya bölümü, Bitirme Tezi, Eskişehir.
- Balaban, M., 2002, NaClO₂ Delignifikasyonunda Sıcaklık Değişimlerinin Etkisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 52, Sayı:2, 39-50.
- Beyatlı, Y. 1996. Biyoteknoloji ve Biyoprotein Üretimi. Kükem Derneği Bilimsel Yayınları, Ankara, 54-59.
- Bledzki, A.K., Letman, M., Vıksne, A., Rence, L. 2004. A Comparison of Compounding Processes and Wood Type for Wood Fibre- PP Composites. Composites Part A, 36: 789-797.
- Bilici, İ. 2012. Atık Plastiklerden Kompozit Malzeme Üretimi ve Karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Ankara.
- Biron, M. 2007. Thermoplastics and Thermoplastic Composites: Technical Information for Plastics Users, Publisher: Elsevier Science Ltd, 944.
- Bodur, M. S. 2010. Geri Dönüşüm İşleminin Tekstil Atığı Takviyeli Polimer Matrisli Karma Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. İstanbul Teknik

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré P. ve Cloutier, A., 2009. Effects of Fiber Characteristics on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites, *Composites: Part A*, 40, 1975–1981.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını. İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin N. Emprenye Tekniği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No 3779, O:F: Yayın 379. 448. İstanbul. 448.
- Broutman, L. J., Krock, R. H., 1967, *Modern Composite Materials*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts,.
- Browning, B.L. 1967. *Methods Of Wood Chemistry* Interscience Publishers., Division Of John Wileyand Sons New York, London, Sydney.
- Çavdar, AD., 2011. Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi. Trabzon.
- Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. ve Mirbagheri Y., 2010. Mechanical and Physical Properties of Wood-plastic Composite Panels, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 310–319.
- Can, C., 2008. Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Termoplastik Malzemelerin Modelleme ve Analizleri. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Cannetti, M., Bertini, F., Chrico AD., Audisio G. 2006. Thermal Degradation Behavior of İso-tactic Polypropylene Blended With Lignin. *Polymer Degrad Stabil.* 91, 494-498.
- Clemons, C., 2002. Wood–plastic Composites in the United States: The Interfacing of Two Industries, *Forest Products Journal*, 52, 6, 10–18.
- Chowdhury, M.J.A., Wolcott, M.P. 2007. Compatibilizer Selection to Improve Mechanical and Moisture Properties of extruded Wood-HDPE Composites. *Forest product journal*, 57 (9) 46-53.
- Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M., Taşcıoğlu, C. 2007. Some Chemical Properties of Hazelnut Husk and Its Suitability for Particleboard Production. *Building and Environment* 42, 2568-2572.
- Cui, Y.H., Tao, J., Noruziaan, B., Cheung M. ve Lee, S., 2010. DSC Analysis and Mechanical Properties of Wood–Plastic Composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 2, 278-289.

- Demirbaş, A. 2002. Fuel Characteristics of Olive Husk and Walnut, Hazelnut, Sunflower, and Almond Shells. *Energy Sources*, 24:3, 215-221.
- Demirci, B., Aygören, E., Aksoy, İ. S., Çetinkaya, M., İşler, R., Özadam, R., 2006. Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Plastik Ürünler Çalışma Grubu Raporu. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Ankara.
- Deniz İ., Yaylı, N., Kırıcı, H., Tutuş, A., Özberk, İ., Polat, T., Kolaylı, H., Şahin, H.İ. 2009. Şanlıurfa Bölgesi'ndeki Ekim Saplarının Kağıt Özelliklerine Yetiştirme Ortamının Etkisi. Tübitak 1001 Projesi Ankara, 179.
- Drouglas, R. C., 2001. Structural Properties of Recycled Plastic/Sawdust Lumber Decking Planks, *Resources, Conserve and Recycling*, 31, 3, 241–251. Dvira, H., Gottlieb, M., Darenb, S. ve Tartakoskyb, E.. 2003.
- EN-113. (1996). Wood Preservatives- Determination of Toxic Values of Wood Preservatives Against Wood Destroying Basidiomycetes Cultured on Agar Medium. European Committee for Standardisation (CEN), Brussels, Belgium.
- EN 317, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Wood Swelling in Thickness After Immersion in Water, CEN, Brussels, Belgium.
- FAO, 2013. Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of The United Nations) www.fao.org.
- Felix, G., Regenass, M., Boller, T. 1993. Specific Perception of Subnanomolar Concentration of Chitin Fragments by Tomato Cells; Induction of Extracellular Alkalinization, Changes in Protein Phosphorylation and establishment of a Refractory State. *J.*, 4, 307-316.
- Fried, J.R. 1995. Introduction to Polymer Science in *Polymer Science and Technology*. Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, New Jersey. 1-18.
- Gönültaş, O. 2008. Fıstık Çamı (Pinus Pinea) Kozalak, Odun ve İbrelere Kimyasal Karakterizasyonu. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güler, C., Şen ,S. 2013. The Utilization of Hazelnut Shell (Coryllus Avellena L.) Residues as Compressed Combustible *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi* 9 (2) 111-116.
- Hill, M.K., 2010. Understanding Environmental Pollution. Third Edition Cambridge University Press, New York 534.
- Hüner, Ü. 2008. Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

- IN-Depth Report, 2011. Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts. Science for Environment Policy, DG Environment News Alert Service, Environment.
- İAOSB, 2012. İAOSB’de Plastik ve Kauçuk Sektörleri Mercek Altına Alındı. Proje ve İş Geliştirme Birimi İAOSB Haber Dergisi Mayıs Sayısı. İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi, İzmir.
- İSO, 2012. Plastik ve Kauçuk Ürünleri İmalat Sanayi, Avrupa Birliği’ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası (İSO) Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi. İstanbul.
- Kamdem D.P., Jang, H., Cui, W., Freed, J., Matuana L.M., 2004. Properties of Wood Plastic Composites Made of Recycled HDPE and Wood Flour From CCA-treated Wood Removed From Service. Composites: Part A 35, 347-355.
- Kaboorani, A., 2010. Effect of Formulation Design on Thermal Properties of Wood/Thermoplastic Composites. Journal of Composite Materials. 44,2205-2215.
- Karakuş, K. 2008. Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen Atıkların Polimer kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Keskin, Z.S. 2012. Fındık ve Fındık Ürünlerinde Doğal Olarak Oluşan Mikoflora ile Aflatoksin Oluşumlarının Araştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Killough, M. J. 1995, The Plastics Side of the Equation, Woodfiber - Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber And Polymer for Composites, May 1-3, Madison USA, 7-15.
- Koçak, M., Abalı, B.E., 2006. Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Korucu, T., Mengeloğlu, F. 2007. Potentials of Agricultural Residues as Raw Materials and Their Alternative Usage Possibilities in Turkey. 24th National Agricultural Mechanization Congress, Kahramanmaraş, 297- 307.
- Kord, B., 2011. Investigation of reinforcing filler loading in the mechanical properties of Wood Plastic Polymer Composites. World Applied Sciences Journal. 13 (1), 171-174.
- Küçük, C.T., 2012. Avrupa Birliği’ne Uyum Sürecinde Sektör Rehberleri Plastik ve Kauçuk Ürünleri Sanayii. İstanbul Sanayi Odası.
- Kylosov, A. A. 2007. Wood Plastic Composites. John Wiley&Sons, Inc.NJ USA,698.

- Li, J.Z., Li, B., Zhang X., 2002. Comparative Studies of Thermal Degradation Between Larch Lignin and Manchurian Ash lignin. *Polymer Degrad Stabil.* 78, 179-285.
- Lu, J.Z., Wu, Q. ve McNabb, H.S., 2000. Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composites: A Review of Coupling Agents and Treatments, *Wood Fiber Science*, 32, 1, 88-104.
- Maloney, T.M. 1996. The family of wood composite materials. *The Forest Products Journal*, 46: 19–26.
- Mankowski, M., Morrell, J.J., 2000. Patterns of Fungal Attack in Wood*Plastic Composites Following Exposure in a Soil Block Test. *Wood and Fiber Science*. 32 (39) 340-345.
- Matuana, L.M., Heiden, M.H., 2004. Wood Composites, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 12:521-546.
- Matuana, L.M., Balatinecz, J.J., 1998. Effect of Surface Properties on the Adhesion Between PVC and Wood Veneer Laminates, *Polymer Engineering Science*, 38, 5, 765-773.
- MEGEP, 2006. Plastik Teknolojisi Termoset Plastiklerle Üretim-1. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Mengeloğlu, F. 2006. Wood/Thermoplastic Composites. I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi. TBMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir, 471-480.
- Mengeloğlu, F., Alma, M.H. 2002. Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2) 37-48.
- Mengeloğlu, F., Karakuş, K. 2008, Polymer-Composites from Recycled High Density Polyethylene and Waste Lignocellulosic Materials, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (2); 211-217.
- Mengeloğlu, F. ve Kabakci, A., 2008. Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Eucalyptus Wood Residue Filled High Density Polyethylene Composites. *International Journal of Molecular Science*. 9, 107-109.
- Mishra, S. ve Sain, M., 2009. Commercialization of Wheat Straw as Reinforcing Filler for Commodity Thermoplastics, *Journal of Natural Fibers*, 6,1 , 83-97.
- Mishra, S. ve Naik, J.B., 2005. Mechanical Properties of Wood Polymer Composites Prepared from Agro-Waste and HDPE, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 44, 511–522.

- Mohanty, A. K., Misra, M. ve Hinrichsen, G., 2000. Biofibers, Biodegradable Polymers and Biocomposites: An Overview, *Macromolecular Materials and Engineering*, 276, 277, 1-24.
- Morris, P.L., Cooper P.A., 1998. Recycled Plastic/Wood Composite Lumber Attacked bu Fungi. *Forest Product Journal*. 48 (1) 86-88.
- Oksman, K. ve Lindberg, H., 1998. Influence of Thermoplastic Elastomers on Adhesion in Polyethylene-Wood Flour Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 68,1845–1855.
- Özenç, N., 2004. Fındık Zurufu ve Diğer Organik Materyallerin Fındık Tarımı Yapılan Toprakların Özellikleri ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Özçelik, E., Pekşen, A. 2007. Hazelnut Husk as A Substrate for The Cultivation of Shiitake Mushroom (*Lentinula Edodes*). *Bioresource Technology* 98, 2652-2658.
- Öztürk, M. 2005. Daha İyi Bir Çevre İçin Plastikleri Geri Kazanım. Çevre ve Orman Bakanlığı, İstanbul, 1-26.
- Öztürk, O. 2005. Geri Dönüştürülmüş Polietilenin ve Polipropilenin Tekrar Kullanılabilirliğinin Çekme Deneyleri İle İrdelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Panthapulakkal, S. ve Sain, M., 2007. Agro-residue Reinforced High-density Polyethylene Composites: Fiber Characterization and Analysis of Composite Properties, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38, 6, 1445-1454.
- Peacock, A. J. 2000. *Handbook of Polyethylene: Structures: Properties, and Applications* Marcel Dekker, Inc. New York, 537.
- Plastics Europe, 2013. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data. *Plastics- The Facts*.
- Podgorski, T., Schmidt, K., Kowalczyk, R., Gulczynska, A., 2008. Microhabitat Selection by Eurasian Lynx and Its Implications for Species Conversation. *Acta Theriol.* 53, 97-110.
- Pollet, C., Jourez, B.; Hebert J., 2008. Naturla Durability of Black Locust (*Robinia Pseudoacacia L.*) Wood Grown in Wollonia. Belgium, *Canada Journal of Forest Research*. 38 (6), 1366-1372.
- Redy, N. ve Yang, Y., 2005. Biofibers from Agricultural Byproducts for Industrial Applications, *Trends in Biotechnology*, 23, 1, 22-27.

- San, P.K., Nee, L.A. ve Meng, H.C., 2008. Physical and Bending Properties of Injection Moulded Wood Plastic Composites Boards, *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3, 5, 13-19.
- Sanadi, A.R., Caufield, D.F., Jacobson R.E., 1997. Agro-fiber Thermoplastic Composites. In: R.M. Rowell, R.A. Young, J.K. Rowell (Eds.). *Proceeding Paper and Composites From Agro- Based Resources*. CRC Lewis Press Boca Raton, Florida, 377-401.
- Sanadi, A.R, Caulfield, D.F, Jacobson, R.E. ve Rowell R.M. 1995. Renewable Agricultural Fibers as Reinforcing Fillers in Plastics: Mechanical Properties of Kenaf Fiber- Polypropylene Composites, *Industrial Engineering Chemistry Research*, 34, 5, 1889- 1896.
- Sanadi, A.R., Rowell, R.M, Young R.A.1993. İnterphase Modification in Lignocellulosic Fiber-Thermoplastic Composites. *Engineering for Sustainable Development: AICHE Summer National Meeting*. 24.
- Saraçoğlu, N. 2008. *Modern Enerji Ormancılığı-Ormanlardan Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Çözümler*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Serin, H., Şahin, Y., Durgun, M. 2013. Küçük Ölçekli Mobilya İşletmelerinde Gürültü Analizi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*. 9 (2) 111-116.
- Sevilmiş, G. 2012. Ege Bölgesi Plastik Sektörü Raporu. *AR&GE Bülten 2012- Mart-Sektöre& Bölgesel*.
- Sıray, E., Özdemir, F., Duyar, Ö., Erol, H., Sayılı, M., Akçay, Y., 2013. Giresun İlinde Fındık Yetiştiren İşletmelerin Ekonomik Analizi, Üretim ve Pazarlama Sorunlarının Belirlenmesi". 11. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Cilt 2- 626-631, Samsun.
- Süinanç Ö.F.,2007 *Odun Plastik Kompozitlerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Yerleri Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şahin, Y. 2000. *Kompozit Malzemelere Giriş*, Gazi Kitapevi, Ankara, 91-134.
- Şimşek, A., Aslantaş, R. 1999. Fındığın bileşimi ve insan beslenmesi açısından önemi. *Gıda*, 24(3): 209-216.
- TAPPI Test Methods, TAPPI T 211 om-88. 1992-1993 TAPPI Pres, Atlanta, Georgia, 1992.
- Tan, E., Tarakçılar, A. R. ve Yurtseven, R. 2007. 'Plastik Geri Kazanımları ve Plastik Atıklardan Plastik Üretim Teknolojileri.
- TMO, 2015. 2014 Yılı Fındık Sektör Raporu. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara

- Tufan, M., 2013. Servis Ömrünü Tamamlamış Tel Direklerinden Odun Plastik Kompozit Üretimi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- Tufan, M., Güleç, G., Çukur, U., Akbaş, S., İmamoğlu, S. 2015. Atık Bardaklardan Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi 15 (2) 176-182.
- Tufan, M. 2013. Servis Ömrünü Tamamlamış Tel Direklerinden Odun Plastik Kompozit Üretimi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- Ünsal, H.Ö. 2013. Doğu Marmara Bölgesi Plastik-Kauçuk Sektör Raporu. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, Bölge Planı Yayınları Serisi-9 Mayıs.
- Verhey, S.A., Laks, P., Richter D.L., 2001. Laboratory Decay Resistance of Woodfiber/Thermoplastic Composites, Composites and Manufactured Products. Forests Products Journal. 52 (11-12) 78-81.
- Yağan, D. 2013. Ahşap Takviyeli Plastik Kompozit Malzeme Üretiminde Ferromnagan Cürufunun Etkisinin Araştırılması. Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Üretim Metalürjisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S. ve Kim, H.J., 2005. Thermal Properties of Lignocellulosic Filler-Thermoplastic Polymer Bio-Composites, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 82, 157-160.
- Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J. ve Hwang, T.S., 2007. Effect of Compatibilizing Agents on Rice-husk Flour Reinforced Polypropylene Composites, Composite Structures ,77, 45-55.
- Yaşar H., 1992. Plastikler Dünyası , TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 1, Ankara.
- Yetim, A. 2014. Geri Dönüşüm Sektörünün Dünyadaki Genel Görünümü ve Türkiye'deki Durumu. AR&GE Bülten-Sektörel, İzmir Ticaret Odası, 11-16.
- Wise, E.L., Karl, H.L., 1962. Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology, Vol. 1. Pulp, Edited by C. Earl Libby Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Xu, F. Liu, CF., Geng, ZC., Sun, JX, RC., Hei, BH., Lin, L., Wu, SB. Je, J. 2006. Characterization of Degraded Organosolv Hemicelluloses From Wheat Straw. Polymer Degrad Stabil. 91, 1880-1889.
- Zhang, F., Endo, T., Qiu, W., Yang, L. ve Hirotsu, T., 2002. Preparation and Mechanical Properties of Composite of Fibrous Cellulose and Maleated Ppolyethylene, Journal of Applied Polymer Science, 84, 1971-1980.
- URL-1. http://www.bayar.edu.tr/besergil/4_polimerler.pdf.25.01.2016.

URL-2. <http://www.scribd.com/doc/2670117/POLETLEN>. 24.12.2015.

URL-3. <http://www.teknikport.com/wpcontent/upload/2012/04/Plastikgenelbilgi2>
02.03.2016.

URL-4: <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>, 13.01.2016.

URL-5 <http://www.zinisan.com.tr/html/kompozit.pdf> 09.02.2016.

Ward,I.M. ve Hadley, D.W., 1993. Mechanical Properties of Solid Polimers, John Wiley&Sons LTD, Chichester, England.



ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÇUKUR, Uğur
Uyruğu : T.C
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.01.1989, Espiye
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0531 255 63 70
E-posta : ugur.cukur28@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Artvin Çoruh Üniv. O.E.M. Bölümü	16.06.2014

Yayımlar

Tufan, M., Güleç, G., Çukur, U., Akbaş, S., İmamoğlu, S. 2015. Atık Bardaklardan Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi 15 (2) 176-182.

Tufan, M., Yalçın, M., Çukur, U. Şahin, H.İ. 2015. Atık Mantar Kompostu ve Geri Dönüştürülmüş Polipropilen Kullanılarak Üretilen Polimer Kompozitlerin Bazı Özellikleri. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi 11(1) (2015) 64-70.