

Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması

Ertuğrul Altuntaş^{a,*}, Esra Yılmaz^a, Tufan Salan^b

Özet: Bu çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve % 40-70 aralığında değişen oranlarda odun lifi kullanılarak odun plastik kompozit (OPK) malzemeler üretilmiştir. Üretilen bu malzemelerin çekme direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve şok direnci gibi mekanik özelliklerine lif oranının etkisi araştırılmıştır. Ayrıca bağlayıcı ajan etkisinin araştırılması için en düşük ve en yüksek odun katkı oranlarına sahip malzemeye maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) eklenmiştir. Kompozit örnekleri laboratuvar tipi ikiz vidalı ekstrüder kullanılarak üretilmiştir ve sıcak presle kalıplama yöntemi ile test levhaları hazırlanmıştır. Sonuçlar göre bağlayıcı ajan olmayan örnek grupları için genel anlamda kompozit malzeme içeriğindeki odun lifi oranının artması mekanik özelliklerdeki eğilme, çekme ve şok dirençlerini azaltırken elastikiyet modülü değerlerini artırmıştır. Ancak malzeme içeriğine bağlayıcı ajan MAPE eklenmesi mekanik özellikleri önemli ölçüde iyileştirmiş. Özellikle %70 odun lifi ve MAPE içeren kompozit örnekler, bağlayıcı içermeyen tüm örnek gruplarından daha iyi mekanik sonuçlar göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ile yüksek lif oranı ile düşük maliyetli, hafif ve estetik görünüme ve aynı zamanda iyi mekanik özelliklere sahip OPK malzemelerin üretilebileceği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Odun lifi, Odun plastik kompozit, Mekanik özellik

Investigation of the effect of high-fibrous filling material on the mechanical properties of wood plastic composites

Abstract: In this study, wood plastic composite (WPC) materials were produced using high density polyethylene (HDPE) and wood fiber at various ratios ranging from 40% to 70%. The effects of fiber content on mechanical properties such as tensile strength, bending strength, elasticity modulus and shock resistance of these materials were investigated. In addition, maleic anhydride grafted polyethylene (MAPE) was also added to the materials, which had lowest and highest wood fiber additive, to investigate the effect of the binding agent effect. Composite samples were produced via a laboratory type twin screw extruder and test panels were prepared using hot press molding method. According to the results, the bending, tensile and shock resistances generally decreased with the increasing ratio of wood fiber in the composite material content while modulus of elasticity increased for the sample groups without coupling agent. However, the addition of the coupling agent MAPE into the material content significantly improved the mechanical properties. Especially, the addition of MAPE provided better resistance values than all sample groups without MAPE even for the samples containing 70% wood fiber. As a result, with this study, it has been shown that WPC materials with low cost, light weight, aesthetic appearance and good mechanical properties as well could be produced with high fiber ratio.

Keywords: Wood fiber, Wood plastic composite, Mechanical properties

1. Giriş

Odun plastik kompozit (OPK) malzemeler dolgu maddesi olarak kullanılan odun veya diğer lignoselülozik lifler ile takviye edilen termoplastik kompozitler olarak tanımlanır. Termoplastikler ısı ile işlenebilen ve soğutulduklarında tekrar eski şeklini alabilen polimer türleridir (Klyosov, 2007). Günümüzde endüstriyel alanda geniş ölçüde kullanım alanı bulan OPK'ların son zamanlarda popülerliği artmaktadır. Özellikle mekanik özelliklerinin benzeri materyallere göre nispeten yüksek oluşundan dolayı dış mekân uygulamalarında yaygın kullanım alanı bulmuştur. Bu malzemeler yapısında bulunan hidrofobik karakterdeki polimerler sayesinde nemli ortamlara ve nem değişimlerine karşı oldukça dayanıklıdır.

Eğer OPK üretiminde kullanılan hidrofobik yapıdaki lignoselülozik dolgu lifi hidrofobik yapıdaki polimer içerisinde etkin biçimde kapsüle edilirse nihai ürün problem oluşturacak düzeyde çalışma (daralma ve genişleme) sergilemez. Bu nedenle OPK malzemeler yüksek boyutsal kararlılığa sahiptirler (Kaymakçı vd., 2014, Özmen vd., 2014).

Odun dolgu lifi, OPK malzeme üretiminde uygun maliyetli, kolay erişilebilir, kuvvetli ve düşük yoğunluklu olması nedeniyle kullanılmaktadır. OPK üretiminde dolgu maddesi olarak odun lifi nihai ürünün maliyeti büyük ölçüde azaltmakta, uygulama alanında sağlık açısından herhangi bir probleme oluşturmamakta ve ses izolasyonu sağlamaktadır (Taşcıoğlu vd., 2013). OPK üretiminde kullanılan odun lifi polimerik yapı içerisine etkili şekilde kapsüle edilmesi

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilimsel Dalı, Kahramanmaraş

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ertugrualtuntas@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.04.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.09.2017



Citation (Atıf): Altuntaş, E., Yılmaz, E., Salan, T., 2017. Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 18(3): 258-263.

DOI: 10.18182/tjf.308969

halinde biyolojik çürüklüğe karşı oldukça dayanıklı bir hal almaktadır (Markarian, 2005). Odun partikülleri plastik matris içerisindedir hem dolgu maddesi hem de destekleyici olarak görev yapmaktadır. Odun partikülleri destekleyici olarak lif yönünde direnç ve sertliği sağlayıcı fonksiyona bağlı olarak malzemenin çekme ve eğilme direnci özelliklerinin gelişmesini sağlamaktadır. Dolgu maddesi olarak kullanıldığında ise istenilen hacimdeki ürünün eldesinin yanında maliyeti yüksek olan plastik malzemenin daha az kullanılması yönünde fayda sağlamaktadır (Aysal, 2014).

OPK malzemelerde günümüze kadar performansını arttırmak, kötü özelliklerini ortadan kaldırmak, kullanım ömrünü uzatmak ve fiziki dış etmenlere karşı dayanımı arttırmak için birçok çeşitli katkı maddeleri kullanılmıştır. Katkı maddelerin kullanımı OPK'ların özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Başta birleştirici ajan olmak üzere katkı maddeleri genel olarak OPK malzemenin fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkili olmaktadır (Kim ve Pal, 2010). OPK üretiminde lignoselülozik liflerin hidrofilik olması, termoplastiklerin hidrofobik olması lif ve matris arasındaki karışım ve yapışmada zorluklara sebep olmaktadır. Lignoselülozik ile termoplastik maddeler arasındaki etkileşim ve dispersiyonu geliştirmek için farklı tiplerde bağlayıcı maddeler kullanılmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan uyum sağlayıcı madde, maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen/polietilen (MAPP/MAPE)'dir (Felix vd., 1993; Sanadi vd., 1997; Lu vd., 2000; San vd., 2008). MAPE'in içinde mevcut bulunan maleik anhidrit, polar etkileşimleri sağlamanın yanında lignoselülozik lif üzerindeki hidroksil grupları ile kovalent bağ yapabilmektedir. Ayrıca son ürünün mekanik dirençlerini geliştirirken, üretimi de kolaylaştırmaktadır. Hem lif yüzeyine kovalent bağlanmayı sağlamakta, hem de etkileşimi kuvvetlendirmek için geniş moleküler bir ağ meydana getirmektedir (Lu vd., 2005; Li, 2012).

Bu çalışmada odun plastik kompozitlerde yüksek oranda lif dolgu malzemesi ve belirli oranda bağlayıcı MAPE kullanılması mekanik özellikler (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve şok direnci) üzerine etkisi araştırıldı.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada OPK üretimi için lifsel dolgu maddesi olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odun talaşı kullanılmıştır. Odun talaşları Kahramanmaraş Küçük Sanayi sitesi içinde bulunan kereste fabrikasından temin edilmiştir. Odun talaşları açık havada serilerek 2 gün kurutulduktan sonra eleme işlemine tabi tutulmuştur. Eleme işlemleri sarsak elek yardımı yapılmış ve 60 mesh'lik eleğin üzerinde kalan odun lifleri OPK üretimde kullanılmıştır. Kompozitlerin üretilmesinden önce bu lifler etüvde 103±2 °C'de 24 saat kurutulmuş kullanılmıştır.

OPK üretimi için PETKİM Saniyeden granül halinde temin edilen yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak kullanılan MAPE Eastman kimyasal ürünleri firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kompozitlerin üretilmesi

Sarıçam odunları 60 mesh boyutuna elendikten sonra nem içeriğinin tamamen kaldırılması için etüvde bir gün 103±2 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan odunları daha sonra Çizelge 1'deki formülasyonlara göre yüksek yoğunluklu polietilen, polietilen wax ve MAPE ile homojen bir biçimde yüksek devirli bir karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Yapılan çalışmada %3 MAPE en düşük ve en yüksek lif oranı kullanılan kompozit örneklerde kullanılmıştır.

Hazırlanan karışımlar vida dönüş hızı 50 devir/dk ve ana besleyiciden çıkış bölümü arasındaki kovan sıcaklık profili 110-150-170-175-180 °C olacak şekilde Rondol marka çift vidalı ekstrüderden geçirilmiştir. Ekstrüzyon işlemi sonrası üretilen sıcak kompozit lifleri su banyosunda soğutulmuş istenilen ebatlarda otomatik pelletizer makinasında pelet haline getirilmiştir. Elde edilen peletler etüvde kurutulduktan sonra sıcak basınçlı kalıplama tekniği ile Carver marka preste 25 cm x 25 cm x 2 mm ebatlarında levhalara dönüştürülmüştür. Kalıplama işlemi 180 °C pres sıcaklığında 9 bar gösterge basıncı altında 5 dakika sürede gerçekleştirilmiştir. Üretilen levhalar daha sonra kompozit örneklerle uygulanacak olan test tekniğine göre farklı ölçülerde kesilerek boyutlandırılmıştır.

2.2.2. Mekanik testler

Üretilen OPK örneklerinin mekanik özelliklerini belirlemek için ASTM standartlarına uygun olarak eğilme direnci, çekme direnci ve darbe (şok) direnci olmak üzere 3 farklı test yapılmıştır. Bütün testlerde uygun ölçüde kesilen örnekler ASTM D618-13 standardına göre iklimlendirme kabini içinde %65±5 bağıl nem ve 23±2 °C'de 3 gün şartlandırıldıktan sonra kullanılmıştır. Her bir kompozit grubu için eşdeğer 7 örneğin ölçümünün ortalaması alınmıştır. Ölçümler arasındaki standart sapma değerleri grafiklerde hata çabukları şeklinde gösterilmiştir. Eğilme direnci testleri Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi ile uygun test aparatları yardımıyla 2 mm kalınlıkta, 13 mm genişlikte ve 120 mm uzunlukta örnekler kullanılarak yapılmıştır. Kırama hızı 2 mm/dk ve dayanıklar arasındaki açıklık 80 mm olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci testleri ASTM D790-15 standardına göre yapılmıştır.

Çekme direnci testleri Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi ile uygun test aparatları yardımıyla 2 mm kalınlıkta, 13 mm genişlikte ve 165 mm uzunlukta örnekler kullanılarak yapılmıştır. Cihazda çene hareket hızı 5 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri ASTM D638-14 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Kompozit örneklerinin üretimi için hazırlanan karışım formülleri

Örnek Kodu	Odun Lifi (%)	YYPE (%)	MAPE (%)	PE Wax (%)
K40	40	59	0	1
K40M	40	56	3	1
K50	50	49	0	1
K60	60	39	0	1
K70	70	29	0	1
K70M	70	26	3	1

İzod şok (darbe) dayanımı testi için öncelikle 2 mm kalınlıkta, 13 mm genişlikte ve 65 mm uzunlukta örnekler üzerinde Polytest RayRan cihazı ile çentik (0,25 cm) açılmıştır. Daha sonra testler pandüllü şok cihazı (Zwick Roell. HIT5.5P) ile yapılmıştır. Şok testi, ASTM D256-10 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Kompozit örneklerinin mekanik testler sırasında oluşan kırılma bölgelerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri farklı büyütme oranında Zeiss-EVO LS10/Bruker marka cihazda kaydedilmiştir.

2.2.4. İstatistik analiz

Mekanik testleri için SPSS 20.0 istatistik analiz programı kullanıldı. Yapılan One way ANOVA ve $P \leq 0.05$ güven düzeyinde farkların anlamlı bulunması nedeni ile homojenlik gruplarını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır. Örneklerin ortalama değerleri arasındaki önemli farklılıklar belirlenmiştir ve aralarındaki farklar A, B, C ve D gibi harflerle gösterildi.

3. Bulgular ve tartışma

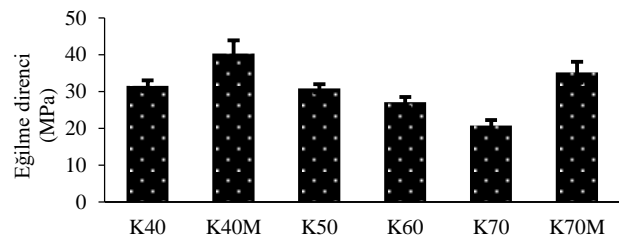
3.1 Mekanik test sonuçları

Çizelge 2’de kompozit örneklerine ait mekanik test sonuçları verilmiştir. Eğilme direnci değerleri incelendiğinde, odun lifi oranı arttıkça eğilme direnci değerlerinde düşüş görülmüştür. Bununla birlikte yapıya bağlayıcı ajan %3 MAPE eklenmesi eğilme direnci değerlerini önemli ölçüde arttırmıştır. Eğilme direnci sonuçları incelendiğinde en yüksek değer %40 odun ile %3 MAPE eklenen kompozit (41,15 MPa) olduğu ve en düşük değer ise sadece %70 odun unu eklenen kompozit (20,75) olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek odun oranına sahip K70M örneğine %3 MAPE eklenmesi ile elde edilen kompozitlerin eğilme direnci, bağlayıcı madde eklenmeyen bütün örneklerden daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Şekil 1’de gösterildiği gibi K40 ve K50 kompozit örneklerin eğilme direnci sonuçları birbirine oldukça yakındır, kompozit malzeme içerikteki odun lifi miktarının artması ile değerlerde önemli ölçüde düşüş meydana getirmiştir. Malzeme içerisinde lignoselülozik maddelerin kullanım oranı arttıkça eğilme direncinde düşme görülür. Hidrofilik yapıdaki lignoselülozik dolgu materyali ve hidrofobik yapıdaki polimer arasındaki zayıf bağlanma, dolgu materyalinin polimerik yapı içerisinde iyi bir şekilde dağılmasını kısıtlamak ve bölgesel toplanmalara sebep

olmaktadır. Bölgesel toplanmalar ise eğilme özelliklerinin homojen bir yapı göstermesini engellemektedir (Chaharmahali vd., 2010).

Şekil 2’de ise kompozit örneklerine ait eğilme elastikiyet modülü değerleri verilmiştir. Eğilme elastikiyet modülü değerlerinde, eğilme direncinin tersine plastik matrisi içerisinde odun lifi oranı arttıkça yükselme gözlenmiştir. Elastikiyet modülü %3 MAPE eklenen örneklerde aynı formüle sahip örneklere göre gözle görülür biçimde artış göstermiştir. Eğilme elastikiyet modülü değerlerinin en yüksek olduğu %70 odun ve %3 MAPE eklenen K70M örnek grubudur ve değeri 3076 MPa’dır. Elde edilen değer diğerlerine göre yaklaşık %50 daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Lignoselülozik dolguların elastikiyet modülü değerleri plastik malzemelerden daha yüksektir. Bu nedenle çekmede elastikiyet modülü formülasyondaki odun lifi oranı arttıkça artış göstermiştir. Bu durum literatürde karışım kuralı ile izah edilmektedir (Bouafif vd., 2009; Zabihzadeh, 2010). Karışım kuralına göre; farklı özellikte hammaddelerden oluşan kompozit malzeme özellikleri kendini oluşturan hammaddelerin özelliklerinin ağırlıklı ortalamasıdır. Elastikiyet modülü, test sırasında levhada oluşan deformasyon hızına bağlıdır. Deformasyon hızı artması elastikiyet modülünün artmasına yol açar. Bu ise polimer zincirindeki gevşeme süresinin azalması ile ilişkilidir. Lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhanın viskoz akış etkisi (akıcılığı) azalır ve buna bağlantılı olarak elastikiyet modülü artar (Ward ve Hardley 1993; Brandt ve Fridley, 2003; Nozari vd., 2013).

Şekil 3’de kompozit örneklerine ait çekme direnci değerleri verilmiştir. Çekme direnci değerleri tüm gruplarda incelendiğinde, genel olarak odun lifi oranı arttıkça çekme direnci değerlerinde önemli ölçüde bir düşüş görülmüştür. Ancak %3 MAPE eklenen örneklerde ise çekme direnci değerlerinde iyileşme görülmüştür. MAPE eklenmiş olan K70M kodlu örnekte odun lifi oranı %70 olmasına rağmen MAPE etkisiyle %40 odun lifi kullanılmış olan K40 kodlu örnekten daha yüksek bir eğilme direnci değeri elde edilmiştir.



Şekil 1. Kompozit örneklerin eğilme direnci değerleri

Çizelge 2. Kompozit örneklerin mekanik test sonuçları

Örnekler	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Şok Testi (J/m ²)
K40	35,84 ^{D*} ±1,7 ^{**}	2030,7 ^{AB} ±142	14,94 ^D ±0,4	701,2 ^B ±32,4	3,88 ^D ±0,2
K40M	42,15 ^E ±1,8	1843,5 ^A ±148	20,32 ^F ±0,5	692,6 ^B ±23,2	3,98 ^D ±0,3
K50	31,28 ^C ±0,8	1959,8 ^{AB} ±75	13,89 ^C ±0,5	791,7 ^D ±29,2	3,34 ^C ±0,1
K60	27,12 ^B ±1,3	2140,7 ^B ±80	12,88 ^B ±0,4	743,1 ^C ±52,2	2,84 ^B ±0,1
K70	20,75 ^A ±1,5	1918,5 ^A ±265	9,43 ^A ±0,2	629,7 ^A ±17,1	2,23 ^A ±0,0
K70M	34,66 ^D ±2,8	3076,8 ^C ±167	18,16 ^E ±0,7	1083,2 ^E ±37,2	2,72 ^B ±0,1

*Ortalama değerleri ve üst simge ile (A, B, C, D) gösterilen $P \leq 0.05$ güven düzeyinde örnekler arasında istatistiksel fark olup olmadığını göstermektedir, **Standart sapma.

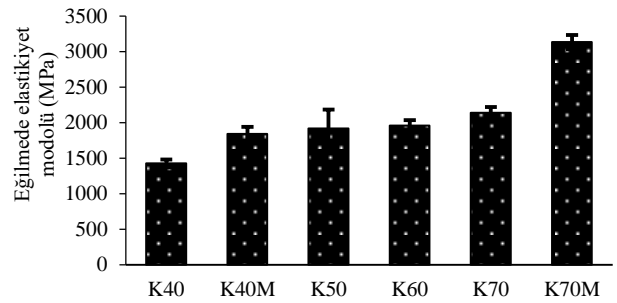
Yapılan araştırmada en yüksek çekme direnci sonucu %40 odun ve %3 MAPE kullanılan K40M kompozit örneği (20,32 MPa) olduğu anlaşılmıştır. Çekme direncinin en düşük olduğu kompozit örneği ise %70 odun kullanılan M70 kompozit örneği (9,43 MPa) olduğu anlaşılmıştır. Lignoselülozik maddelerin kullanımı arttıkça plastik oranı azalır. Bu durum ise eğilme direncinde olduğu gibi çekme direncinde de düşüşe neden olabilir (Chaharmahali vd., 2010). Literatürde çekme direncindeki düşüşün ana nedeninin kullanılan termoplastik matrisi ile lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemleri olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra lignoselülozik materyallerin çekme dirençleri (çoğunlukla 4 ile 12 N/mm² aralığında), saf HDPE çekme direncinden daha düşük olduğu için termoplastik polimer matrisi içerisindeki plastik oranının azalmasına bağlı olarak düşmektedir (Cui vd., 2010; Kord, 2011).

Şekil 4'de ise kompozit örneklerine ait çekmede elastikiyet modülü değerleri verilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde, çekme direncinin tersine plastik matrisi içerisinde odun lifi oranı arttıkça yükselme gözlenmiştir. Şekil 4'den anlaşıldığı üzere %40 odun lifi kullanılan kompozit malzeme içerisine bağlayıcı madde olarak %3 MAPE eklenmesi çekmede elastikiyet modülü değerini çok az etkilerken, odun lifi oranının %70 olduğu K70M kompozit örnekte çekmede elastikiyet modülü değerleri %50'nin üzerinde artış sağladığı anlaşılmıştır. Bu durum yüksek odun lifi katkılarında bağlayıcı ajanın etkisinin önemini vurgulamıştır. Odun plastik kompozitlerle ilgili yapılan bir çalışmada YYPE içerisine farklı oranlarda bağlayıcı ve odun lifi ekleyerek kompozit malzeme üretmişlerdir. Elde edilen kompozit malzemenin eğilme, çekme ve şok direnç özellikleri belirlenerek incelemişlerdir. Bağlayıcı maddenin matris malzeme ve lifler arasında tutunmayı artırdığı saptanmıştır. Böylece odun plastik kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin iyileştiği anlaşılmıştır. Bağlayıcının etkili olması ile daha düşük oranda plastik kullanımı sağlanacağı bunun da maliyeti düşürücü bir etki yapacağı yorumu yapılmıştır (Jeefferie vd., 2011).

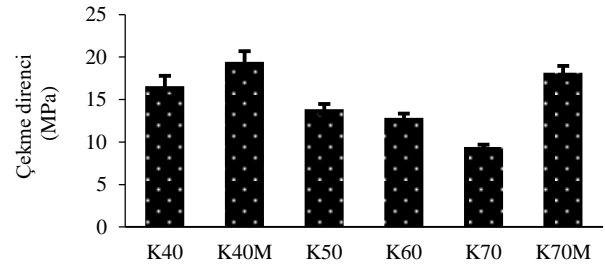
Şekil 5'de kompozit örneklerin şok direnci değerleri verilmiştir. Örneklerin şok direnci değerleri incelendiğinde kompozit içerisinde bulunan lignoselülozik madde miktarı arttıkça şok direnci değerlerinin düştüğü anlaşılmıştır. Ayrıca kompozit malzemeye eklenen %3 MAPE bağlayıcı madde şok direnci değerlerinde meydana gelen düşüşü kısmen azalttığı anlaşılmıştır. Kompozit örneklerin şok direnci dışında diğer mekanik özellikler ile karşılaştırıldığında %70 odun lifi bulunan örneğe %3 MAPE eklenmesi diğer örneklere göre daha düşük gelişme sağlamıştır. Bu durum yüksek lif dolgu maddesi eklenmesinin OPK malzemenin en fazla şok direncini etkilediğini göstermiştir. Lignoselülozik maddenin termoplastik matrisi içerisinde dolgu oranı arttıkça levhayı daha sert ve gevrek hale getirir (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008). Termoplastik oranı azaldıkça ise süneklik azalmakta ve malzeme darbe direnci azalmaktadır. Morreale vd., (2008) odun lifini %15'den %65'e kadar farklı kademelerde ticari bir polimer içerisinde dolgu olarak kullandıkları çalışmalarında, odun lifi miktarı arttıkça levhanın sertliği arttığından darbe direncinin azaldığını rapor etmişlerdir.

3.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analiz görüntüleri

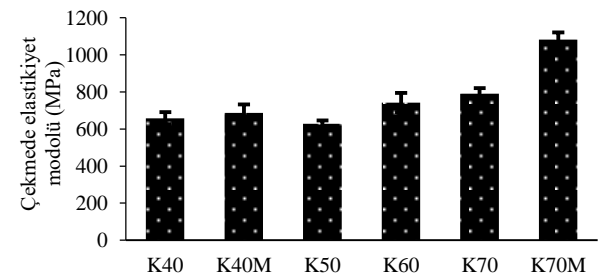
Kompozit örneklerin yapısının ve mekanik testler sırasında yapısındaki meydana gelen değişimlerin incelenmesi için kırılma bölgelerinin SEM görüntüleri alınmış ve görüntüler Şekil 6'da verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde OPK malzeme içeriğinde MAPE kullanımının yapıyı önemli ölçüde etkilediği anlaşılmıştır. Buna göre MAPE kullanılmayan K70 kodlu örneğin görüntülerinden (Şekil 6a, 6c) polimer malzemenin odun lifleri arasında rastgele dağıldığı ve kırılma esnasında liflerin bağımsız bir şekilde saçaklandığı görülmüştür.



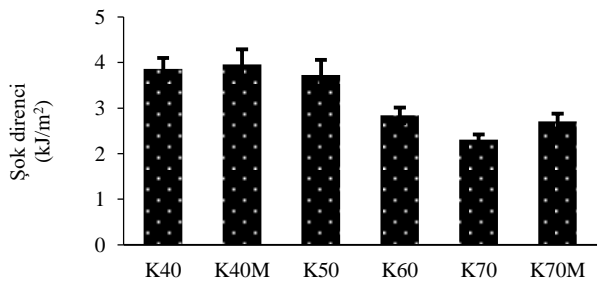
Şekil 2. OPK örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri



Şekil 3. OPK örneklerinin çekme direnci değerleri



Şekil 4. OPK örneklerinin çekmede elastikiyet modülü değerleri

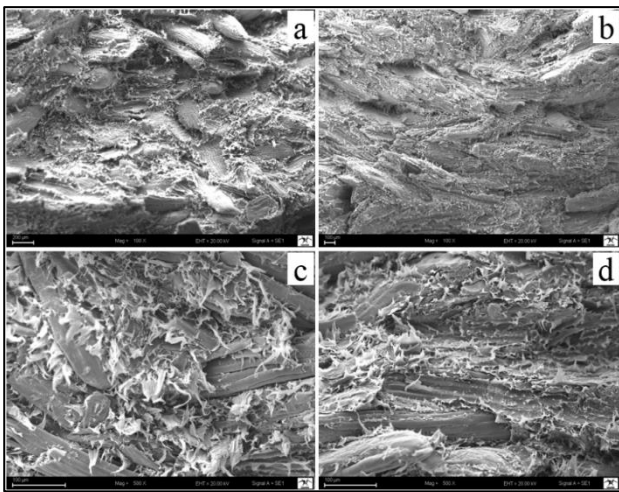


Şekil 5. OPK örneklerinin şok direnci değerleri

Ayrıca odun liflerinin de mekanik testler esnasında açık biçimde koştığı belirlenmiştir (Şekil 6a). Diğer yandan MAPE katkılı K70M kodlu örnekte (Şekil 6b, 6d) ise yapının daha düzgün ve rijit olduğu seçilirken bağlayıcı ajan sayesinde birbirine bağlanan polimer ve odun liflerinin homojen biçimde dağıldığı görülmüştür. Kopma sırasında ise yapının MAPE sayesinde daha sağlam olmasından dolayı polimer saçaklanmalarının daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Odun lifi ve polimerin bir biri içerisinde karışmadığı doğrudan bağ yaptığı net biçimde gözlemlenmiştir (Şekil 6d).

4. Sonuçlar ve öneriler

Çekme direnci değerleri sarıçam odun lifi kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %70 oranında lignoselülozik madde içeren levhalardan elde edilmiştir. Odun lifi kullanım oranının artması ile çekmede elastikiyet modülünün arttığı tespit edilmiştir. Eğilme direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %70 oranında odun lifi kullanılan levhalardan elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde, eğilme direncinin tersine termoplastik matrisi içerisinde odun lifi oranı arttıkça yükselme gözlenmiştir. Darbe (şok) direnci değerleri odun lifi kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %70 oranında odun lifi kullanılan levhalardan elde edilmiştir. Çalışmadan alınan sonuçlara göre yapıya eklenen bağlayıcı ajanının (MAPE) şok direncinde belli miktar olsa dahi diğer direnç özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir. Bu durum örneklerin kırılma bölgelerinden alınan SEM görüntüleri ile de desteklenmiştir. SEM fotoğrafları MAPE kullanımının yapının durumunu büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. Özellikle odun plastik kompozitlerde kullanılan odun lifi malzemenin maliyetini düşürmesinin yanında estetik bir görünümde kazandırarak plastik malzemelerin kullanılmadığı birçok farklı alanda kullanılabilme imkânı sunmaktadır. Ancak mekanik özellikleri düşürmektedir. Bu düşüşü engelleyen ve bağlanmayı artıran yeni bağlayıcı maddeler geliştirilebilir.



Şekil 6. Kompozit örneklerinin kopma bölgelerinin SEM görüntüleri: K70 (a, c), K70M (b, d)

Teşekkür

Bu çalışma için 2015/3-44YLS nolu proje kapsamında destek sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- ASTM Standard D618-13, 2013. Standard practice for conditioning plastics for testing. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM Standard D790-15, 2015. Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM Standard D638-14, 2014. Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM Standard D256-10, 2010. Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Aysal, S., Kartal, S.N., Terzi, E., 2013. Evaluation of relationship between moisture content and biological performance of wood plastic composites. International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October 2013, Artvin, Turkey, s. 888-893.
- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré, P., Cloutier, A., 2009. Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites. Composites, A(40): 1975-1981.
- Brandt, C.W., Fridley, K.J., 2003. Effect of load rate on flexural properties of wood plastic composites. Wood Fiber Science, 46(6): 812-819.
- Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K., Mirbagheri, Y., 2010. Mechanical and physical properties of wood-plastic composite panels. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29: 310-319.
- Cui, Y.H., Tao, J., Noruziaan, B., Cheung, M., Lee, S., 2010. DSC analysis and mechanical properties of wood-plastic composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29(2): 278-289.
- Felix, J.M., Gatenholm, P., Schreiber, H.P., 1993. Controlled interactions in cellulose-polymer composites-I. Effect on mechanical properties. Polymer Composites, 14(6): 449-457.
- Jeefferie, A.R., Yaakob, M.Y., Sihombing, H., 2011. Mechanical properties evaluation for enviro-wood plastic composite made of HDPE-PPB-RWF mixtures. International Journal of Advances in Science and Technology, 3(2): 87-101.
- Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut, T., 2014. Dış cephe kaplamalarına ekolojik bir yaklaşım: ahşap polimer kompozitler. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 3-4 Nisan 2014, İstanbul, s. 1-7.
- Kim, J.K., Pal, K., 2010. Recent Advances in The Processing of Wood-Plastic Composites. Springer, Berlin.
- Kord, B., 2011. Investigation of reinforcing filler loading in the mechanical properties of wood plastic composites. World Applied Sciences Journal, 13(1): 171-174.

- Li, Y., 2012. Effect of coupling agent concentration, fiber content, and size on mechanical properties of wood/HDPE composites. *International Journal of Polymeric Materials*, 61(11): 882-890.
- Lu, J.Z., Wu, Q., 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.
- Lu, J.Z., Wu, Q., Negulescu, I.I., 2005. Wood-fiber/highdensitypolyethylene composites: Coupling agent performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(1): 93-102.
- Markarian, J., 2005. Wood-plastic composites: Current trends in materials and processing. *Plastics, Additives and Compounding*, 7(5): 20-26.
- Mengeloğlu, F., Karakuş, K., 2008. Some properties of eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(6): 537-546.
- Morreale, M., Scaffaro R., Maio, A., La Mantia, F.P., 2008. Effect of adding wood flour to the physical properties of a biodegradable polymer. *Composites*, A(39): 503-513.
- Nozari, O., Madanipour, M., Farsi, M., Tabei, A., 2013. Mechanical properties and water uptake of nanoclay/wood flour/LDPE composites after fiber surface mercerization. *Cellulose Chemistry and Technology*, 47: 295-301.
- Özmen, N., Çetin, N. S., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., Altuntaş, E., 2014. MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 65-71.
- San, P.K., Nee, L.A., Meng, H.C., 2008. Physical and bending properties of injection moulded wood plastic composites boards. *ARPN 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: Rowell, R.M., Young, R.A., Rowell J.K. (Eds.), *Paper and Composites from Agro-Based Resources*, CRC Lewis Press Boca Raton, Florida, pp. 377-401.
- Taşçıoğlu, C., Yoshimura, T., Tsunoda, K., 2013. Biological performance of wood-plastic composites containing zinc borate: Laboratory and 3-year field test results. *Composites*, B(51): 185-190.
- Ward, I.M., Hadley, D.W., 1993. *Mechanical Properties of Solid Polimers*. John Wiley&Sons LTD, Chichester, England.
- Zabihzadeh, S.M., 2010. Flexural properties and orthotropic swelling behavior of bagasse/thermoplastic composites. *Bioresources*, 5(2):650-660.