




Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma

Bekir Cihad Bal* 

Öz

Odun plastik kompozitlerinin (OPK) üretimi ve kullanımı, geliştirildiği günden bugüne kadar hızlı bir şekilde artmıştır. Günümüzde, odun plastik kompozitlerinin farklı ortamda kullanıldığını görülmektedir. Odun plastik kompozitleri üretilirken, odun unu ve bir polimer belirli oranlarda karıştırılıp, ekstruder makinesinden geçirilmektedir. Daha sonra, ekstrüzyon, enjeksiyon, rotasyon veya düz kalıplama yöntemlerinden birisi kullanılarak son şekli verilmektedir. Bu çalışmada ekstruder makinesi kullanılmadan düz presleme yöntemi ile odun plastik kompozit levhaları üretilmiştir. Çalışmada, rotasyon kalıplamada kullanılan toz formundaki lineer düşük yoğunluklu polietilen kullanılmıştır. Dolgu maddesi olarak 60 mesh boyutundaki Karaçam odun unu kullanılmıştır. Kompozit levhalarda odun unu oranı %0, %10, %20, %30, %40 olarak ayarlanmıştır. Bu kompozitlerin; yoğunluk, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, eğilmede deformasyon, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama ve Shore D sertlik değerleri belirlenmiştir. Eğilme ve çekme testleri esnasında elde edilen verilerle yük-deformasyon grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre; kompozit levhalardaki odun unu yüzdesi arttıkça yoğunluğun, eğilme direnci ve elastikiyet modülünün arttığı ancak kopmada uzama miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karaçam odun unu, Mekanik özellikler, Odun plastik kompozitleri

A research on some mechanical properties of composite material produced with linear low density polyethylene (LLDPE) and wood flour

Abstract

The production and use of wood plastic composites (WPCs) has increased rapidly since the day they were developed. Today, we see that wood plastic composites are used in different environments. While producing wood plastic composites, wood flour and a polymer are mixed in certain proportions and passed through the extruder machine. Then, it is given its final shape by using one of the extrusion, injection, rotation or flat pressing methods. In this study, wood plastic composite sheets were produced by flat pressing method without using an extruder machine. In the study, linear low density polyethylene in powder form used in rotation molding was used. Pine wood flour in 60 mesh size was used as filler. The rate of wood flour in composite boards is set as 0%, 10%, 20%, 30%, 40%. Density, modulus of rupture, modulus of elasticity in bending, maximum deformation in bending, tensile strength, modulus of elasticity at tensile strength, maximum elongation at break and Shore D hardness values of these composites were determined. Load-deformation graphs were obtained with the data obtained during the bending and tensile tests. According to the available data; it was determined that as the percentage of wood flour in the composite boards increased, the density, bending strength and modulus of elasticity increased, but the amount of elongation at break decreased.

Keywords: Black pine wood flour, Mechanical properties, Wood plastic composites

Makale tarihçesi: Geliş:06.06.2022, Kabul:22.06.2022, Yayınlanma:30.06.2022, *e-posta: bcbal@hotmail.com,

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye,

Atf: Bal B.C., (2022), Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin bazı teknolojik özellikleri üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 40-49, DOI:10.33725/mamad.1126534

1 Giriş

1953 yılında Milano'da kurulan Covema (Commissionaria Vendita Macchine) firması ilk olarak plastik işleme makinelerinin ticarileştirilmesi konusuna yoğunlaşmıştır. OPK oluşturma sürecini icat eden ve patentini alan ilk şirket, 1960 yılında Terragni kardeşler (Dino ve Marco) tarafından Milan'da kurulan bu Covema firmasıdır. Covema, OPK'yı Plastik-odun ticari adı altında oluşturmuş ve patentini almıştır (URL 1, 2021)

Odun plastik kompozitler iki ana tiptedir. Birincisinde, lignoselülozik bileşen, bir termoplastik matris içinde bir takviye veya dolgu maddesi olarak görev yapar. İkincisinde, termoplastik, lignoselülozik bileşene bir bağlayıcı olarak hizmet eder. Sürekli bir termoplastik matrisin varlığı veya yokluğu, kompozit malzemenin işlenebilirliğini de belirleyebilir. Genel olarak, matris sürekli ise, kompozitleri işlemek için geleneksel termoplastik işleme ekipmanı kullanılabilir; ancak matris sürekli değilse başka işlemler gerekebilir (Stark ve Cai, 2021).

Odun plastik kompozitleri konusunda bu güne kadar yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu, bir polimer matris ve bir lignoselülozik yapıdaki dolgu maddesi kullanılarak üretilen ve lignoselülozik malzemenin bir dolgu maddesi olarak kullanıldığı, üretilen kompozit malzemelerin bazı özelliklerinin tespit edilmesi üzerinde yapılan çalışmalardır. Örneğin; Stark ve Matuana (2004) tarafından, Ponderosa çamı odununu, yüksek yoğunluklu polietilen, UVA ve wax kullanılarak üretilen kompozit levhaların, yaşlandırma testi sonrası, mekanik özellikleri, FTIR analizi ve fotodegradasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Ndiaye ve ark (2010) tarafından yapılan çalışmada, çam odunuunu (%0, %5, % 25 ve %50) ve polipropilen kullanılarak üretilen kompozit malzemelerin eğilme direncinin odununu yüzdesi ile önce arttığı sonra azaldığı, elastikiyet modülünün arttığı ve çekme direncinin azaldığı belirlenmiştir. Mengeloğlu ve Karakuş (2008) tarafından yapılan çalışmada, okaliptüs odununu ve geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak üretilen kompozit levhaların, odununu yüzdesi arttıkça çekme ve eğilmede elastikiyet modülünün arttığı, çekme direnci, kopmada uzama, eğilme direnci ve şok direncinin azaldığı rapor edilmiştir. Çavuş (2020) tarafından yapılan çalışmada, maun odununu polipropilen ve uyum sağlayıcı MAPP kullanılarak yapılan çalışmada, odun-plastik kompozit malzemenin odununu yüzdesi arttıkça eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerinin arttığı, çekme direncinin azaldığı ancak çekmede elastikiyet modülünün arttığı, kopmada uzama yüzdesinin ise oldukça fazla oranda azaldığı belirlenmiştir. Mengeloğlu ve Çavuş (2020) tarafından yapılan ve dolgu maddesi olarak tik odununu ve pirinç kabuğunun kullanıldığı araştırmada, kompozit malzeme içerisindeki dolgu maddesi yüzdesi arttıkça, yoğunluğun, çekmede elastikiyet modülünün, eğilme direncinin, eğilmede elastikiyet modülünün ve sertlik değerinin artış gösterdiği, ancak, kopmada uzama ve çekme direncinin azaldığını belirlemişlerdir. Narlıoğlu ve ark., (2018) tarafından çam odununuunu ve polipropilen kullanılarak üretilen kompozit levhaların, odununu oranı arttıkça, çekme direncinin ve darbe direncinin azaldığı, eğilme direncinin ve eğilmede elastikiyet modülünün arttığını bildirmiştir. Kaymakçı ve Ayrılmış (2012) tarafından, kestane kabuğu ve polipropilen ile üretilen kompozit malzeme üzerine yapılan çalışmada, kestane kabuğu miktarının artması ile eğilme ve çekmede elastikiyet modülünün arttığı ancak eğilme ve çekme direncinin azaldığı bildirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, herhangi bir ekstruder makinesi kullanılmadan, toz haldeki polimer ile karaçam odununun farklı oranlarda karıştırılmasından sonra doğrudan presleme metodu kullanılarak elde edilen odun plastik malzemenin bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesidir.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada polimer matris olarak toz formunda lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) kullanılmıştır. Polimer malzeme özel bir firmadan satın alma yolu ile Özgür plastik San. ve Tic. LTD firmasından elde edilmiştir. Piyasada farklı yoğunluk değerlerine sahip LDYPE polimeri bulunmaktadır. Bu polimerin yoğunluk değeri üretilen levhalarda 888 kg/m^3 olarak ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan odun unu ise karaçam testere talaşının elenmesi ile elde edilmiştir. Bu çalışmada, 60 mesh elekten geçen ancak 80 mesh elek üzerinde kalan odun unu kullanılmıştır. Odun-plastik kompozit malzeme üretilirken içerisine başka bir malzeme eklenmemiştir.

Odun plastik kompozit levhalar üretilirken 5 farklı grup oluşturulmuştur. Bu gruplarda, odun unu oranı ağırlık hesabına göre %0, %10, %20, %30 ve %40 olarak ayarlanmıştır. Odun unu ile polimer, bir kapta karıştırılmış ve bu karışıma metal plakalar arasında bir elektrikli ısıtıcı vasıtasıyla sıcak presleme yapılmıştır. Karışım eriyik hale geldiğinde (yaklaşık 20 dakika), metal plakalar ile beraber soğuk preslemeye alınmış ve yaklaşık 5 ton basınç altında preslenmiştir. Plakaların soğuması sonrası presten çıkarılmış ve kompozit levhalar kalıptan ayrılmıştır. Eriyik malzemenin yapışmaması için fırın kağıdı kullanılmış ve kağıt bırakılmayan kenar yüzeylere ise metalik yağ sürülmüştür. Toplam 5 grup oluşturulmuş ve her grup için 3 levha üretilmiştir. Toplam 15 kompozit levha üretilmiştir. Üretilen levhaların ölçüleri $4 \times 180 \times 220 \text{ mm}$ (kalınlık, genişlik, uzunluk) olarak ayarlanmıştır.

Levhalar üretildikten sonra test örnekleri hazırlanmıştır. Her bir test için her bir levhadan eşit sayıda olmak üzere 5 adet test örneği kesilmiştir. Test örnekleri bir şerit testere yardımı ile kabaca kesilmiş ve sonra çekme testi örneklerinin kenarları bir CNC makinesi ile işlenerek hassas bir şekilde net ölçülere getirilmiştir. Test örnekleri hazırlandıktan sonra oda şartlarında 2 hafta bekletilmiş ve testleri yapılmıştır. Mekanik testler, 1 ton kapasiteli, elektromekanik prensiple çalışan test makinesinde yapılmıştır. Statik sertlik testi ise Shore-D sertlik test cihazı ile yapılmıştır.

2.2 Metot

2.2.1 Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Üretilen kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri, TS EN 323 numaralı standarda göre yapılmıştır. Test örneklerinin 3 yöndeki ölçüleri dijital kumpas ile ölçülmüş ve ağırlığına bölünerek yoğunluk değeri belirlenmiştir.

2.2.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Kompozit malzemelerin eğilme direnci ASTM D 790, elastikiyet modülü değerleri ASTM D638, Shore D değeri ise ASTM D 2240 a göre yapılmıştır. Her grup için 15 test örneği üzerinde ölçüm yapılmıştır. Eğilme direnci testinde, ön yük 2 N, mesnet açıklığı 60 mm, test hızı 5 mm/dk, test sonu ise ölçülen maksimum kuvvetin %80'i olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci testi esnasında elde edilen yük ve yer değiştirme verileri ile yük-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur. Eğilme direnci testinde, test sonundaki maksimum deformasyon ve çekme testi sonunda ise kopmada maksimum yüzde uzama değerleri de hesaplanmıştır. Eğilmede deformasyon değeri, eğilme direnci testi sonunda elde edilen maksimum yer değiştirme miktarını göstermektedir. Çekme testi esnasında ön yük 5 N ve test hızı 5 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Çekme testi esnasında elde edilen mukavemet ve yüzde uzama verileri

ile mukavemet-uzama (stress-strain) grafikleri elde edilmiştir. Eğilme ve çekme testi esnasında ölçülen elastikiyet modülü değerleri de hesaplanarak çizelgelerde verilmiştir.

2.2.3 İstatistik hesaplarının yapılması

Testler sonunda elde edilen veriler excel programına kaydedilmiş ve gruplar arasında fark olup olmadığı One-Way ANOVA testi ile belirlenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel bir fark belirlenen test verileri için Duncan testi ile birbirlerinden farklılık gösteren gruplar belirlenmiştir. Elde edilen istatistik sonuçları çizelgelerde verilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Yoğunluk ile ilgili yapılan testler sonunda elde edilen veriler, ANOVA testi ve Duncan testi sonuçları aşağıda Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde yoğunluk değerinin odun ununun yüzdesi arttıkça, arttığı belirlenmiştir. Çizelgede verilen yoğunluk değerleri incelendiğinde, kontrol grubunda (grup 1) yoğunluğun 888 kg/m^3 olduğu, odun unu miktarı arttıkça yoğunluğunda arttığı belirlenmiştir. Çizelgede yoğunluk değerleri için verilen Duncan testi sonuçları incelendiğinde, grup 1, 2, 3, 4 arasında istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık ($P<0.001$) olduğu, ancak, bu artışın grup 4 ile grup 5 arasında istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı görülmektedir. Odun plastik kompozit malzemelerin üzerine yapılan önceki çalışmalarda da yoğunluk değeri ile ilgili olarak benzer sonuçlar elde edilmiştir (Atar ve ark., 2021; Friedrich 2021).

Çizelge 1. Yoğunluk testine ait bulgular, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	ANOVA Önem düzeyi
Yoğunluk kg/m^3	x	888 A*	909 B	941 C	974 D	981 D	P<0.001
	ss	14	14	14	12	23	

*Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Elde edilen kompozit malzemenin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet ve eğilmede deformasyon miktarına ait veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, odun unu yüzdesi arttıkça, bazı mekanik özellikler artış gösterirken bazıları azalmıştır. Yoğunluk değerinin artması ile birçok kompozit malzemede mekanik özelliklerin genel olarak arttığı bilinmektedir. Ancak, odun-plastik kompozit malzemelerde bu durum her mekanik özellik için geçerli bir durum değildir. Örneğin, Eğilme direnci değeri odun unu miktarı arttıkça önce artış göstermekte ve sonra tekrar azalmaktadır. Kontrol grubunun eğilme direnci değeri 16.7 N/mm^2 iken, en yüksek eğilme direnci %10 odun unu bulunan grup 2’de 18 N/mm^2 ve en düşük grup 5’de ise 14.7 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. Elastikiyet modülü değeri ise en düşük kontrol grubunda 419 N/mm^2 olarak, en yüksek ise 980 N/mm^2 olarak grup 5’de ölçülmüştür. Genel olarak odun unu yüzdesi arttıkça elastikiyet modülü değeri artmıştır. Odun plastik kompozit malzemelerin eğilme özellikleri üzerine yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Ayrılmis, ve Jarusombuti, (2011) tarafından yapılan çalışmada eğilme direnci değeri odun unu miktarı arttıkça önce artış gösterdiği, sonra tekrar azaldığı ve elastikiyet modülünün ise odun unu miktarı arttıkça arttığı rapor edilmiştir. Mengeloğlu ve Karakuş (2008) tarafından yapılan çalışmada, okaliptüs odun unu ve geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerinin odun unu oranı arttıkça eğilme direncinin azaldığı ve elastikiyet modülünün arttığı rapor edilmiştir. Altuntaş ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada odun unu yüzdesi arttıkça eğilme direncinin azaldığı ancak elastikiyet modülünün arttığı rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise, dolgu maddesi olarak fındık kabuğu kullanıldığı ve dolgu maddesi artışı ile

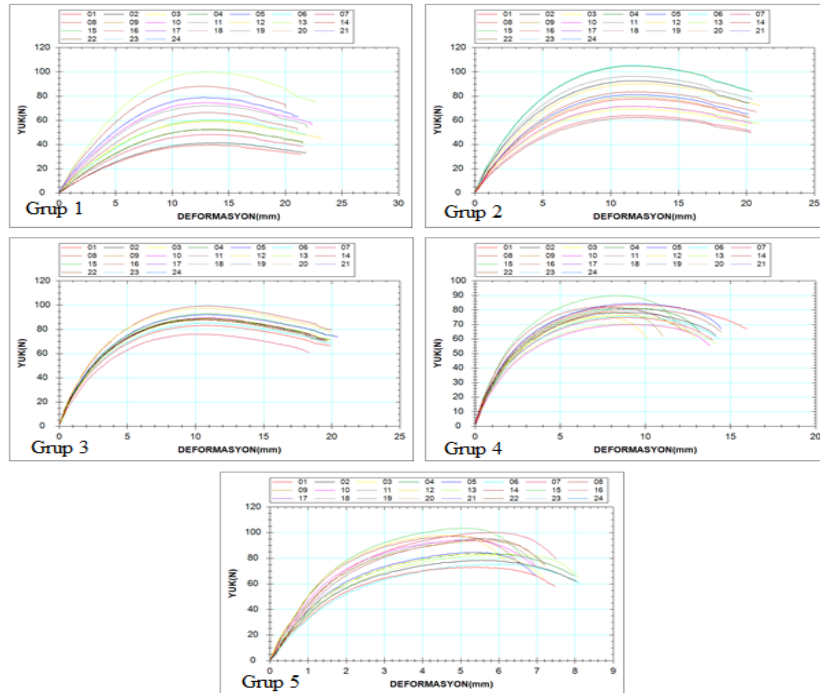
eğilme direnci ve elastikiyet modülünün azaldığı bildirilmiştir (Akbaş ve ark., 2013). Çavuş (2020) tarafından yapılan çalışmada, maun ağacı odunu ve polipropilen kullanılarak üretilen odun-plastik kompozit malzemenin odun unu yüzdesi arttıkça eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerinin arttığı belirlenmiştir. Çetin ve ark., (2014) tarafından yapılan, kabuk ununun dolgu maddesi olarak kullanıldığı çalışmada da, eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri sonucunda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 2. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet, eğilmede deformasyon testlerine ait bulgular, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	ANOVA Önem düzeyi
Eğilme Direnci N/mm ²	x	16.7 C	18.0 D	17.7 D	15.7 B	14.7 A	P<0.001
	ss	1.7	0.6	0.9	0.9	0.9	
Elastikiyet modülü N/mm ²	x	419.7 A	559.2 B	801.1 C	977.5 D	980.5 D	P<0.001
	ss	49.7	56.5	83.5	127	152.4	
Eğilmede deformasyon mm	x	21.6 E	20.4 D	19.7 C	13.3 B	7.2 A	P<0.001
	ss	0.8	0.3	0.5	1.6	0.6	

*Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Eğilme direnci testi esnasında elde edilen yük ve deformasyon verileri ile Şekil 1’de verilen yük-deformasyon grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, eğilmede deformasyon miktarı, en yüksek olduğu grup 1’de yaklaşık olarak 22 mm ve en küçük ise grup 5’de yaklaşık olarak 7 mm olarak elde edildiği görülmektedir. Buna göre, genel olarak, dolgu maddesi miktarı arttıkça eğilme direnci testi esnasında deformasyon miktarının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, eğilme direnci testinde, yük-deformasyon grafiği altında kalan alanın fazla olduğu malzemeler, az olan malzemelere göre daha esnek olduğu ve deformasyon kabiliyetinin daha fazla olduğu söylenebilir (Örs ve Keskin 2001).



Şekil 1. Eğilme direnci testinde yük-deformasyon grafikleri

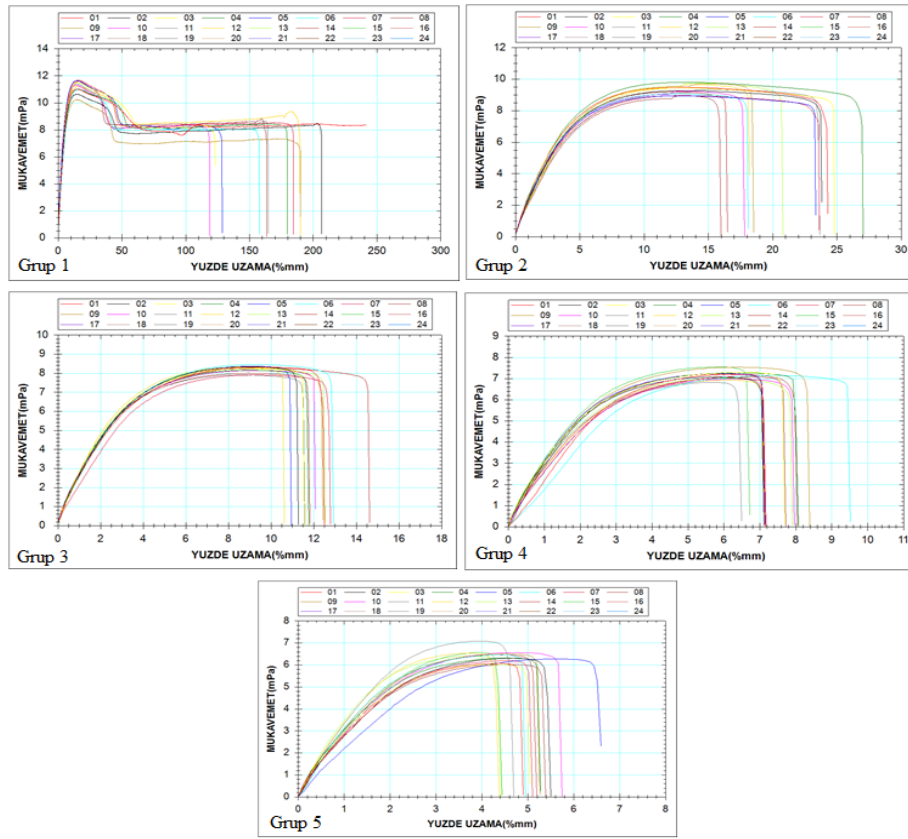
Çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve çekme testinde kopmada uzama yüzdesi verileri Çizelge 3’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, Çekme direnci ve kopmada uzama değerlerinin odun unu yüzdesi arttıkça azaldığı, ancak, çekmede elastikiyet modülü değerinin arttığı görülmektedir. Çekme direnci en yüksek kontrol grubunda 11.2 N/mm² ve en düşük ise grup 5’de 6.4 N/mm² olarak belirlenmiştir. Çekmede elastikiyet en küçük 248 N/mm² ile grup 1’de en yüksek ise 502 N/mm² ile grup 4’de ölçülmüştür. Kopmada uzama yüzdesi ise en yüksek grup 1’de %170 olarak ve en düşük grup 5’de %5.1 olarak ölçülmüştür. Odun plastik kompozitleri üzerine yapılan önceki çalışmalarda da çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve çekme testinde kopmada uzama yüzdesi ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur. Mengeloğlu ve Karakuş (2008) tarafından yapılan çalışmada, okalıptüs odun unu ve geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerinin odun unu oranı arttıkça, çekme direncinin ve çekme testinde kopmada uzama yüzdesinin azaldığı, çekmede elastikiyet modülünün arttığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Atar ve ark., (2016) tarafından dolgu maddesi olarak patlıcan sapı kullanılarak yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Altuntaş ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada sarıçam odun unu yüzdesi arttıkça çekme direncinin azaldığı, çekmede elastikiyet modülünün arttığı belirlenmiştir. Akbaş ve ark., (2013) tarafından fındık unu kullanılarak yapılan çalışmada ise, dolgu yüzdesinin artması ile hem çekme direncinin ve hem de çekmede elastikiyet modülü değerinin azaldığı belirlenmiştir. Çavuş (2020) tarafından yapılan çalışmada, maun ağacı odunu ve polipropilen kullanılarak üretilen odun-plastik kompozit malzemenin odun unu yüzdesi arttıkça çekme direncinin azaldığı ancak çekmede elastikiyetin arttığı, kopmada uzama yüzdesinin ise oldukça fazla oranda azaldığı rapor edilmiştir. Benzer sonuçlar, Çavuş ve Mengeloğlu (2017) tarafından yapılan çalışmada ve çekme direnci ile ilgili olarak Kısmet (2015) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmalar arasında farklı sonuçların elde edilme sebepleri kullanılan dolgu maddesinin ve polimerin özelliği olduğu söylenebilir.

Çizelge 3. Çekme direnci, Çekmede elastikiyet, kopmada uzama testlerine ait bulgular, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	ANOVA Önem düzeyi
Çekme Direnci (N/mm ²)	x	11.2 E	9.2 D	8.2 C	7.1 B	6.4 A	P<0.001
	ss	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	
Çekmede elastikiyet (N/mm ²)	x	248.5 A	319.8 B	481.1 D	502.1 D	391.9 C	P<0.001
	ss	47.9	42.1	88.2	43.3	58.3	
Kopmada uzama (%)	x	170.7 C	20.4 B	11.7 AB	7.6 A	5.1 A	P<0.001
	ss	36.8	4.5	1.7	0.7	0.6	

*Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Çekme testi esnasında elde edilen mukavemet ve yüzde uzama verileri mukavemet-uzama grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler Şekil 2’de verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, kontrol grubu olan grup1’e ait grafikler diğer grafikler arasında çok önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda kopmada uzama yüzdesi %200’ün üzerinde olan test örnekleri görülmektedir. Grup 2’de kullanılan odun unu yüzdesi %10 olmasına rağmen, kopmada uzama yüzdesinde çok hızlı bir azalma meydana gelmiştir. En küçük kopmada uzama yüzdesi ise grup 5’de %5.1 olarak ölçülmüştür. Kopmada uzama yüzdesinin azalmasının sebebinin polimer matrisin kendi iç yapışmasının dolgu maddesi sebebiyle zayıflaması olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. Çekme testinde mukavemet-uzama (strees-strain) grafikleri

Bu çalışmada üretilen kompozit levhaların Shore D sertlik değerine ait veriler Çizelge 4’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kompozit levhadaki dolgu maddesi yüzdesi arttıkça sertlik değerinin arttığı belirlenmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Çavuş (2020) tarafından yapılan çalışmada, maun ağacı odunu ve polipropilen kullanılarak üretilen odun-plastik kompozit malzemenin odun unu yüzdesi arttıkça Shore D sertlik değerinin arttığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Çavuş ve Mengeloğlu (2017) tarafından yapılan çalışmada ve Mengeloğlu ve Çavuş (2020) tarafından yapılan ve dolgu maddesi olarak tik odun unu ve pirinç kabuğunun kullanıldığı araştırmada da elde edilmiştir. Kompozit malzeme içerisindeki dolgu maddesi yüzdesi arttıkça sertlik değeri artış göstermiştir. Genel olarak bu çalışmalarda dolgu maddesinin artması ile orantılı olarak, üretilen kompozit malzemenin yoğunluğu da artmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak sertlik değeri de artmaktadır. Yoğunluk artışı ile bu türden malzemelerin tüm mekanik özellikleri ve elastikiyet modülleri de artar şeklinde bir genelleme yapılamaz. Yapılan bu çalışmada ve benzer konularda yapılan önceki çalışmalarda, üretilen odun plastik malzemenin yoğunluk artışı statik sertlik değerinin artışına neden olmuştur. Ancak, çekme direnci, kopmada uzama gibi diğer bazı mekanik özelliklerin ise azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4. Sertlik testine ait veriler, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5	ANOVA Önem düzeyi
Shore D (HD)	x	49.1 A	53.6 B	56.1 C	59.2 D	60.2 E	P<0.001
	ss	0.8	1.2	0.8	0.7	0.8	

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, toz formda alçak yoğunluklu polietilen ve odun unu kullanılarak, ekstruder kullanılmadan düz presleme yöntemi ile odun plastik kompozit levhalar üretilmiştir. Elde edilen kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- Kompozit levhaların yoğunluk değerinin, odun unu yüzdesi arttıkça, arttığı belirlenmiştir. Ancak, bu çalışmada elde edilen mekanik özelliklerin hepsi yoğunluk artışına paralel olarak artış göstermemiştir.
- Eğilme direnci değeri odun unu miktarı arttıkça önce artış göstermekte ve sonra tekrar azalmaktadır.
- Genel olarak odun unu yüzdesi arttıkça eğilmede elastikiyet modülü değeri artmıştır.
- Genel olarak, dolgu maddesi miktarı arttıkça eğilme de deformasyon miktarının azaldığı belirlenmiştir.
- Çekme direnci ve kopmada uzama değerlerinin odun unu yüzdesi arttıkça azaldığı, ancak, çekmede elastikiyet modülü değerinin arttığı belirlenmiştir.
- Kompozit levhadaki dolgu maddesi yüzdesi arttıkça sertlik değerinin arttığı belirlenmiştir.

Teşekkür

Testlerin yapılması aşamasında, Shore D sertlik değerlerinin belirlenmesinde emeği geçen sayın Doç. Dr. Ümit Ayata'ya teşekkür ederim.

Yazar Katkısı

Bekir Cihad Bal: Araştırma konusunun belirlenmesi, laboratuvar çalışmalarının planlanması ve yapılması, verilerin elde edilmesi, makalenin yazılması, makalenin yayınlanması.

Kaynaklar

- Akbaş, S., Tufan, M., Güleç, T., Taşcıoğlu, C., & Peker, H. (2013). Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 50-56.
- 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.
- ASTM D 638., (2004). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. 1–24s.
- ASTM D 790., (2004). Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA. 1–9s.
- ASTM D 2240., (2010). Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. American Society for Testing and Materials, WestConshohocken, Pennsylvania, United States. 1–27s.

- Atar İ., Başboğa, İ. H., Karakuş, K., & Mengeloğlu, F. (2016). Utilization of eggplant (*Solanum melongena*) stalks as a filler in manufacturing of compress molded pp based composites. *European Journal of Technique (EJT)*, 6(2), 138-144.
- Atar İ., Başboğa, İ. H., Karakus, K., & Mengeloğlu, F. (2021) Effect of waste tea (*Camellia sinensis*) wood fibers and mape on some properties of high density polyethylene (HDPE) based polymer composites, *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 606-619.
- Ayrilmis, N., & Jarusombuti, S. (2011), Flat-pressed wood plastic composite as an alternative to conventional wood-based panels. *Journal of composite materials*, 45(1), 103-112.
- Çavuş, V., & Mengeloğlu, F. (2017), The effect of lignocellulosic filler types and concentrations on the mechanical properties of wood plastic composites produced with polypropylene having various melt flowing index (MFI). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(8).
- Cavus, V. (2020), Selected properties of mahogany wood flour filled polypropylene composites: the effect of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP). *BioResources*, 15(2), 2227-2236.
- Çetin, N. S., Özmen, N., Narlioglu, N., & Çavus, V. (2014), Effect of bark flour on the mechanical properties of HDPE composites, *Usak University Journal of Material Sciences*, 3(1), 23.
- Friedrich, D. (2021). Thermoplastic moulding of Wood-Polymer Composites (WPC): A review on physical and mechanical behaviour under hot-pressing technique. *Composite Structures*, 262, 113649.
- Kaymakci, A., & Ayrilmis, N. (2014), Waste chestnut shell as a source of reinforcing fillers for polypropylene composites, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 27(8), 1054-1064.
- 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.
- Mengeloğlu, F., & Çavuş, V. (2020). Preparation of Thermoplastic Polyurethane-based Biocomposites through Injection Molding: Effect of the Filler Type and Content. *BioResources*, 15(3), 5749-5763.
- Narlıoğlu, N., Çetin, N. S., & Alma, M. H. (2018). Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 38-45.
- Ndiaye, D., Matuana, L. M., Morlat-Therias, S., Vidal, L., Tidjani, A., & Gardette, J. L. (2011), Thermal and mechanical properties of polypropylene/wood-flour composites, *Journal of applied polymer science*, 119(6), 3321-3328.
- Örs, Y., Keskin, H., (2001). Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:77, Ankara.
- 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.

- Stark, N. M., & Matuana, L. M. (2004). Surface chemistry and mechanical property changes of wood-flour/high-density-polyethylene composites after accelerated weathering. *Journal of Applied Polymer Science*, 94(6), 2263-2273.
- Stark, N., & Cai, Z. (2021). Wood-based composite materials: panel products, glued laminated timber, structural composite lumber, and wood–nonwood composites. Chapter 11 in FPL-GTR-282, 11-26.
- TS EN 323, Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara. ,1999.
- URL 1 (2020), Wood-plastic composites (WPCs), https://en.wikipedia.org/wiki/Wood-plastic_composite, Son erişim tarihi: 05.06.2022.